

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ
ПЕРЕВОЗКИ
И ОРГАНИЗАЦИЯ
ДОРОЖНОГО
ДВИЖЕНИЯ**

СПРАВОЧНИК

⟨ТРАНСПОРТ⟩

**TRANSPORTATION
AND
TRAFFIC
ENGINEERING
HANDBOOK**

PRENTICE-HALL, INC., *Englewood Cliffs, New Jersey*

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

СПРАВОЧНИК

Перевод с английского



МОСКВА (ТРАНСПОРТ) 1981

Автомобильные перевозки и организация дорожного движения:
Справочник. Пер. с англ. / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. — М.: Транспорт, 1981. — 592 с.

В справочнике освещаются вопросы проектирования и эксплуатации современных дорожно-транспортных систем. Приводятся апробированные в США методы теоретического анализа дорожного движения, действующие нормы и рекомендации по планированию транспортных перевозок и управлению потоками транспортных средств, обобщенный опыт городов и регионов США в решении конкретных проблем организации дорожного движения.

Предлагаемый справочник представляет собой четвертое дополненное и переработанное издание «Справочника по организации дорожного движения», предыдущее издание которого вышло из печати в США в 1965 г.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, связанных с дорожным движением и автомобильным транспортом.

251 ил., 271 табл.

Авторы глав:

В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт, Дж. К. Оппенлендер, Г. С. Левинсон, Г. Д. Квинби, Дж. Уотлорт, К. К. Робинсон, Дж. С. Бэйкер, Д. Е. Клевленд, Р. Л. Блейл, Д. К. Уизефорд, Р. Л. Крейтон, Д. В. Лоуценхайзер, К. Л. Кинг, Дж. М. Ханникат, Д. Р. Доути, С. Касс, Р. Е. Тайтус, П. Дж. Этол, Нейлон Д. Рауэн, Нед И. Уолтон, Дж. Д. Эдварс, Дж. Д. Хансен.

Справочник рекомендован к изданию Всесоюзным научно-исследовательским институтом безопасности дорожного движения МВД СССР. Научное редактирование провели сотрудники института В. И. Жулев, А. А. Шалатов, Н. Н. Юмашев, Г. Я. Волошин, А. Г. Романов, В. М. Полукаров, С. П. Кабанов, Ю. Д. Шелков, Л. А. Кочетов.

Перевод с английского: Я. Я. Тимофеева, А. А. Санникова, Г. С. Дугина, С. К. Старостина, Э. В. Шустера, В. Д. Игнатьева, И. М. Ларенкова, С. Л. Камболова, В. П. Конобеева, Ю. Б. Темникова, С. Е. Сахаровича, Е. В. Штыркова, Г. А. Булатникова, А. Г. Шахназарова.

© 1976 by the Institute of traffic engineers.

С 31803-515

049(01)-81 КБ-24-10-81

3603000000

© Перевод на русский язык издательство «Транспорт», 1981 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Предлагаемый вниманию читателей справочник «Автомобильные перевозки и организация дорожного движения» издан Обществом инженеров по транспортным перевозкам США. И так как за последнее десятилетие в связи с развитием автомобильного транспорта возникли новые проблемы, данное, четвертое издание существенно расширено по тематике, добавлены новые темы: охрана окружающей среды и транспортная планировка городов.

Справочник состоит из отдельных глав (статей) по различным вопросам организации движения и автомобильным перевозкам.

Каждая глава имеет свою тему. Однако, несмотря на фрагментарность работы носит целостный характер и представляет значительный интерес для проектировщиков дорог и организаторов движения, а также работников, осуществляющих контроль за движением автомобильного транспорта. Содержащаяся в книге информация во многом уникальна, имеет практический и научный интерес, нередко включает справочный материал не только по США, но и по многим другим странам. Наибольшее внимание уделено дорожным условиям, средствам и методам управления транспортными потоками, пропускной способности дорог. Транспорт рассматривается в основном с точки зрения его эксплуатационных качеств. Несколько меньше внимания уделено участникам дорожного движения.

В США, первыми вставших на путь интенсивной автомобилизации и имеющих самый большой автомобильный парк, безусловно, накоплен значительный опыт в организации дорожного движения. Это касается прежде всего технических проблем. конструкции транспортных средств, строительства и качества автомобильных дорог, в определенной мере средств регулирования и контроля. Однако в этой стране не унифицированы по отдельным штатам дорожное законодательство, знаки, разметка и некоторые другие средства регулирования движения.

Теперь краткий обзор отдельных глав и несколько частных замечаний по их содержанию.

В гл. 1 читатель найдет абсолютные и относительные сведения о численности автомобильного парка США и некоторых других стран, показатели, характеризующие автомобильные перевозки (пассажирские и грузовые), информацию о протяженности улиц и дорог в США и о расходах, связанных с содержанием автомобильных дорог.

Гл. 2 посвящена эксплуатационным характеристикам автомобилей и физическим законам движения, которые необходимо использовать для снижения эксплуатационных расходов.

В гл. 3 «Характеристики водителей и пешеходов» дается общее описание системы подготовки водителей в США и, в зависимости от формы обучения, водительского стажа, возраста и пола, приводятся сопоставительные данные по некоторым наиболее важным психофизиологическим показателям — времени реакции водителей, восприятию дорожной обстановки, реагированию на дорожно-транспортные ситуации, вниманию. Затронуты вопросы влияния алкогольного опьянения на работоспособность водителей.

Пешеходное движение характеризуется такими основными параметрами, как скорость, интенсивность и плотность. Приведена классификация типичных дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов.

Гл. 4 посвящена описанию процессов движения транспортных потоков, их математической формализации. Большое внимание уделяется анализу статистических данных, характеризующих уровень аварийности в США и тенденции его изменения. Рассматриваются относительные показатели аварийности в развитых капиталистических странах и приводятся сведения об экономических потерях США от дорожно-транспортных происшествий.

Завершают гл. 4 материалы исследований процессов парковки транспортных средств

В гл. 5 приведена характеристика ряда крупнейших городов мира. За основу их классификации принята численность и плотность населения, плотность улично

дорожной сети. Подробно исследуется подвижность населения, распределение поездов по городской территории, предлагаются эмпирические формулы для расчета перспективных перевозок пассажиров.

В зависимости от целевого назначения поездок, характеристик объектов притяжения и генерации пассажиров и транспортных средств разработаны модели освоения пассажиро- и грузопотоков.

В гл. 6 «Организация движения общественного транспорта» приводятся характеристики общественного транспорта, характеристики дорог, по которым движется общественный транспорт, рассматриваются вопросы пассажировместимости, скорости движения различных видов транспортных средств, сообщается об интервалах движения, минимальной протяженности посадочных зон, о времени, предусмотренном для посадки и высадки пассажиров, преимущественном праве проезда автобусов, влияния транспорта на окружающую среду и некоторые другие вопросы.

Хотя общественный транспорт в США развит недостаточно, глава представляет определенный интерес для советских специалистов при решении аналогичных проблем в нашей стране.

Гл. 7 знакомит читателя с теорией транспортных потоков и ее практическим применением. Определены основные пространственные и временные характеристики транспортных потоков, рассмотрено соотношение между такими величинами, как интенсивность и плотность, скорость и плотность, скорость и интенсивность. Приведен обзор макромоделей транспортного потока и используемых для построения таких моделей физических аналогов. Описание микромоделей начинается с рассмотрения линейной модели следования за лидером и свойственных ей ограничений, после чего следует общая формулировка модели следования за лидером. Впервые на русском языке публикуются материалы, связанные с исследованием соотношений между микро- и макромоделями. Особый интерес вызывает матричное представление рассматриваемых соотношений и, в частности, использование фазовой плоскости для определения вида модели, удовлетворяющего заданным ограничениям. Кратко излагаются результаты применения статистических теорий к исследованию транспортных задержек на регулируемых и нерегулируемых перекрестках

В гл. 8 рассматриваются вопросы, связанные с пропускной способностью автомобильных дорог и городских улично-дорожных сетей. Приводятся результаты, касающиеся влияния различных факторов (например, организации движения, ширины проезжей части и т. д.) на величину пропускной способности отдельных элементов дорог. В этой главе не нашло достаточного отражения применение моделирования транспортных потоков для расчета упомянутой величины. Этот метод широко используется в отечественной практике.

В гл. 9 описана методика анализа дорожно-транспортных происшествий. Приведены методы изучения аварийности на отдельных участках дорожной сети. Анализ отдельных ДТП ориентирован главным образом на то, чтобы из него следовали предложения по совершенствованию организации движения.

Наибольший интерес представляют рекомендации по снижению вероятности возникновения ДТП, основанные на результатах их анализа.

Приведен перечень возможных мероприятий по совершенствованию организации движения с оценкой их эффективности и прогнозированием уменьшения числа ДТП. Особый интерес здесь вызывает методика формирования перечня и оценки эффективности отдельных мероприятий.

В гл. 10 излагаются методы экспериментального исследования характеристик транспортного потока. Последовательно описаны методы измерения и обработки данных по интенсивности, скорости и плотности движения на перегонах и перекрестках городских и загородных дорог, а также методика проведения зональных обследований. Изложение методов сопровождается описанием используемой для проведения измерений аппаратуры, в том числе различных видов детекторов транспорта. Приведено соотношение между средней пространственной и средней временной скоростью транспортного потока и определены особенности их измерения. Рассмотрены примеры, поясняющие применение стандартных методов обработки и статистической оценки результатов локальных измерений скорости транспортного потока. Особенно интересны советскому читателю будут используемые в США методы измерения транспортных задержек, исследования режимов работы общественного транспорта и автомобильных стоянок.

В гл. 11 приводятся сведения о применении ЭВМ при решении вопросов обеспечения безопасности дорожного движения. В ней приводятся аргументы в пользу применения ЭВМ, дается представление о программировании, порядке и характере обработки информации. Приведены примеры применения ЭВМ для конструирования дорожных знаков, управления светофорной сигнализацией, анализа результатов надзора за движением, учета ДТП, моделирования транспортных потоков и др.

В гл. 12 изложены организационные принципы и структура органов планирования дорожно-транспортных систем. Дана характеристика исследовательских работ на различных стадиях планировочного процесса. Основное внимание уделено оптимальному использованию земель с учетом характера застройки территории, перспектив развития районов, распределения поездок населения и грузоперевозок. Даны рекомендации по реализации разработанных проектов транспортных систем.

В гл. 13 дано описание структуры специализированных учреждений, осуществляющих разработку и реализацию проектов организации автомобильных, железнодорожных, воздушных перевозок. За основу методики выполнения проектных работ приняты рациональное использование земель, потребность населения и промышленности региона в пассажирских и грузовых перевозках, экономические факторы, учет перспектив развития территории. Рекомендации главы могут быть использованы для совершенствования организации крупномасштабных транспортных систем.

В гл. 14 рассмотрены вопросы проектирования трасс автомобильных дорог различных категорий. Приведены нормы и требования к элементам плана и профиля автомобильных дорог.

Гл. 15 посвящена проблеме организации автомобильных стоянок, существенно важной в условиях перегрузки дорожным движением центральной деловой части крупных городов. Излагаются принципы размещения уличных и внеуличных стоянок, а также остановок общественного транспорта и погрузочно-разгрузочных площадок.

Приведены нормативы и рекомендации по проектированию открытых стоянок и гаражей-стоянок различного типа с учетом размеров и маневренности автомобилей, составляющих автопарк США. Описаны некоторые конструкции типичных автостоянок и гаражей.

Перечислены особые требования к стоянкам в аэропортах, на пересадочных станциях, у торговых центров, промышленных предприятий, учебных заведений, больниц и т. д. Проанализирована динамика загрузки и оборот стояночных мест на стоянках различного типа. Освещены вопросы управления организацией стоянок, финансирования их строительства.

Ввиду усложнения вопросов организации стоянок в крупных городах нашей страны содержание гл. 15 представляет значительный интерес с точки зрения непосредственного использования изложенного в ней опыта и рекомендаций при проектировании, обустройстве и эксплуатации автомобильных стоянок, а также при разработке отечественных нормативов и указаний по вопросам организации стоянок.

В гл. 16 «Дорожные знаки и дорожная разметка» дается общая информация о применяемых в США дорожных знаках и дорожной разметке, рассматривается потребность в них и их использование.

В гл. 17 рассматриваются технические средства управления светофорной сигнализацией. Излагаются методы расчета цикла, фаз и сдвигов цикла, а также условия, при которых целесообразно применение светофорного объекта на пересечении.

В гл. 18 дан широкий круг практических задач, связанных с регулированием скорости движения и другими инженерными методами организации дорожного движения: одностороннее движение, реверсивное регулирование и т. д.

Приводятся рекомендации по внедрению различных инженерных методов организации движения.

В гл. 19 рассматриваются средства и методы оперативного автоматизированного контроля за дорожным движением и управления транспортными потоками на основе анализа состояния и условий движения. Описываются некоторые из действующих в США и Японии систем контроля и регулирования движения. Ана-

лизируется структура систем, поясняется принцип действия их основных звеньев: детекторов, линий связи, центра управления, исполнительных управляющих устройств в виде дорожных знаков, светофоров, различных табло и т. д. Как разновидность систем контроля и регулирования рассматриваются системы вызова и оказания неотложной помощи водителям при возникновении ДТП, неисправностей, помех для движения и т. д.

Детально разбираются методы регулирования въезда на автомагистраль, в том числе с поиском разрывов в основном транспортном потоке.

Укрупненно излагаются экономические аспекты применения систем контроля и регулирования: капитальные затраты, ориентировочная стоимость отдельных подсистем, узлов, линий связи, эксплуатационные расходы и экономическая эффективность систем.

В гл. 20 приводятся нормы и требования к системам освещения автомобильных дорог и дорожных сооружений. Содержатся указания по проектированию систем сплошного и частичного освещения, критерии их эффективности. Подробно описывается методология оценки соответствия уровней освещенности проезжей части проектным расчетам. Приведены рекомендации по условиям применения источников света различных категорий.

В гл. 21 «Окружающая среда и автомобильный транспорт» включены материалы количественной оценки загрязненности окружающей среды, влияния различных вредных веществ на биологические объекты, а также влияния скоростей движения и срока эксплуатации автомобилей на уровень загрязненности. В гл. 21 анализируются транспортные средства — как источники шума, приводятся материалы по измерению уровня шума

В гл. 21 проведен анализ и даны рекомендации по охране окружающей среды при помощи законодательных мер: стандартов, правил и постановлений.

В гл. 22 рассматриваются структура, полномочия, функции и финансирование административных служб, занимающихся вопросами организации и обеспечения безопасности дорожного движения в штатах, округах и городах США.

Приводятся варианты служб дорожного движения, самостоятельных и входящих в состав транспортных управлений. В гл. 22 помещены извлечения из Единого дорожного кодекса США и других нормативных документов, регламентирующие права и функции местных властей и органов по регулированию дорожного движения. Освещены основные принципы и масштабы финансирования мероприятий по организации дорожного движения. Уделено внимание подготовке кадров в области организации движения. Кратко рассмотрены функции служб полицейского надзора за соблюдением правил дорожного движения.

Ввиду коренных различий в социально-экономических системах СССР и США и обусловленной ими существенной разницы в структуре и функциях местных органов власти и административных органов использование освещенного в Справочнике опыта США и содержащихся в нем рекомендаций возможно лишь для сопоставительного анализа. Однако это не исключает возможности использования материалов справочника для совершенствования проводимой в нашей стране работы по повышению уровня организации и безопасности дорожного движения.

В. И. ЖУЛЕВ

Со времени опубликования третьего издания книги «Traffic Engineering Handbook» — 1965 г. («Справочник по организации дорожного движения») роль и ответственность инженера по организации дорожного движения значительно возросла. За этот относительно короткий промежуток времени из-за возросшей сложности проблем, связанных с транспортными перевозками в промышленных районах, инженер по организации дорожного движения вынужден был перекалифицироваться в инженера по транспортным перевозкам, основной задачей которого является организация сбалансированного режима перевозок. Эта особенность нашла свое отражение в новом издании руководства, в результате чего увеличился его объем и изменилось название («Автомобильные перевозки и организация дорожного движения»). В этой книге главное внимание уделяется основным элементам планирования транспортных перевозок в целом и устанавливается характер взаимосвязи перевозок с вопросами организации дорожного движения. В первой главе руководства приводятся в соответствие с требованиями современности основные сведения об автомобиле, дороге, водителе, а также вся информация, связанная с этими тремя главными объектами, изучаемыми инженером по организации дорожного движения. Кроме того (и это является более важным), в главах 5, 6, 12, 13, 21 и 22 обсуждаются также особенности других видов транспортных перевозок. И, наконец, в книгу включены новые главы: «Применение ЭВМ» (гл. 11), «Планирование региональных транспортных систем» (гл. 13), «Контроль и регулирование движения» (гл. 19, «Окружающая среда и автомобильный транспорт» (гл. 21).

В прошлом инженеру по организации дорожного движения зачастую удавалось увеличить пропускную способность и безопасность дорожных сооружений только за счет введения в практику мероприятий, ограничивающих неутолимое стремление водителей к неограниченной свободе движения по автомобильным дорогам. В настоящее время для инженера по организации дорожного движения и для всех тех, кто связан с транспортными перевозками, важно установить, в какой мере отдельно взятый проект строительства дороги отвечает интересам общества и способствует улучшению условий жизни общества. Для современного мира характерна тенденция переселения людей в города. В США, например, к 1980 г. в городах будет проживать более трех четвертей населения страны. Сейчас инженер по организации дорожного движения должен учитывать, с одной стороны, требования жителей пригорода, обеспечить им быстрый и удобный способ передвижения из пригорода в центр города и обратно, а с другой стороны, — требования горожан приостановить процесс «разрушения» городских районов сооружением новых автомобильных дорог. В результате инженер по организации дорожного движения должен все внимание сфокусировать на увеличении пропускной способности имеющихся улиц для достижения наивысшего «уровня удобства», который могут обеспечить существующие системы дорог и улиц, и одновременно с этим уменьшить спрос на услуги автомобильного транспорта за счет активного содействия развитию других видов транспорта. Наряду с этим инженер по организации дорожного движения уже не может ограничиваться только решением проблем организации передвижения людей или грузов из одного места в другое, он должен учитывать характер воздействия транспортных средств на социальную и окружающую среду. Для этого ему следует знать новые стандарты на нормы загрязнения атмосферы и уровень шума, установленные для городских районов. Дороги для автобусов или полосы, предназначенные для движения только автобусов, использование одного автомобиля несколькими лицами или семьями, вынесение стоянок за пределы центрального делового района — это немногие из новых сложных методов, с которыми сталкивается сегодня в городе инженер по организации дорожного движения. Все из них в той или иной форме способствуют сокращению числа транспортных средств, движущихся в деловую часть города. Это, в свою очередь, снижает число заторов, уменьшает спрос на

стояночные места и, хотя и незначительно, но все-таки несколько облегчает положение в условиях существующего энергетического кризиса.

Значительному изменению за последние несколько лет подвергся сам процесс выбора решения; инженеры по транспортным перевозкам и организации дорожного движения как в городских, так и в сельских районах считают, что они тратят значительную часть времени на процесс вовлечения других организаций и ответственности в разработку начальных этапов проекта дорожного движения. Таким образом, всем предоставляется возможность выразить свою точку зрения и оказать влияние на дальнейшие действия. Такой процесс планирования является прямым результатом воздействия общественности, которая выступает за участие в процессе принятия решений на самом начальном этапе обсуждения. В результате в правительственных директивах по региональному планированию содержатся призывы обеспечить всестороннее рассмотрение предлагаемых проектов с привлечением представителей различных организаций.

Упомянутые выше изменения в вопросах планирования транспортных перевозок за последние годы произошли во всех странах мира почти одновременно. Вследствие этого расширилась сфера деятельности инженеров по организации дорожного движения, которые стали заниматься и другими видами транспорта, а также участвовать в разработке общего плана создания региональных и муниципальных общественных сооружений, включающего проекты строительства автодорог. В современных условиях хороший инженер по организации дорожного движения должен быть не только грамотным специалистом, но также первоклассным дипломатом, тонко разбирающимся в технических деталях изучаемой проблемы и чутко реагирующим на проявление заботы людей об охране окружающей среды. Наряду со стремлением к техническому совершенству инженер по организации дорожного движения должен учитывать, что время не стоит на месте; он должен обладать гибкостью, не отказываясь при этом от своих принципов.

Настоящий новый справочник признает объективность всех упомянутых изменений. Члены Общества инженеров по организации дорожного движения полагают, что предстоит очень многое сделать в направлении создания технической базы, которая позволит каждому инженеру по организации дорожного движения успешно решить транспортные проблемы, сложность которых неизменно растет.

Джон Е. Баруальд

Глава



АВТОМОБИЛЬ, ДОРОГА И АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

ВЛИЯНИЕ РОСТА НАСЕЛЕНИЯ НА УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Рост и распределение по территории страны населения — важнейшие факторы развития транспортных потребностей и транспортных систем, предназначенных для удовлетворения этих потребностей. На 1 июля 1970 г. население США составляло 204 млн. 800 тыс. чел., что на 20 млн. превышало население США по переписи 1961 г. и почти на 82 млн. — данные переписи 1930 г. Начиная с 1960 г. средний ежегодный прирост населения составил 1,2%, что соответствует данным Бюро переписи США.

Урбанизация страны является одной из наиболее существенных особенностей, характеризующих изменения в системе распределения населения по территории страны. За период с 1930 по 1970 г. городское население в США возросло с 56 до 73% по отношению ко всему населению страны. По прогнозам Министерства транспорта США к 1990 г. доля городского населения составит уже 81%. И хотя во всех городских районах США был зарегистрирован абсолютный прирост населения, наибольшие цифры прироста приходятся на менее крупные города. В 1945 г. в крупных городах США проживало 61% населения, а в других городах 39%. К 1970 г. это соотношение изменилось. Теперь в крупных городах стало проживать 54% населения, а в других городах 46%. По прогнозам на 1985 г. в крупных городах будет проживать 33% населения, а за их пределами 67% населения городских зон.

Рост населения и растущая урбанизация являются характерными причинами изменений, происходящих в распределении населения в большинстве стран мира (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Рост численности населения и степень урбанизации в различных странах мира

Страны	Годы	Численность населения		Прирост населения		Прирост городского населения	
		млн. чел.	% урбанизации*	за период годы	ежегодный, %	за период годы	ежегодный, %
Австралия	1966	11,55	58	1961—1966	1,84	1961—1966	2,77
Канада	1966	20,01	74	1951—1966	2,85	1951—1966	4,95
ФРГ	1969	60,84	80	1964—1969	0,88	1964—1969	1,36
Великобритания	1969	54,02	78	1951—1969	0,58	1951—1969	0,46
Япония	1970	103,72	72	1965—1970	1,11	1965—1970	2,84
Швеция	1968	7,95	77	1957—1967	0,65	1960—1965	1,10
США	1970	204,80	73	1950—1970	1,72	1950—1970	2,71

* Данные приведены для районов с населением более 1000 либо более 5000 чел.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ ПО СТРАНАМ И ЧАСТЯМ СВЕТА

В 1970 г. во всем мире было зарегистрировано 246 млн. 400 тыс. автомобилей, что в 4 раза превышает количество автомобилей, зарегистрированных в 1950 г. Из этого числа автомобилей (по данным 1970 г.) 78% приходится на легковые автомобили и 22% на грузовые автомобили и автобусы. Распределение автомобилей, состоящих на учете в 1970 г., по различным частям света отражено в табл. 1.2. В США в 1970 г. на учете состояло 108 млн. автомобилей, что на 300% превышает данные 1930 г.

Таблица 1.2

Количество автомобилей по данным 1970 г.

Части света	Легковые автомобили	Грузовые автомобили и автобусы	Всего автомобилей и автобусов	Процент от общего количества автомобилей в мире
Африка	3 383 524	1 396 909	4 780 433	1,94
Азия	12 407 010	11 251 626	23 658 636	9,60
Европа	69 642 558	14 614 265	84 256 823	34,20
Северная и Центральная Америка	98 109 746	21 503 867	119 613 613	48,55
Океания	4 732 841	1 162 121	5 894 962	2,39
Южная Америка	5 240 038	2 923 040	8 163 078	3,32
Во всем мире	193 515 717	52 851 828	246 367 545	100,00

Число людей, приходящихся на один автомобиль (т. е. отношение численности населения к количеству зарегистрированных автомобилей), является хорошей сравнительной характеристикой степени использования автомобилей. В 1955 г. во всем мире на один автомобиль приходилось 27 чел. К 1970 г. эта цифра снизилась до 14 чел. Данные о количестве человек, приходящихся на один автомобиль в 1955 и 1970 гг. для различных частей света, представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Количество человек, приходящееся на один автомобиль, в различных частях света

Части света	Годы		Части света	Годы	
	1955	1970		1955	1970
Африка	114	73,4	Океания	5,0	3,1
Азия	644	83,7	Южная Америка	66	23,6
Европа	32	8,3	Во всем мире	27	14,4
Северная и Центральная Америка	3,5	2,6			

В 1970 г. в США на один зарегистрированный автомобиль приходилось 1,9 чел., а на один легковой автомобиль — 2,3 чел. Количество автомобилей, находящихся в личном пользовании, хотя и не характеризует меру использования автомобилей, но отражает роль автомобилей в перевозке отдельных людей. В 1971 г. в США 50,2% семей имели один автомобиль, 25,0% — два автомобиля, 4,8% — три автомобиля и более и 20% не имели автомобилей вообще.

ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ В США

С 1940 по 1970 г. количество междугородных перевозок пассажиров в пределах США возросло с 486 млрд. пасс-км до 1 триллиона 866 тыс. пасс-км. Каждый год в течение этого периода (за исключением периода второй мировой войны) на долю легковых автомобилей приходилось свыше 85% всех перевозок. Однако наряду с этим наблюдались большие колебания в степени использования пассажирами других видов транспорта: железнодорожного, воздушного, автобусного. Использование воздушного транспорта в процентном отношении ко всем остальным видам транспорта за это время повысилось от долей процента до величины, превышающей 10%, в то время как спрос на услуги железнодорожного транспорта и автобусные перевозки резко сократился. Кривые роста и спада междугородных пассажирских перевозок начиная с 1940 г. показаны на рис. 1.1.

Было подсчитано, что в 1970 г. на долю общественного транспорта пришлось только 5% пассажирских перевозок в пределах промышленных районов США. Обычно этот процент для некоторого района зависит от многих факторов и сильно меняется при переходе от одного городского района к другому.

Данные о количестве пассажиров, перевозимых общественными видами транспорта, и данные, характеризующие перевозки людей легковыми автомобилями за период 1940—1970 гг. (рис. 1.2), иллюстрируют относительное изменение роли легковых автомобилей и общественного транспорта в общем объеме пассажирских перевозок в городах США. В период второй мировой войны, когда на использование частных автомобилей было установлено ограничение, роль общественного транспорта в пассажирских перевозках увеличилась, а роль легковых автомобилей уменьшилась. С другой стороны, в послевоенные годы на легковые автомобили в городских районах приходилась большая часть пассажирских перевозок, чем на общественный транспорт. Такое положение сохранялось до 1973 г. Данные о количестве пассажиров, перевозимых в городских районах США всеми видами общественного транспорта, и данные о пробеге легковых автомобилей начиная с 1940 г. представлены в табл. 1.4.

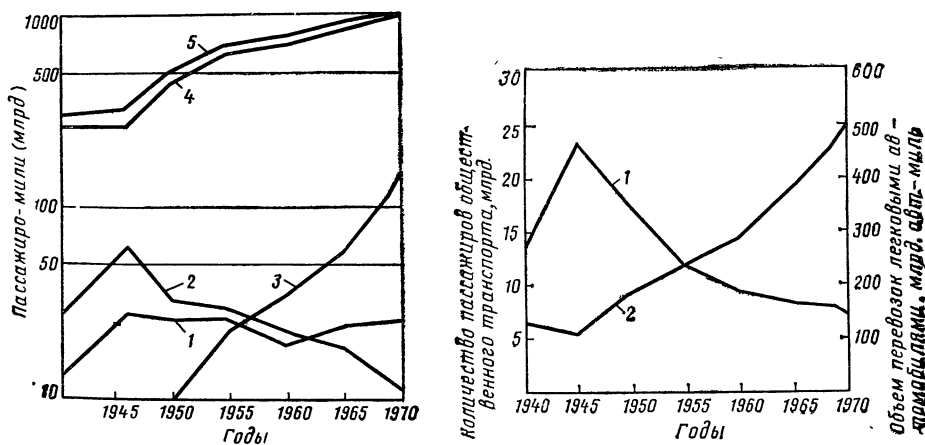


Рис. 1.1. Междугородные пассажирские перевозки в США:

1 — автобусами; 2 — железнодорожным транспортом; 3 — воздушным транспортом; 4 — легковыми автомобилями; 5 — всеми видами транспорта

Рис. 1.2. Количество пассажиров 1, пользующихся общественным транспортом, и объем перевозок 2, осуществляемых легковыми автомобилями

Таблица 1.4

Количество пассажиров, перевозимых общественным транспортом, и степень использования легковых автомобилей в США за период с 1940 по 1973 г.

Годы	Количество пассажиров, пользующихся общественным транспортом, млн. чел.	Пробег легковых автомобилей, млн. км	Годы	Количество пассажиров, пользующихся общественным транспортом, млн. чел.	Пробег легковых автомобилей, млн. км
1940	13 098	207 658	1965	8 253	608 495
1945	23 254	176 140	1970	7 332	795 720
1950	17 246	293 671	1971	6 847	845 066
1955	11 529	375 856	1972	6 567	913 173
1960	9 395	458 243	1973	6 660	953 263

ВНУТРЕННИЕ МЕЖДУГОРОДНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ В США

Грузооборот внутренних междугородных, грузовых перевозок в США за период 1945—1970 гг. возрос с 1 726 000 млн. ткм до 3 115 000 млн. ткм. За этот период, несмотря на то, что грузооборот каждого вида перевозок возрос, произошли изменения в относительной доле грузооборота каждого вида перевозок. Грузооборот перевозок по железной дороге упал с 69 до 41% от общего грузооборота, включающего все виды транспорта. Грузооборот перевозок с помощью грузовых автомобилей возрос с 6 до 21%, а грузооборот нефти по нефтетрубопроводам увеличился с 12 до 22%. Характер изменения и объем грузовых междугородных перевозок для каждого вида транспорта за период с 1940 по 1970 г. показан в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Внутренние междугородные грузовые перевозки в США

Годы	Полный грузооборот, млрд. ткм	Грузооборот по видам транспорта, млрд ткм				
		железнодорожного	автомобильного	речного	трубопроводного	воздушного
1940	1040	657	98	288	94	Менее 0,09
1945	1713	1178	107	229	203	
1950	1750	1000	277	264	206	
1955	2076	1048	357	347	325	
1960	2128	9520	457	352	367	
1965	2650	1153	574	418	485	
1970	3090	1233	675	510	689	

ПРОТЯЖЕННОСТЬ УЛИЦ И ДОРОГ

С 1920 г. и по настоящее время общая протяженность улиц и автомобильных дорог в США увеличилась очень незначительно. Протяженность автомобильных дорог и улиц в США в 1921 г. составляла 5 056 000 км, а в 1971 г. — 6 014 000 км. В 1921 г. на долю городских улиц приходилось только 7% от об-

шей протяженности автомобильных дорог и улиц США, а в 1971 г. — 15%. В то же время процент автомобильных дорог с покрытием за этот период времени возрос с 14 до 79%

В табл. 1.6 представлены данные о протяженности автомобильных дорог и улиц США для городов и сельской местности, классифицированные по типу покрытия. Данные относятся к 1941 и 1971 гг.

Таблица 1.6

Протяженность автомобильных дорог и улиц в США с различным типом покрытия и без него, км

Тип покрытия	Сельская местность		Города	
	1941	1971	1941	1971
Без покрытия	2 607 542	1 206 777	130 459	41 597
С покрытием низкого качества	1 928 040	3 037 044	198 835	495 290
С усовершенствованным покрытием	300 728	850 104	159 666	417 325
Всего с покрытием	2 228 769	3 887 148	455 041	912 615
Общая протяженность всех улиц и дорог	4 836 311	5 093 925	585 500	954 212

Протяженность автомобильных дорог и улиц отчасти зависит от площади территории, обслуживаемой автомобильным транспортом, а также от заселенности этой территории.

Влияние этих факторов на протяженность автомобильных дорог и улиц отражено в табл. 1.7, где собраны данные о полной протяженности дорожных систем, о площади территории и о заселенности пяти стран мира с относительно высоким уровнем автомобилизации.

Таблица 1.7

Протяженность автомобильных дорог и улиц, площадь территории и заселенность для некоторых стран мира (на 1967 г.)

Страны	Протяженность улиц и дорог, тыс. км	Площадь территории, тыс. км ²	Плотность населения на 1 км ²
Франция	784,5	551,2	90
ФРГ	405,0	248,5	241
Великобритания	328,1	244,0	226
Швеция	172,5	449,8	17
США	5969,7	9363,4	21

РАСХОДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

За период с 1921 по 1971 г. расходы на содержание автомобильных дорог в США в расчете на душу населения увеличились с 13 до 109 долл. Из всей суммы расходов в 1971 г., составляющих 22 504 млн. долл., 68% пришлось на долю дорожных организаций штатов. Капитальные затраты на строительство дорог в США составили 55% израсходованных средств.

Таблица 1.8

Ежегодные расходы на строительство и содержание автомобильных дорог для некоторых стран мира

Страны	Годы	Расходы на строительство и содержание автомобильных дорог, млн. долл.		Страны	Годы	Расходы на строительство и содержание автомобильных дорог, млн. долл.	
		всего	на душу населения			всего	на душу населения
Канада	1967	1 800	86	Великобритания	1968	1 265	23
Франция	1968	1 980	40	Швеция	1968	584	74
ФРГ	1968	2 910	50	США	1971	22 504	109

Наряду с ростом расходов на строительство и содержание автомобильных дорог и улиц городов США за период с 1921 г. по настоящее время произошел значительный сдвиг в соотношении средств, затрачиваемых на эти цели правительственными организациями различного ранга. В 1921 г. местные власти в сельской местности брали на себя почти половину всех расходов по содержанию и строительству автомобильных дорог. В 1971 г. на долю властей штатов приходилось почти 70% этих расходов. Показателем, характеризующим относительное значение расходов на содержание автомобильных дорог улиц в стране, может служить сравнение этих расходов в расчете на душу населения. В табл. 18 показаны расходы правительств различных стран на содержание автомобильных дорог.

Глава

ПОЛЬ КЛАФИ

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ

СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА АВТОМОБИЛЬ

При своем движении автомобиль преодолевает силу сопротивления качению, силу сопротивления воздуха, силу сопротивления подъему, силу сопротивления движению, создаваемую поворотом, и силу инерции. При замедлении или при остановке автомобиля все эти силы способствуют торможению, кроме силы инерции и в случае движения автомобиля на спуске. Дополнительное сопротивление движению при торможении двигателем обеспечивается силами сопротивления сжатию, возникающими в цилиндрах двигателя.

Сила сопротивления качению складывается из сил трения, возникающих между поверхностью шины и дорожным покрытием, сил деформации шины и дороги в месте их контакта, сил сопротивления неровностям (например, при движении по камням или разбитому асфальту, при выезде из ям на дороге) и сил трения в подшипниках колес. При скоростях движения до 96,5 км/ч сила сопротивления качению для современных легковых автомобилей на дорогах с усовершенствованным покрытием примерно постоянна и составляет около 0,135 Н/кг массы. Для более высоких скоростей движения эту величину следует увеличить на 10% при каждом увеличении скорости на 16 км/ч выше значения 96,5 км/ч. Типичные значения сил сопротивления качению для легкового автомобиля при малых скоростях движения по дорогам с покрытием различного типа представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Силы сопротивления качению для легковых автомобилей на дорогах с покрытием различного типа, Н

Равномерная скорость, км/ч	Сильно разбитый залатанный асфальт	Сухой плотно укатанный гравий	Рыхлый песок
32,1	0,14	0,15	0,17
48,3	0,17	0,17	0,20
64,4	0,20	0,25	0,28
80,5	0,25	0,31	0,38

Таблица 2.2

Сила сопротивления движению легковых автомобилей на дорогах с асфальтобетонным усовершенствованным покрытием

Кривизна дороги		Сила сопротивления движению, создаваемая поворотом, Н	Скорость, км/ч
Угол поворота, град	Радиус, м		
5	350	180	80,5
5	350	360	96,5
10	175	180	48,3
10	175	540	64,4
10	175	1080	80,5

Сила сопротивления воздуха в основном складывается из сил лобового сопротивления, которое вызвано разностью давления воздуха спереди и сзади движущегося автомобиля, сил сопротивления, создаваемого выступающими частями автомобиля, и сил трения наружных поверхностей автомобиля о близлежащие слои воздуха. Для современного легкового автомобиля с фронтальной площадью поперечного сечения порядка 2,78 м² сила сопротивления воздуха изменяется от 0 при скорости 16 км/ч до 250 Н при скорости 88,5 км/ч. Эмпирическое уравнение (2.1), приведенное ниже, определяет силу сопротивления воздуха P_B в ньютонах, действующую на автомобиль:

$$P_B \approx 0,0011 F v^2, \quad (2.1)$$

где F — фронтальная площадь поперечного сечения, м²; v — скорость, км/ч.

Сила сопротивления подъему представляет собой силу, действующую на наклонно движущийся автомобиль. Эта сила зависит от величины составляющей силы тяжести, направленной параллельно поверхности уклона в сторону уклона.

Силу сопротивления подъему P_{Π} в ньютонах находим из уравнения

$$P_{\Pi} = \frac{1}{100} m_a i, \quad (2.2)$$

где m_a — полная масса автомобиля, кг; i — величина уклона, %.

Сила сопротивления движению автомобиля, создаваемая поворотом дороги, представляет собой силу, действующую на автомобиль в месте контакта шин передних колес с дорожным покрытием и заставляющую автомобиль двигаться по криволинейной траектории. Эта сила зависит от скорости, поскольку чем быстрее движется объект, тем труднее изменить направление его движения. В табл. 2.2 приведено изменение силы сопротивления, создаваемой поворотом, для стандартного или среднего по размерам легкового автомобиля, движущегося по дороге с асфальтобетонным усовершенствованным покрытием. Эти данные получены в результате учета дополнительного расхода топлива, который вызван преодолением сил сопротивления движения, создаваемых поворотом.

Сила инерции движения представляет собой силу, которую необходимо преодолеть, чтобы изменить скорость движения автомобиля. Она зависит от массы автомобиля (независимо от типа последнего), величины ускорения и рассчитывается по формуле

$$P_{\text{и}} = 0,1 m_a j, \quad (2.3)$$

где $P_{\text{и}}$ — сила инерции, Н; m_a — полная масса автомобиля, кг; j — ускорение, м/с².

ТЯГОВАЯ ДИНАМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Мощность двигателя численно равна работе, совершаемой в единицу времени. Максимальная мощность, развиваемая двигателем, является мерой его технических возможностей. Мощность автомобильного двигателя, необходимая для приведения автомобиля в движение, определяется из уравнения

$$N_T = 0,049Pv, \quad (2.4)$$

где N_T — фактически используемая мощность, кВт; P — суммарное сопротивление движению, Н; v — скорость движения, км/ч.

Для автомобиля с обычным вспомогательным оборудованием максимальная мощность, необходимая для сообщения ему скорости 96,5 км/ч, составляет примерно половину номинальной мощности двигателя, гарантируемой заводом-изготовителем. Это соотношение можно использовать для определения максимальных значений ускорений и максимальных скоростей движения автомобиля на подъеме при заданной номинальной мощности двигателя для различных частот вращения коленчатого вала двигателя и реальных значений сил сопротивления движению (в частности, сил трения качения и сил сопротивления воздуха).

В табл. 2.3 приведены значения собственной массы автомобилей (без груза) и максимальной мощности для основных категорий автомобилей.

Т а б л и ц а 2.3

Масса автомобилей и максимальные значения мощности для основных категорий автомобилей

Категория автомобиля	Собственная масса автомобиля с водителем, кг	Максимальная мощность, кВт	Частота вращения коленчатого вала двигателя при максимальной мощности, об/мин
Легковой автомобиль средних размеров	1814	143	4800
Пикап	2041	91	3800
Двухосный грузовой автомобиль	4535	104	3800
Двухосный седельный автомобиль-тягач с полуприцепом	9070	128	3200

Отношение масса/мощность (количество килограммов собственной массы автомобиля, приходящееся на единицу мощности двигателя, затрачиваемой на перемещение автомобиля) является непосредственной мерой инертности работы автомобиля, знание которой дает возможность сравнивать между собой различные типы автомобилей. Поскольку масса — грубый определитель сопротивления движению, то можно сказать, что чем больше отношение масса/мощность, тем сильнее проявляется инертность автомобиля в движении. Малое значение отношения масса/мощность означает, что автомобиль обладает высокими динамическими характеристиками, поскольку он имеет большой запас мощности для преодоления сопротивления движению.

Полная масса автомобиля зависит от массы груза, который для больших грузовых автомобилей и автопоездов может изменяться от нуля до величины, которая вдвое превышает собственную массу автомобиля.

Мощность, необходимая для обеспечения передвижения автомобиля, зависит от состояния двигателя, его размеров, устройства трансмиссии и частоты вращения коленчатого вала.

Максимальные значения ускорения. Типичные значения максимального ускорения, необходимого некоторым типам легковых автомобилей, средним по массе

Таблица 2.4

Максимальные ускорения, необходимые для достижения заданной скорости

Тип автомобиля	Полная масса автомобиля, кг	Эффективная мощность двигателя				Типичные максимальные ускорения на горизонтальном участке дороги**	
		Максимальная мощность, гарантируемая фирмой-изготовителем, и частота вращения вала		Реализуемая мощность при скорости 24 км/ч*		до скорости 24 км/ч, м/с ²	до скорости 48 км/ч, м/с ²
		кВт	об/мин	кВт	об/мин		
Крупногабаритный легковой автомобиль	2 177	256	4 400	44	1 420	4,5	3,2
Легковой автомобиль средних габаритов	1 814	143	4 800	29	1 180	3,6	2,2
Малогобаритный легковой автомобиль (длина < 6 м)	1 361	88	4 400	23	1 490	3,6	2,2
Малолитражный автомобиль	952	31	3 900	12	1 900	2,7 (II)	1,8 (III)
Расчетный автомобиль***	1 814	—	—	—	—	3,6	2,2
Автомобиль с кузовом пикап	2 268	92	3 800	22	1 300	3,6 (III)	2,2
Двухосный грузовой автомобиль без прицепа	5 443	104	3 800	31	1 500	0,9 (III)	0,5
Седельный автомобиль-тягач с полуприцепом	20 411	128	3 200	103	2 660	0,9 (III)	0,5 (IV)

* Эти данные получены на основе использования типичных графиков зависимости мощности от частоты вращения коленчатого вала двигателя при известных значениях передаточного числа коробки передач и заднего моста.

** Если используется не самая высшая передача (или отсутствует автоматическая коробка передач), то номер передачи указан в скобках для диапазона скорости от 0 до 24 км/ч и от 24 до 48 км/ч.

*** Расчетный автомобиль представляет собой модель с усредненными характеристиками наиболее распространенную в США.

пикапам, двухосным грузовым автомобилям без прицепа и различным автопоездам для изменения скорости от 0 до 24 км/ч, приведены в табл. 2.4.

В табл. 2.5 приведены значения максимальных ускорений для отдельных типов небольших, малогобаритных (длиной менее 6 м), средних по размерам и крупногабаритных легковых автомобилей, пикапов, двухосных грузовых автомобилей без прицепов и различных седельных тягачей с полуприцепами, необходимые для увеличения скорости на 16 км/ч, если их начальная скорость равнялась 48, 64, 80 и 97 км/ч. Данные, представленные в табл. 2.4 и 2.5, относятся к типичным автомобилям выпуска после 1965 г. Максимальные значения ускорения для достижения последовательно увеличивающихся скоростей движения представлены в табл. 2.6. Эти данные получены из данных табл. 2.4 и 2.5 в результате соответствующих расчетов, что отмечено в примечаниях к табл. 2.6.

Расстояние видимости для обгона. Минимальные расстояния видимости для обгона на двухполосных дорогах с двусторонним движением являются функцией максимальных ускорений, поскольку чем быстрее автомобиль может ускорять свое движение при обгоне, тем короче путь обгона и тем меньше требуемое расстояние видимости при обгоне. Минимальные расстояния видимости для обгона можно рассчитать, пользуясь формулами из руководства по правилам движения, причем максимальные значения ускорения можно взять из табл. 2.5.

Нормальные значения ускорений. Наблюдаемые на дорогах значения ускорений для легковых автомобилей при изменении скорости движения от 0 до 24 км/ч,

Таблица 2.5

Максимальные ускорения, необходимые для увеличения скорости на 16 км/ч при различных скоростях движения автомобиля на горизонтальном участке дороги, м/с²

Тип автомобиля	Полная масса автомобиля, кг	Скорости движения*, км/ч			
		48	64	80	97
Крупногабаритный легковой автомобиль	2 177	2,2	1,8	1,3	1,1
Средний легковой автомобиль	1 814	2,2	1,8	1,3	0,9
Малогобаритный (<6 м) легковой автомобиль	1 361	1,8	1,3	1,0	0,5
Малолитражный автомобиль	952	0,9	0,5	0,3	—
Расчетный автомобиль	1 814	2,1	1,7	1,3	0,9
Автомобиль с кузовом пикап	2 268	0,9	0,8	0,7	0,3
Двухосный грузовой автомобиль без прицепа	5 443	0,5	0,3	0,1	—
Седелный автомобиль-тягач с полуприцепом	20 411	0,4	0,2	—	—

* Передача во всех случаях наивысшая (или используется автоматическая коробка передач), за исключением малолитражных автомобилей, у которых при скорости 48 км/ч включена вторая, а при скоростях 64 и 80 км/ч — третья передача. Кроме того, исключение составляют двухосные грузовые автомобили без прицепа, у которых при скоростях от 48 до 64 км/ч включена третья передача, а также седелный автомобиль-тягач с полуприцепом, двигающийся на третьей передаче при скорости 48 км/ч и на четвертой при скорости 64 км/ч

а также при увеличении скоростей 32, 48, 64, 80 и 96 км/ч на 16 км/ч представлены в табл. 2.7. Эти значения ускорений были зарегистрированы в тех случаях, когда у водителей не было причин быстро ускорять движение своих автомобилей. Представленные в табл. 2.7 данные типичны для легковых автомобилей, трогаящихся с места при включении зеленого сигнала светофора и движущихся по четырехполосным дорогам с разделительной полосой. В табл. 2.7, кроме того, приведены значения замедлений при торможении для легковых автомобилей.

ТОРМОЗНАЯ ДИНАМИЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ

Зачастую водители применяют торможение двигателем, т. е. торможение без применения тормозов, при этом они просто снимают ногу с педали управления подачей топлива. Эффективность торможения без применения тормозов возрастает при высоких скоростях движения автомобиля, поскольку при этом возникают значительные по величине силы сопротивления движению, в частности сила сопротивления воздуха. К примеру, при скоростях около 113 км/ч любая причина, заставляющая водителя снять ногу с педали подачи топлива, приводит к быстрой потере скорости, равной примерно 1,0 м/с², причем при этом не загорается световой сигнал, предупреждающий следующих за ним водителей о начале торможения. Этот факт на скоростных трассах может быть причиной столкновений многих автомобилей, движущихся друг за другом.

Возрастание одной или нескольких сил, препятствующих движению, может автоматически снизить скорость автомобиля, если не компенсировать это возрастание немедленным увеличением открытия дросселя. На дорогах, там, где полотно дороги поднимается, или там, где прямая дорога круто изгибается, движение автомобиля замедляется само по себе довольно значительно, если водитель не увеличивает нажатие на педаль подачи топлива для компенсации возросшего сопротивления движению. Поэтому при внезапном снижении скорости движения

Таблица 2.6

Максимальные ускорения для некоторых видов автомобилей, движущихся на подъемах с различным уклоном^{*}, м/с²

Уклон, %	Тип автомобиля			
	Расчетный легковой автомобиль массой 1814 кг	Автомобиль с кузовом пикап массой 2268 кг	Двухосный шести-коленный грузовой автомобиль массой 5443 кг	Седелный автомобиль-тягач с полуприцепом массой 20 411 кг
<i>Изменение скорости от 0 до 24 км/ч</i>				
2	3,5	3,5	0,7	0,7
6	3,0	3,0	0,3	0,3
10	2,6	2,6	(23)**	0
<i>Изменение скорости от 24 до 48 км/ч</i>				
2	2,1	2,1	0,3	0,3
6	1,7	1,7	0,0	(37)
10	1,3	1,3	0,0	0,0
<i>Изменение скорости от 48 до 64 км/ч</i>				
2	1,9	0,7	0,28	0,2
6	1,5	0,3	(48)	0,0
10	1,1	(48)	0,0	0,0
<i>Изменение скорости от 64 до 80 км/ч</i>				
2	1,5	0,7	0,1	(72)
6	1,1	0,2	0,0	0,0
10	0,7	0	0,0	0,0
<i>Изменение скорости от 80 до 96 км/ч</i>				
2	1,1	0,4	(80)	0,0
6	0,7	0,9	0,0	0,0
10	0,28	0,0	0,0	0,0

* Значения ускорения для ровных дорог (см. табл. 2.4 и 2.5) исправлены для дорог с уклоном путем учета изменения сил, препятствующих ускорению автомобиля.

** Значения, данные в скобках, представляют собой типичные максимально возможные скорости движения в километрах в час для данного уклона

Таблица 2.7

Значения ускорений и замедлений для легковых автомобилей¹

Изменение скорости, км/ч	Ускорение, м/с ²		Замедление, м/с ²		
	Ускорение, м/с ²	Замедление, м/с ²	Ускорение, м/с ²	Замедление, м/с ²	
0—24	5,3	8,5	64—80	4,2	5,3
0—48	5,3	7,3	80—97	3,2	5,3
48—64	5,3	5,3	97—113	2,1	5,3

¹ Данные получены при помощи акселерометра, установленного на легковом автомобиле и регистрирующего величину изменения скорости этого автомобиля относительно других автомобилей, движущихся рядом, а также ускорения и торможения

автомобилей в скоростном интенсивном потоке могут возникнуть нарушения, и водителям следует при помощи сигналов и дорожных знаков указывать на необходимость поддержания скорости движения в этих критических местах в заданных пределах.

Инженерам по организации дорожного движения необходимо иметь информацию о максимальном и нормальном замедлении при обычном снижении скорости.

Таблица 2.8

Средние значения коэффициентов сцепления при заносе для легкового автомобиля на различных сухих и влажных поверхностях

Материал покрытия	Сухая поверхность		Влажная поверхность
	Новые стандартные шины	Сильно изношенные шины	
<i>Скорость движения 17,7 км/ч</i>			
Асфальтобетон	0,74	0,61	—
Песчаный асфальтобетон	0,75	0,66	—
Природный асфальт	0,78	0,73	—
Цементобетон	0,76	0,68	—
<i>Скорость движения 32,2 км/ч</i>			
Асфальтобетон	0,76	0,60	0,40
Песчаный асфальтобетон	0,75	0,57	0,40
Природный асфальт	0,76	0,65	0,40
Цементобетон	0,73	0,50	0,40
<i>Скорость движения 48,2 км/ч</i>			
Асфальтобетон	0,79	0,57	0,36
Песчаный асфальтобетон	0,79	0,48	0,36
Природный асфальт	0,74	0,59	0,36
Цементобетон	0,78	0,47	0,36
<i>Скорость движения 64,4 км/ч</i>			
Асфальтобетон	0,75	0,48	0,33
Песчаный асфальтобетон	0,75	0,39	0,33
Природный асфальт	0,74	0,50	0,33
Цементобетон	0,76	0,33	0,33
<i>Скорость движения 80,5 км/ч</i>			
Для всех покрытий	—	—	0,31
<i>Скорость движения 96,5 км/ч</i>			
Для всех покрытий	—	—	0,30
<i>Скорость движения 112,6 км/ч</i>			
Для всех покрытий	—	—	0,29
<i>Скорость движения 128,7 км/ч</i>			
Для всех покрытий	—	—	0,27

сти движения автомобиля. Максимальные замедления используются для определения минимального тормозного пути в аварийных ситуациях. Данные о нормальных замедлениях движения служат основой для определения разумного времени остановки и длины тормозного пути у дорожных знаков и светофоров, т. е. там, где необходимо часто делать остановки.

Силы, тормозящие движение автомобиля и развивающиеся в тормозах различных типов, определяют скорость торможения автомобиля при условии, если между покрытием дороги и поверхностью шин нет скольжения. В том случае, когда тормозящая сила не может обеспечить торможение без скольжения, скорость торможения определяется коэффициентом сцепления в контакте шины с дорожным покрытием. Величина этого коэффициента зависит от типа покрытия, состояния шины, а также от того, является ли покрытие влажным или сухим. В табл. 2.8 наряду со значениями коэффициента сцепления, рекомендуемыми к использованию при проектировании дорог, представлены типичные значения этого коэффициента, полученные в результате практических измерений.

В том случае, если тормозная система автомобиля находится в хорошем состоянии и способна легко развить требуемое тормозное усилие, максимальная скорость торможения зависит в первую очередь от коэффициента сцепления между поверхностью покрытия и шины.

Зависимость между минимальным тормозным путем, скоростью движения и коэффициентом сцепления между покрытием дороги и шинами устанавливается уравнением

$$S = v^2 / 25 (\varphi + i), \quad (2.5)$$

где S — минимальная длина тормозного пути, м; v — скорость движения, км/ч; φ — коэффициент сцепления между покрытием и поверхностью шин; i — величины уклона.

ЗАТРАТЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ АВТОМОБИЛЯ

Основная задача инженера дорожного движения состоит в том, чтобы обслуживание автомобилей на автомагистрали было быстрым, безопасным, удобным и экономически выгодным для лиц и организаций, их использующих. Для того чтобы инженер дорожного движения мог планировать и рассчитывать сооружения для регулирования и обслуживания дорожного движения, которые бы соответствовали требованиям экономичного обслуживания автомобиля, он должен знать объем затрат, связанных с обслуживанием автомобилей, и то, как эти затраты связаны с геометрическими параметрами дороги, с состоянием дорожного покрытия, с характером транспортных потоков и требованиями, предъявляемыми к изменению скорости.

Все данные о затратах на обслуживание автомобиля представлены в табл. 2.9—2.16

Расход топлива двигателем автомобиля является главной статьей эксплуатационных расходов, которая, кроме всего прочего, сильно зависит от характера дороги и условий дорожного движения. В табл. 2.9 представлены данные о расходе топлива расчетным легковым автомобилем при различных скоростях движения по ровной дороге с усовершенствованным покрытием и на подъеме в условиях свободного движения транспортных потоков.

В табл. 2.10 показано, насколько увеличивается расход топлива в режимах трогания с места и торможения по сравнению с расходом топлива в режиме движения с заданной скоростью. В табличные значения до режима трогания с места (верхние цифры в каждой колонке табл. 2.10) не включен расход топлива, потребляемого во время неподвижного ожидания. Расход топлива в режиме ожидания можно рассчитать, если учесть, что на режиме холостого хода двигатель расчетного легкового автомобиля потребляет топлива около 2,20 л/ч.

Табл. 2.11 аналогична по содержанию табл. 2.9 с тем лишь отличием, что в ней приведены данные для двухосного грузового автомобиля без прицепа с полной массой 5443 кг.

Расход топлива расчетным автомобилем* в зависимости от скорости движения и уклона на прямолинейном участке дороги **

Скорость равномерного движения, км/ч	Расход топлива, л/км, на					
	горизонтальном участке	подъеме				
		2%	4%	6%	8%	10%
16	0,169	0,204	0,242	0,285	0,336	0,421
32	0,117	0,164	0,202	0,245	0,301	0,376
48	0,103	0,141	0,183	0,226	0,291	0,362
64	0,108	0,145	0,183	0,226	0,291	0,367
80	0,122	0,164	0,195	0,244	0,306	0,381
97	0,136	0,179	0,219	0,263	0,325	0,400
113	0,158	0,198	0,240	0,287	0,348	0,423

* Расчетный легковой автомобиль, для которого получены данные, представляет собой усредненную по характеристикам модель, отражающую следующее распределение автомобилей по размерам: крупногабаритные легковые автомобили — 20%; стандартные легковые автомобили — 65%; малогабаритные легковые автомобили (длина < 6 м) — 10%; малогабаритные автомобили — 5%.

** Значения, приведенные в данной таблице, следует увеличить на 20% для скоростей 48 км/ч и на 50% для скоростей 80 км/ч при движении автомобиля на сильно разбитом и залатанном асфальте. Эти данные, кроме того, следует увеличить при наличии поворотов дороги, а именно при угле поворота в 5° расход топлива увеличивается примерно на 3% при скорости движения 48 км/ч и на 30% при скорости 97 км/ч; при углах поворота в 10° увеличение составит ≈ 20% при скорости 48 км/ч и 100% при скорости 80 км/ч.

Табл. 2.12 аналогична табл. 2.10, но в ней представлены данные о расходе топлива, потребляемого обычным двухосным грузовым автомобилем без прицепа при изменении скорости. Для этого типа автомобиля потребление топлива на холостом ходу составляет 2,46 л/ч.

Износ шин. Зависимость стоимости износа шин от скорости движения автомобиля, типа дорожного покрытия и крутизны кривых в плане для расчетного легкового автомобиля, построенная на основе учета средней стоимости комплекта из четырех новых шин, представлена в табл. 2.13.

Таблица 2.10

Дополнительный расход топлива расчетным автомобилем* в режимах трогания с места и торможения

Скорость движения, км/ч	Скорость в момент торможения, км/ч					
	16	32	48	64	80	97
16	0,0056**	—	—	—	—	—
32	0,0121	0,0250**	—	—	—	—
48	0,0132	0,0235	0,0367**	—	—	—
64	0,0144	0,0257	0,0352	0,0484**	—	—
80	0,0158	0,0280	0,0401	0,0530	0,0636**	—
97	0,0174	0,0310	0,0454	0,0587	0,0719	0,0787**

* Расчетный автомобиль, для которого получены данные, представляет собой усредненную модель, отражающую следующее распределение автомобилей по размерам: крупногабаритные легковые автомобили — 20%; стандартные легковые автомобили — 65%; малогабаритные легковые автомобили (длина < 6 м) — 10%; малолитражные автомобили — 5%.

** Дополнительный расход топлива, потребляемый в режиме трогания с места и достижения заданной скорости движения

Таблица 2.11

Расход топлива расчетным грузовым автомобилем при изменении скорости и при движении на подъеме*

Скорость движения, км/ч	Расход топлива**, л/км, на					
	горизонтальном участке	подъеме				
		2%	4%	6%	8%	10%
16	0,174	0,282	0,411	0,529	0,680	0,840
32	0,139	0,263	0,393	0,503	0,694	0,927
48	0,158	0,284	0,426	0,546	0,717	—
64	0,193	0,332	0,494	—	—	—
80	0,238	0,374	—	—	—	—
97	0,287	—	—	—	—	—

* Движение осуществляется на наиболее высокой (из возможных) передаче для заданной скорости и данного уклона (четвертая, третья или вторая). В том случае, если скорость, с которой автомобиль приближается к подъему, превышает максимально возможную скорость, которую можно поддерживать на этом подъеме, то скорость следует снизить до этого максимума, как только автомобиль минует подъем.

Расчетный двухосный грузовый автомобиль, представленный здесь, отвечает следующему распределению автомобилей: двухосные грузовые автомобили с полной массой 3000 кг — 50%, двухосные грузовые автомобили с полной массой 7200 кг — 50%. Данные представлены для прямолинейного участка дороги с усовершенствованным покрытием в условиях свободного движения транспортных потоков.

** Значения, приведенные в этой таблице, следует увеличить на 7%, для скорости 48 км/ч и на 20% для скорости 80 км/ч применительно к движению по сильно разбитому и залатанному асфальтовому покрытию. Кроме того, эти значения следует увеличить для случаев движения на поворотах: при угле поворота 5° увеличение расхода топлива составляет около 3% для скорости 48 км/ч и около 23% для скорости 80 км/ч; при угле поворота 10° увеличение расхода топлива составляет около 21% для скорости 48 км/ч и около 43% для скорости 64 км/ч.

Возрастание стоимости износа шин при изменении скорости, соответствующем режиму трогания с места и режиму остановки при начальной скорости движения 16 км/ч, приведено в табл. 2.14. Данные, представленные в табл. 2.14, соответствуют расчетному автомобилю, двигающемуся по дороге с усовершенствованным покрытием с различной скоростью. В табл. 2.15 приведены данные о стоимости износа шин для типичного двухосного шестиколесного грузового автомобиля без прицепа, двигающегося по прямолинейной дороге со скоростью 72 км/ч, по дороге с поворотом и по загородным магистралям.

Таблица 2.12

Дополнительный расход топлива при изменении скорости в режиме трогания с места и торможения для расчетного грузового автомобиля*

Скорость движения, км/ч	Дополнительный расход топлива при торможении со скорости, л			
	16 км/ч	32 км/ч	48 км/ч	64 км/ч
16	0,0136**	—	—	—
32	0,0276	0,0367**	—	—
48	0,0303	0,0560	0,0655**	—
64	0,0363	0,0632	0,0855	0,0916**

* Расчетный грузовый автомобиль, представленный здесь, отвечает следующему распределению автомобилей по массе: двухосные грузовые автомобили с полной массой 3000 кг — 50%, двухосные грузовые автомобили с полной массой 7200 кг — 50%

** Дополнительный расход топлива в режиме трогания с места и достижения заданной скорости.

Таблица 2.13

Стоимость* износа комплекта шин в зависимости от скорости движения, типа дорожного покрытия и крутизны поворотов**, цент/км

Скорость движения, км/ч	Усовершенствованное бетонное покрытие			Усовершенствованное асфальтобетонное покрытие			Сухой плотно укатанный гравий
	Прямолинейный участок дороги	Участки дороги с уклоном		Прямолинейный участок дороги	Участки дороги с уклоном		
		5°	10°		5°	10°	
32	0,06	0,07	0,11	0,17	0,20	0,32	0,64
48	0,12	0,27	0,51	0,22	0,51	0,97	0,65
64	0,18	1,35	3,00	0,27	2,00	4,45	0,66
80	0,20	2,76	8,91	0,28	3,88	12,48	0,68
97	0,19	4,74	—	0,29	9,99	—	—
113	0,18	—	—	0,27	—	—	—
129	0,17	—	—	0,27	—	—	—

* Стоимость износа шин рассчитывалась на основе средней стоимости четырех новых шин среднего качества. Среднее значение стоимости было получено на базе цен отдельных шин для различных типов автомобилей.

** Расчетный легковой автомобиль, представленный здесь, отвечает следующему распределению автомобилей по размерам: крупногабаритные автомобили — 20%; стандартные автомобили — 65%; малогабаритные автомобили (длина < 6 м) — 10%; малолитражные автомобили — 5%.

Удельная стоимость технического обслуживания автомобиля. Полная удельная стоимость технического обслуживания агрегатов автомобиля (силовой передачи, системы выпуска отработавших газов и тормозов), разрегулировавшихся в процессе эксплуатации, для легковых автомобилей составляет 0,71 цента/км и для пикапов 0,88 цента/км (по ценам 1970 г.). Удельная стоимость технического

Таблица 2.14

Возрастание стоимости* износа шин при изменении скорости движения расчетного автомобиля**

Скорость движения, км/ч	Стоимость четырех шин (в центах на один цикл изменения скорости) при режиме движения			
	Трогания с места		Уменьшения скорости на 16 км/ч	
	Бетон	Асфальт	Бетон	Асфальт
32	0,10	0,30	0,04	0,10
48	0,30	0,60	0,08	0,15
64	0,58	0,85	0,09	0,14
80	0,72	1,10	0,09	0,14
97	0,80	1,20	0,08	0,12
112	0,85	1,25	0,08	0,12

* Стоимость износа шин рассчитывалась на основе средней стоимости четырех новых шин среднего качества. Средняя стоимость определялась на базе цен отдельных шин для различных типов автомобилей.

** Расчетный автомобиль, данные о котором представлены в таблице, отвечает следующему распределению автомобилей по размерам: крупногабаритные легковые автомобили — 20%; легковые автомобили стандартных размеров — 65%; малогабаритные автомобили — 10%; малолитражные автомобили — 5%.

Стоимость* износа шин для двухосного грузового автомобиля

Режим движения и тип дорожного покрытия	Стоимость износа шин (на одну ось), центов/км	
	заднего моста — четыре шины массой 5443 кг	переднего моста — две шины массой 1814 кг
Скорость равномерного движения 72 км/ч на усовершенствованном бетонном покрытии	0,25	0,06
Скорость равномерного движения 40—48 км/ч на городской улице с четырехполосным движением, имеющей усовершенствованное бетонное покрытие (от трех до четырех остановок на пути в 1,6 км)	1,22	1,74
Скорость равномерного движения 40 км/ч на повороте 30°. Дорога с усовершенствованным покрытием	6,71	0,81
Скорость равномерного движения 40 км/ч на повороте 60° С. Дорога с усовершенствованным покрытием	67,10	5,72

* Стоимость износа шины основана на стоимости одной шины среднего качества для грузовых автомобилей (цены 1970 г.).

обслуживания грузовых автомобилей для междугородных перевозок составляет примерно 0,76 центов/км. В режиме трогания с места и разгона до скорости 40 км/ч удельная стоимость технического обслуживания легкового автомобиля возрастает (по сравнению со стоимостью, рассчитанной на режим движения с постоянной скоростью) на 0,075 центов/км за один цикл изменения скорости.

Расход масла двигателем автомобиля обусловлен загрязнением масла в процессе эксплуатации, утечкой его через неплотные соединения, а также его сгора-

Таблица 2.16

Расход*¹ масла двигателем при движении автомобиля по дорогам с усовершенствованным покрытием в условиях свободного движения

Скорость* ² движения, км/ч	Расход масла автомобилем, л/100 км		Скорость* ² движения, км/ч	Расход масла автомобилем, л/100 км	
	легковым* ³	двухосным грузовым* ⁴		легковым* ³	двухосным грузовым* ⁴
48	0,57	1,63	80	0,85	1,86
	0,57	1,63		0,96	1,96
64	0,66	1,67	97	1,05	2,06
	0,75	1,76			

*¹ Расход масла включает как замену масла, так и добавление масла между заменами.

*² Минимальная длина маршрута 16 км.

*³ В качестве типичного образца легкового автомобиля выбран восьмицилиндровый шевроле-седан с рабочим объемом двигателя 4637 см³.

*⁴ В качестве типичного двухосного шестиколесного грузового автомобиля выбран шестицилиндровый автомобиль с рабочим объемом двигателя 5752 см³.

нием. Данные о полном расходе масла за счет загрязнения, утечки и сгорания для легковых и двухосных грузовых автомобилей, движущихся по дорогам с усовершенствованным покрытием, представлены в табл. 2.16.

Износ автомобиля. Степень износа автомобиля, выраженная в денежных единицах и определяемая как частное от деления разницы между первоначальной стоимостью автомобиля и стоимостью его к моменту списания на величину пробега за весь срок службы автомобиля до списания, зависит главным образом от факторов, не связанных с дорогой, а от рыночных цен на новые и подержанные автомобили и от запросов потребителей. Поскольку деятельность инженера по организации дорожного движения не оказывает заметного влияния на факторы, воздействующие на стоимость износа автомобиля, эти факторы в настоящем руководстве не рассматриваются.

Заторы на автомобильных дорогах влияют на величину эксплуатационных расходов (включая расходы на топливо, масло, на износ шин и на техническое обслуживание) в основном потому, что они вынуждают водителей изменять скорость и останавливаться. Частота, пределы изменения скорости и длительность временных остановок, вызванных заторами, сильно варьируются в зависимости от того, на каком участке произошел затор. Если необходимо определить эксплуатационные расходы, обусловленные затором, для данного участка рекомендуется выполнять следующую процедуру: измерить на этом участке частоту и пределы изменения скорости, частоту и длительность остановок автомобиля, а также рассчитать расход топлива, масла, износ шин и стоимость технического обслуживания, используя при этом данные о перерасходе моторесурсов при изменениях скорости и о стоимости эксплуатации двигателя на холостом ходу, приведенные выше.

С. ХАЛБЕРТ

Глава **3**

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДИТЕЛЕЙ И ПЕШЕХОДОВ

ВОДИТЕЛИ

Ввиду значительного различия в требованиях, предъявляемых к водителям при получении ими водительских прав, в каждом из 51 штатов США существенно отличаются друг от друга и их навыки по управлению автомобилем. Большинство водителей не имеет специальной подготовки (табл. 3.1), и даже те, кто ее проходит, основные навыки по вождению приобретают путем собственных проб и ошибок. Это означает, что улицы и дороги должны принимать водителей с самым разным уровнем подготовки: от впервые севших за руль до самых опытных и квалифицированных. Несмотря на принимаемые меры по улучшению подготовки водителей и повышению требований при выдаче водительских прав, в течение некоторого времени такая разница в умении управлять автомобилем будет еще настолько значительной, что это должно вызывать серьезную озабоченность и учитываться инженерами дорожного движения.

Большая разница в квалификации водителей и в способности к восприятию и оценке дорожных условий частично возмещается тем, что каждый водитель сам выбирает скорость движения. От скорости движения в значительной степени зависит психофизиологическая нагрузка водителей. Одним из показателей этой нагрузки является частота осмотра дорожной обстановки и отбора необходимой информации. Начинаящие водители имеют очень низкий темп осмотра, так как они значительное время затрачивают на оценку важности поступающей информации, в то время как у опытных водителей такая оценка не занимает много времени и поиск нужной информации значительно эффективнее. Для новичка визу-

Таблица 3.1

Различная подготовка водителей в штате Калифорния. %

Возрастные группы	Количество, чел	Формы обучения вождению						
		1	2	3	1+2	4	1+3	5
До 20	1921	47,1	0,9	11,9	0,7	9,9	29,1	0,4
20—24	2168	60,3	2,0	9,5	1,1	6,0	20,2	0,9
25—29	1831	74,7	3,2	6,9	1,7	4,2	8,7	0,6
30—34	1755	85,5	4,3	3,4	1,4	1,3	3,8	0,3
35—39	1820	90,5	4,1	1,8	1,3	0,5	1,6	0,2
40—44	1848	89,8	4,0	1,8	2,1	0,3	1,5	0,6
45—49	1587	93,1	2,7	1,1	1,3	0,1	1,4	0,3
50—54	1443	92,6	3,7	0,6	1,1	0,2	1,5	0,3
55—59	1022	93,8	2,7	0,8	1,3	0,1	1,1	0,2
60—64	774	92,0	4,3	1,2	1,2	0,5	0,8	0,1
65 и более	1304	91,4	4,2	1,9	1,7	0,1	0,5	0,2
Всего	17 473	80,5	3,2	4,3	1,4	2,5	7,7	0,4

Примечание Формы обучения вождению:

1 — самостоятельно с помощью родственников, друзей; 2 — самостоятельно с помощью платных инструкторов; 3 — в специализированном учебном заведении, обеспечивающем теоретическую подготовку и практическое вождение автомобиля; 4 — теоретическая подготовка в специализированном учебном заведении и практическое учебное вождение автомобиля с помощью родственников, друзей; 5 — прочие.

альный поиск является более активным и менее целенаправленным, а время реакции более продолжительным. Для опытного водителя визуальный поиск в общем менее активен, а время реакции много короче, так как процессы в центральной нервной системе (ЦНС) протекают быстрее.

С увеличением возраста процессы в ЦНС замедляются, время реакции у водителя увеличивается, но это увеличение происходит постепенно в течение многих лет и компенсируется изменениями в скорости езды и накопленным опытом. Алкоголь и другие наркотики также замедляют процессы в ЦНС, при этом изменения происходят быстро и могут ли они компенсироваться снижением скорости езды зависит от степени осознания водителем действия наркотических средств на его способности по управлению автомобилем. Усталость замедляет процессы, происходящие в ЦНС, также значительно быстрее, чем возраст, но усталость имеет много вполне очевидных симптомов, на основании которых водитель может принять решение снизить скорость.

К сожалению, уменьшение скорости снижает только часть нагрузки по вождению, так как остальная часть зависит от поведения других участников движения, а также от внезапных изменений дорожной обстановки (освещенности, направления дороги, коэффициента сцепления, расстояния видимости).

Возраст и пол водителей. Возраст и пол водителей являются важными характеристиками, которые должны учитываться при выдаче водительских прав и при других видах контроля водителей.

Тенденция последних лет показывает, что: женщины составляют все увеличивающуюся долю водителей, при этом, соотношение водителей мужчин и женщин приближается к их доле в населении страны; пожилые и молодые водители составляют все большую долю от общего количества водителей.

Число зарегистрированных дорожно-транспортных происшествий и нарушений правил дорожного движения уменьшается с возрастом водителя. Если принять во внимание степень подверженности риску (относительно количества километров пробега), то окажется, что у молодых и пожилых водителей талоны предупреждений в худшем состоянии, чем у водителей среднего возраста. Возрастные различия сказываются и на видах допускаемых нарушений.

Пробег (количественное выражение степени подверженности риску) является единственной измеряемой величиной, которая очень хорошо согласуется с количе-

Время реакции водителя на сигнал торможения в условиях внезапности и при ожидаемом сигнале

Объекты наблюдения	Количество наблюдений		Среднее время реакции		Диапазон времени реакции	
	н	о	н	о	н	о
А	10	10	0,88	0,6	0,7—1,1	0,5—0,7
В	10	10	0,6	0,5	0,6—1,0	0,5—0,8
В	10	10	0,9	0,55	0,7—1,0	0,5—0,8
Г	10	10	0,7	0,55	0,6—0,7	0,5—0,6
Д	10	10	0,6	0,5	0,5—0,9	0,4—0,6
Всего (в среднем)	50	50	0,73	0,54	0,5—1,1	0,4—0,8

Примечание: н — неожиданный сигнал на торможение; о — ожидаемый сигнал на торможение.

ством дорожно-транспортных происшествий и нарушений. Количество дорожно-транспортных происшествий и наказаний за нарушения увеличиваются с увеличением пробега, однако не линейно.

Водители мужчины вовлекаются в большее количество дорожно-транспортных происшествий и чаще наказываются, чем водители женщины. Но если принять во внимание величину пробега, то это различие почти исчезает.

Водители, состоящие в браке (и мужчины, и женщины), имеют значительно меньше нарушений, чем холостые мужчины и незамужние женщины во всех возрастных группах.

Подготовленность к смене дорожной ситуации и время реакции. Реакция водителей на различные проявления дорожной ситуации является объектом многих исследовательских работ. Результаты исследований могут принести пользу только тогда, если они будут учитывать особенности человеческого восприятия и влияние его на поведение водителей.

На время реакции водителей чрезвычайно большое влияние оказывает предварительная информация о предстоящей смене дорожной ситуации.

В табл. 3.2 приведены результаты исследования времени реакции водителей на сигнал торможения. У всех водителей время реакции было больше, когда сигнал давался совершенно неожиданно.

Время реакции на торможение у 50% водителей составило 0,9 с или более, у 10% водителей — 1,5 с или более и в нескольких случаях превысило 2 с.

Роль предварительной информации в человеческом восприятии нельзя недооценивать. Задачей инженеров дорожного движения является использование всевозможных методов и средств для обеспечения водителей такой информацией.

МОДЕЛЬ ВОСПРИЯТИЯ ВОДИТЕЛЕМ ДОРОЖНОЙ СИТУАЦИИ

Водитель, кроме непосредственного управления автомобилем, выполняет несколько других важных функций. Например, он решает, куда и когда следует ехать, выбирает маршрут. Эти разнообразные функции сведены в форму 3.1, которая может быть применена для анализа любой транспортной системы или подсистемы. Ее использование помогает запоминать множество действий, которые предстоит совершить даже в самой простой поездке.

Однако обычно задача по вождению понимается в более узком смысле, с учетом только непосредственного управления транспортным средством на дороге. С этой точки зрения человек рассматривается как управляющий элемент в сервосистеме. К настоящему времени разработано несколько математических

Обобщенная форма для анализа функций водителя и их характеристика

	А. Планирование поездки		Б. Принятие решений по управлению транспортным средством			В. Выполнение решений по управлению транспортным средством		Г. Обслуживание транспортного средства	
	а. Расписание	б. Маршрут	а. Дорога	б. Скорость	в. Отказ систем	а. Ускорение	б. Направление	а. Дома	б. В пути
1. Ввод (источники информации)									
2. Вывод (диапазон характеристик)									
3. Оценка характеристик									
4. Подбор и назначение									
5. Подготовка персонала									

моделей, которые призваны оказать помощь конструкторам транспортных средств в выпуске автомобилей с легкой управляемостью, с тем чтобы водители ниже средней квалификации и физической силы могли успешно выполнять все маневры, которые им необходимы.

На действия водителя по управлению автомобилем непосредственное влияние оказывает поступающая дорожная информация и способность водителя воспринимать и обрабатывать ее.

Принятие решения о маршруте движения и оценка дорожных условий должны осуществляться одновременно. Однако человек по существу имеет одноканальную систему восприятия и поэтому он должен переключать свое внимание при управлении автомобилем. Большую часть необходимой для вождения информации водитель получает визуально в виде потока следующих друг за другом меняющихся ситуаций, часть из которых он отбирает (так как не может воспринять их все) и использует для определения своего местоположения в следующее мгновение и в последующие несколько секунд. Таким образом, перед водителем раскрывается веерообразная пространственная зона (рис. 3.1), названная зоной совершения действия.

Г. Форбес расширил понятие зоны совершения действия и показал ее в трехкоординатной системе, тем самым создав такое изображение этой зоны, какой она кажется водителю через ветровое стекло.

Точная конфигурация веерообразной зоны будет зависеть от скорости автомобиля, радиуса поворота и остановочного пути, так как все это связано с временем реакции водителя.

По мере расширения временных границ зона совершения действия становится все более и более условной, так как водитель имеет больше времени для получения новой (на данный момент) информации и для изменения направления движения или снижения скорости. Этим объясняется, почему на городских скоростных магистралях водители двигаются с интервалом всего в 1 с на скоростях порядка 100 км/ч. Каждый водитель знает, что водитель впереди его автомобиля уже имеет зону совершения действия для своего автомобиля - на несколько секунд

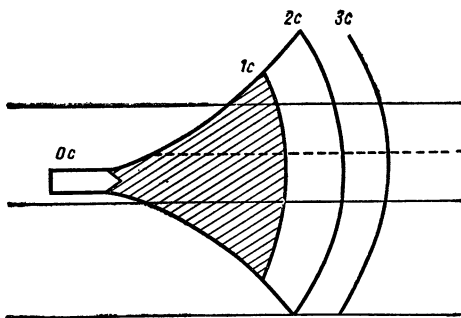


Рис. 3.1. Пространственная зона водителя в движущемся автомобиле за 3 с

автомобилем. Она разделена на четыре сектора или зоны: зона 1 — это расстояние, проходимое автомобилем в течение минимального времени восприятия; зона 2 — расстояние, преодолеваемое за минимум времени, необходимого для принятия решения; зона 3 — расстояние, проходимое за минимум времени реакции; зона 4 — минимальная зона совершения действия после того, как нажата педаль тормоза или сделан поворот. Зона 4 до дуги S представляет минимальное расстояние для остановки, если водитель примет решение затормозить Ее величина зависит от скорости и массы транспортного средства, эффективности тормозной системы, коэффициента сцепления между колесами и дорогой. Справа показано некое препятствие, обозначенное прямоугольником с буквой X . Это может быть пешеход, неподвижный или приближающийся автомобиль или какое-либо потенциальное препятствие, например пересечение дорог, поворот, впереди идущий автомобиль, который начал снижать скорость, железнодорожный переезд или даже обочина дороги.

Буквой T обозначен последний пункт, на котором могут быть предприняты действия, чтобы избежать столкновения с препятствием. Действия, предпринятые после проезда пункта T , могут снизить тяжесть последствий дорожно-транспортного происшествия, но полностью его не предотвратят. Пункт M — пункт, на котором водитель осознает значение пункта T . Пункт A — пункт, на котором водитель принимает решение о своих последующих действиях: снижении скорости, остановке, повороте или ускорении. Необходимо отметить, что пункты M и A показаны как пункты только для простоты, водителями же они, вероятно, воспринимаются в виде участков.

В действительной динамической ситуации различные пункты, зона совершения действия и восприятие водителем всех этих взаимоотношений изменяются с каждой секундой.

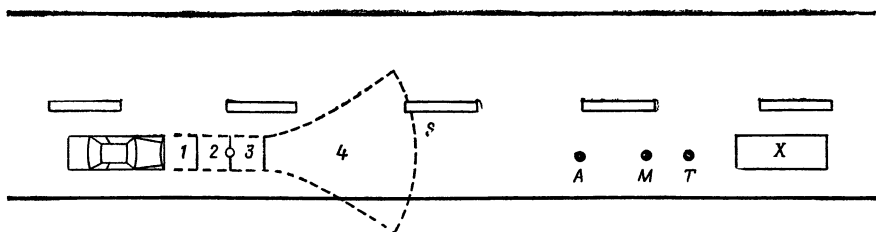


Рис. 3.2. Общая модель восприятия водителя

вперед. Имея аналогичную пространственную зону совершения действия и оставляя только 1 с для собственной реакции, он предполагает, что может остановиться так же быстро, как может это сделать водитель едущего впереди него автомобиля. Если бы водители не поступали таким образом, то наблюдаемая плотность движения в 1900 автомобилей в час на одной полосе не могла бы быть достигнута.

Р. Ванстрем и Б. Кэйплз использовали понятие пространственной зоны совершения действия водителя для описания модели восприятия водителем препятствий на дороге. На рис. 3.2 показана такая зона совершения действия перед

Расстояние AM называется полосой для ошибки водителя. Эта величина обычно положительная, но она может принимать отрицательное значение лишь в случае, если водитель умышленно идет на столкновение. Водитель, ставя пункт A впереди пункта M , резервирует себе некоторую полосу для возможной ошибки.

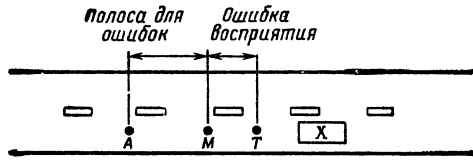


Рис. 3.3. Ошибка восприятия при выполнении задачи по вождению

Взаимодействие между TM (ошибкой восприятия) и AM (полосой для ошибки) определяет, быть или не быть дорожно-транспортному происшествию (рис. 3.4).

На рис. 3.4 вверху слева обе величины TM и AM положительные, что характеризует безопасную ситуацию. Вверху справа большая величина AM компенсирует отрицательную TM . Здесь также создается безопасная ситуация, когда пункт A находится перед пунктом T .

Опасная ситуация показана в средней части рис. 3.4. Слева, где AM не компенсирует большую величину, дорожно-транспортное происшествие неотвратимо.

Справа в средней части рис. 3.4 приведен пример ошибки восприятия. Показана полная неспособность водителя определить пункты A и M или же его неспособность определить их до достижения пункта T . Неспособность оценить потенциальную опасность как реальную, выражающаяся в неспособности установить потенциальные пункты A и M , приводит к ошибке в вождении. И наконец, ситуация, изображенная на рис. 3.4 внизу, показывает неотвратимость дорожно-транспортного происшествия.

Средства регулирования дорожного движения можно рассматривать как средства для увеличения расстояния AM и уменьшения расстояния TM . С этой позиции становится совершенно очевидным значение унификации устройств для регулирования дорожного движения и единообразия в их использовании и размещении.

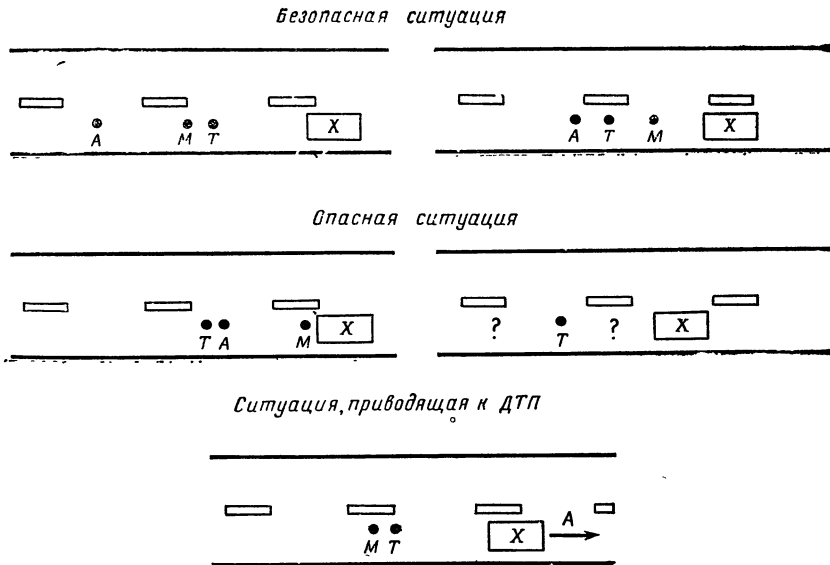


Рис. 3.4 Модель восприятия в применении к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП)

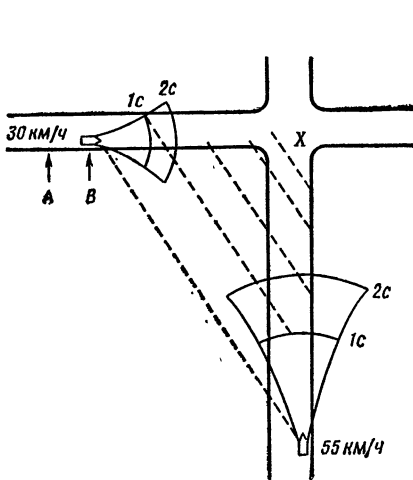


Рис 3.5. Зоны совершения действия водителей двух автомобилей, приближающихся к перекрестку

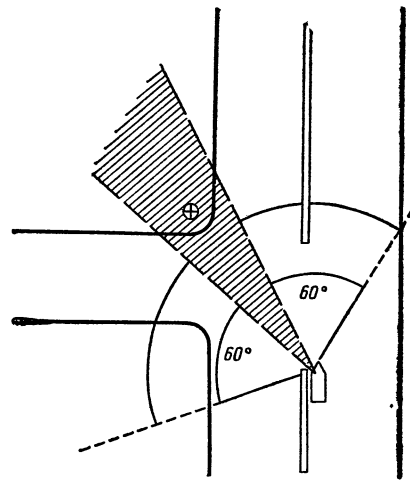


Рис. 3.6. Схема блокирования зрительного восприятия между двумя пунктами фиксации взгляда

Зрительное внимание. На рис. 3.5 показано, что по мере приближения автомобилей к точке столкновения они не меняют свое относительное угловое положение и остаются как бы на месте, т. е. в одном положении в поле зрения друг друга. Возможно, что одно или оба из этих «неподвижных» изображений экранируются угловой стойкой автомобиля (или каким-либо другим препятствием). Опытные водители принимают это во внимание и энергично меняют положение головы. Менее опытные водители, к несчастью, теряют из вида один из важнейших объектов (а именно объект, двигающийся в конфликтном направлении) как раз в то время, когда это грозит опасными последствиями

Вторым фактором зрительного внимания в процессе вождения является способ перевода взгляда с объекта на объект. Когда водитель переводит взгляд с одного объекта на другой (на различные объекты в поле зрения), часто происходит произвольное мигание, блокирующее изображение. При отсутствии мигания это изображение было бы расплывчатым, с неясными очертаниями (как это происходит, когда движение кинокамерой при панорамной съемке производится слишком быстро). Когда водитель переносит свой взор, мигание закрывает видимую зону, которая лежит между двумя пунктами фиксации взгляда. Это очень важно при размещении знаков или светофоров, в особенности там, где транспортные средства совершают повороты. На рис. 3.6 показано, как водитель, ожидающий левого поворота, должен быстро перевести свой взгляд с потока встречного движения (когда он найдет подходящий разрыв) на направление своего движения при выполнении поворота. Он должен быстро просмотреть большой сектор поля зрения, и при этом его взор блокируется произвольным миганием. Предположим, что центральное поле зрения составляет примерно 60° , тогда на диаграмме видно, как водитель может совершенно не заметить дорожного знака, расположенного в заштрихованном секторе, где обычно и устанавливаются многие знаки или где может находиться пешеход, переходящий улицу.

У водителей, ожидающих возможности пересечения главной дороги, время визуального поиска длится от 1,1 с до 2,6 с. При перестроении в параллельных рядах это время составляет от 0,8 с до 1,6 с для бокового осмотра и от 0,8 с до 1,0 с для «взгляда назад». Чем более плотное движение, тем больше фиксации взглядов и тем больше продолжительность этих фиксаций.

ВЛИЯНИЕ АЛКОГОЛЯ И НАРКОТИКОВ НА ВОДИТЕЛЕЙ

Поскольку алкоголь может быть сравнительно легко обнаружен и количественно измерен по наличию его в крови, выдыхаемом воздухе и в моче, его воздействие на человеческий организм широко изучалось в связи с дорожно-транспортными происшествиями. У большинства людей концентрации алкоголя в крови до 0,05‰ вызывает некоторое успокоение. При концентрации алкоголя в крови от 0,05‰ до 0,15‰ отмечаются нарушение координации движений, а также изменения в поведении, которые на первый взгляд говорят о стимулировании мозговой деятельности (разговорчивость, агрессивность и преувеличенная активность), а на самом деле являются результатом торможения мозговых центров, которые в обычном состоянии удерживают от такого поведения. При больших концентрациях алкоголя в крови способности водителя ухудшаются, зачастую происходит неправильная оценка своего состояния и ему кажется, что он действует нормально или даже лучше, чем обычно.

Обследования водителей на дорогах показали, что 1—4% водителей, не попадавших в аварии, имели концентрацию алкоголя в крови выше 0,10‰, в то время как от 45 до 57% смертельно раненых в результате дорожно-транспортных происшествий водителей имели такую же концентрацию алкоголя.

Водители с концентрацией алкоголя в крови 0,10‰ обычно не выказывают явно выраженного ослабления способностей к управлению автомобилем. Вождение — это такой процесс, который требует разделения внимания. Одноканальная система восприятия, предполагающая постоянное переключение внимания, используется водителем для обзора окружающей обстановки вне и внутри автомобиля и для получения информации, которая дает ему возможность правильно предвидеть и оценивать то, что находится впереди.

Разделение внимания, которым объясняется увеличение вероятности дорожно-транспортного происшествия при употреблении алкоголя, является также причиной того, что при употреблении алкоголя время простой реакции не увеличивается, а может даже и уменьшаться.

Вполне очевидно, что алкоголь сужает поле внимания, а это приводит к некоторому улучшению способностей реагировать на простые и ожидаемые изменения в обстановке. Это остается справедливым в отношении слуха и зрения. Однако при этом затормаживаются процессы, происходящие в центральной нервной системе и в особенности снижаются возможности водителя по обработке поступающей информации.

Если описанную выше в настоящей главе модель восприятия водителем дорожной ситуации рассмотреть с точки зрения ухудшения психических процессов и уменьшения частоты обзора окружающей обстановки, легко понять, почему пьяные водители не могут обеспечить безопасность дорожного движения (рис. 3.7).

Их способность к управлению автомобилем, возможно, не изменяется в больших пределах, но эта работа поглощает почти все их внимание, в то время как в трезвом состоянии они уделяют этому только меньшую часть его.

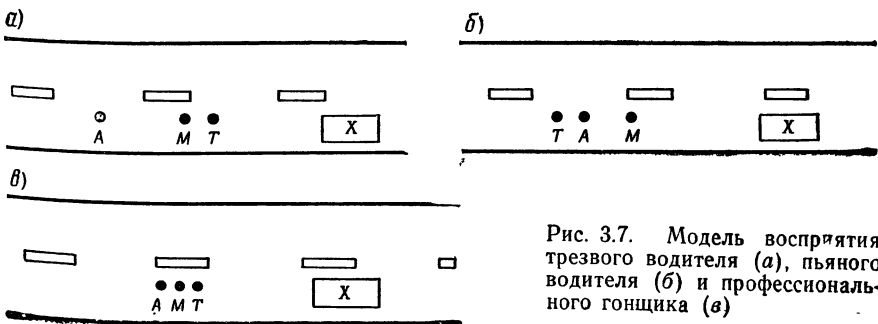


Рис. 3.7. Модель восприятия трезвого водителя (а), пьяного водителя (б) и профессионального гонщика (а)

Подобное же влияние на способность к действию могут оказывать усталость, нервное потрясение, возраст и, без всякого сомнения, наркотические средства. Обнаружено, что некоторые транквилизаторы, взаимодействуя с алкоголем, усиливают его действие. Барбитураты в комбинации с алкоголем даже в небольшой дозе могут привести к потере сознания, а в некоторых случаях и к смерти. Эти и другие неблагоприятные комбинированные действия приема лекарственных средств очень опасны и трудно определимы, поэтому принимать их надо с большой осторожностью.

ПЕШЕХОДЫ

Несмотря на постоянный рост количества дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов, их смертность в расчете на автомобиле-километр неуклонно сокращается. Это происходит главным образом благодаря улучшению дорог, увеличению количества пешеходных дорожек, а также благодаря применению специальных законодательных мер. Однако проблема обеспечения безопасности пешеходного движения еще чрезвычайно злободневна, особенно в городах. Исследования показали, что в крупнейших городах пешеходы составляют половину, а в средних городах одну треть всех жертв дорожно-транспортных происшествий.

Скорость передвижения пешеходов. Взрослые и пожилые пешеходы двигаются со средней скоростью 1,4 м/с. Дети двигаются быстрее, примерно со скоростью 1,6 м/с. Некоторые инженеры используют в своих расчетах скорость 1,2 м/с, а для сравнительно медленно идущих пешеходов более подходящая скорость будет от 0,9 до 1,0 м/с. Однако по другим данным средняя скорость пешеходов равна 1,29 м/с, а для женщин она составляет 1,13 м/с. Когда идет группа пешеходов, скорость падает до 1,17 м/с для мужчин и до 1,11 м/с для женщин. На рис. 3.8 приведены кумулятивные кривые распределения скорости движения пешеходов.

В результате изучения поведения пешеходов при переходе улицы был установлен так называемый пороговый интервал, который определяется как интервал между автомобилями, принятый 50% пешеходов. Он составляет 25,6 м при скорости движения транспортных средств 32,2 км/ч.

На рис. 3.9 приведена доля пешеходов, принимающих данный интервал для перехода.

Интенсивность и плотность пешеходных потоков. Интенсивность пешеходного движения определяется числом пешеходов, проходящих через определенный пункт в единицу времени. Плотность пешеходного потока может быть определена количеством пешеходов, приходящихся на квадратный метр площади, или, наоборот, количеством квадратных метров площади, приходящихся на одного пешехода.

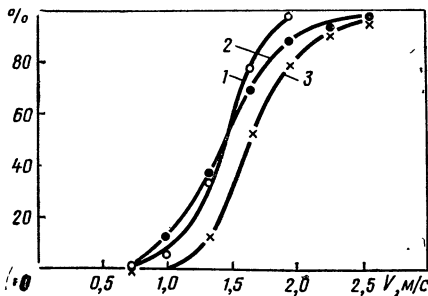


Рис. 3.8. Кумулятивные кривые распределения скорости движения пешеходов: 1 — пожилых; 2 — взрослых; 3 — детей

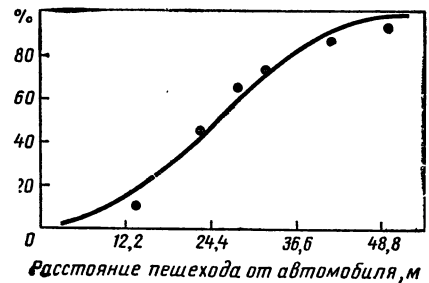


Рис. 3.9. Доля пешеходов, принимающих данный интервал для перехода

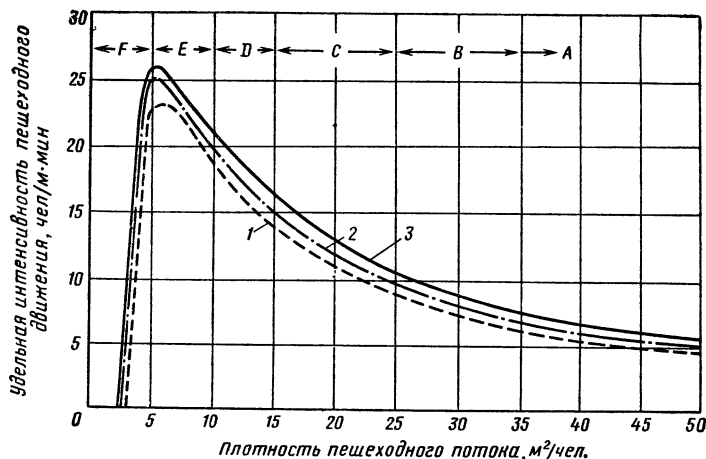


Рис 3.10. Уровни обслуживания для пешеходных путей:

1 — неупорядоченный поток; 2 — упорядоченный двусторонний поток; 3 — упорядоченный односторонний поток

Последнее более наглядно. Интенсивность пешеходного движения и плотность пешеходного потока величины взаимозависимые.

Скорость движения пешеходов увеличивается по мере уменьшения плотности пешеходного потока. Интенсивность движения пешеходов увеличивается по мере уменьшения площади на каждого пешехода, т. е. по мере увеличения плотности потока. Это происходит до тех пор, пока не достигается критическая плотность, когда движение становится весьма затруднительным из-за недостатка пространства. На рис. 3.10 показаны критические точки для трех категорий пешеходов и выделены уровни обслуживания А—F.

В результате изучения пешеходного движения было доказано, что поток из 65 пешеходов в минуту на 1 м ширины пути был возможен при самых разнообразных условиях, поток в 80 пешеходов в минуту был возможен при благоприятных условиях, а поток в 95 пешеходов мог быть достигнут только при очень благоприятных условиях.

На рис. 3.11 показано взаимное расположение пешеходов в потоке в продольном и поперечном направлениях. По мере возрастания плотности пешеходы поддерживают определенную вынужденную дистанцию, чтобы не задевать друг друга и иметь пространство для движения. На каждого пешехода требуется площадь M более $2,3 \text{ м}^2$, чтобы была возможность свободно перемещаться в поперечном направлении для обгона медленно идущих пешеходов.

Дорожно-транспортные происшествия с пешеходами. Около половины из изученных дорожно-транспортных происшествий с пешеходами произошли в жилых районах, 7% в смешанных торговых и жилых районах и 40% в районах, по преимуществу являющихся торговыми. Около 50% происшествий имело место на перекрестках дорог или в их зонах.

Только в 4% случаев дорожно-транспортных происшествий обнаружено присутствие алкоголя в крови пешеходов. Однако специально выполненное исследование ясно показало роль алкоголя в росте количества дорожно-транспортных происшествий с гибелью пешеходов. Вероятность обнаружения высокой (0,10%) концентрации алкоголя в крови погибших пешеходов была во много раз больше, чем в пробах крови, наугад отобранных у пешеходов в том же месте, в то же самое время суток и в такой же день недели.

Тяжесть последствий наезда транспортных средств на пешеходов имеет прямую зависимость от типа транспортного средства и размеров пешехода. Около 89% пешеходов, которые погибли от наезда тяжелых грузовых автомобилей, были убиты в результате переезда их колесами, в то время как для легковых

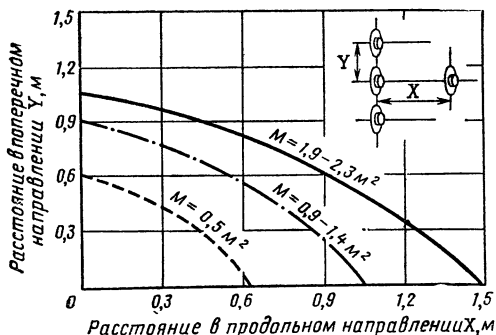


Рис. 3.11. Взаимное расположение пешеходов в упорядоченном одностороннем потоке

автомобилей эта величина составляет 10%. Современные формы легковых автомобилей таковы, что при наезде на взрослого пешехода он от удара подбрасывается в воздух.

Исследование дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов дало возможность выявить пять наиболее часто встречающихся типов происшествий:

неожиданный выход пешеходов на проезжую часть (24%). Пешеход в неустановленном для перехода месте с обочины или тротуара внезапно появляется перед транспортным средством;

неожиданный выход на середину проезжей части (9%). Это то же, что и предыдущий случай. Однако пешеход проходит половину пути нормально, прежде чем на него совершается наезд;

перебегание перекрестка (8%). Эта категория происшествий включает случаи, аналогичные неожиданному выходу пешехода на проезжую часть с точки зрения видимости пешехода, но само происшествие имеет место на или вблизи обозначенного или необозначенного перехода на перекрестке;

многократная угроза (3%). Наезд на пешехода совершает транспортное средство x после того, как другие автомобили, блокировавшие видимость транспортного средства x , остановились в параллельных рядах этого же направления и избежали наезда на пешехода;

отвлечение внимания водителя при выполнении маневра. Транспортное средство поворачивает или вливается в транспортный поток. Внимание водителя сосредоточено на других транспортных средствах, и наезд совершается на пешехода, который находится вне сферы внимания водителя.

Для борьбы с этими типами дорожно-транспортных происшествий предлагаются следующие меры:

изменение расстановки автомобилей на околотротуарных стоянках. Цель — ликвидация некоторых визуальных препятствий и обеспечение частичного воздействия на направление движения пешеходов. Должны быть предприняты два шага. Во-первых, на одной стороне улицы, вероятно на левой, стоянка должна быть запрещена. Во-вторых, на правой стороне параллельная тротуару стоянка должна быть заменена на стоянку под углом к тротуару, передней частью к тротуару. Это будет способствовать уменьшению скорости движения пешехода при пересечении улицы и, кроме того, будет направлять его навстречу движению, т. е. поле зрения пешехода будет обращено в направлении угрожающих ему транспортных средств;

установка пешеходных ограждений для предотвращения внезапного выхода его на проезжую часть;

пересмотр режима работы светофоров в целях сокращения задержек пешеходов. Если интенсивность транспортного движения в часы пик не позволяет изменить режим работы светофорной сигнализации в пользу пешеходов, то необходимо сократить периоды ожидания пешеходов в течение остального времени суток (две трети наездов на пешеходов на перекрестках совершается до и после часов пик). Полезно информировать пешеходов при помощи табло о времени ожидания, остающегося до появления зеленого сигнала.

И в заключение следует отметить, что самыми опасными и самыми уязвимыми пешеходами являются маленькие дети.

Дети из-за их малого роста не всегда могут быть своевременно замечены водителями и, кроме того, они часто внезапно появляются в самых неожиданных местах на проезжей части дорог.

По данным статистики каждый десятый погибший ребенок в возрасте от пяти до четырнадцати лет является жертвой ДТП.

Глава 4

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основные характеристики движения транспортных потоков количественно описываются интенсивностью движения или количеством автомобилей в единицу времени, скоростью движения, а также плотностью или концентрацией автомобилей. Интенсивность q движения определяется числом автомобилей, проходящих через некоторое сечение дороги в единицу времени. Хотя интенсивность автомобильного движения является непосредственной количественной характеристикой транспортного потока на участке дороги или улицы, интервал h или временной промежуток между последовательно движущимися друг за другом автомобилями является косвенной характеристикой движения транспортного потока. Средние значения интенсивности и интервала во времени связаны между собой следующим соотношением

$$q = \frac{3600}{h},$$

где q — интенсивность движения, авт/ч; h — интервал времени, с.

Скорость u является качественной характеристикой движения транспортного потока и связана со временем t поездки следующим соотношением:

$$u = \frac{3,6d}{t},$$

где u — скорость, км/ч; d — пройденное расстояние, м; t — время поездки, с.

Таким образом, скорость можно определять непосредственно, измеряя мгновенное значение скорости в некоторой точке пути или измеряя время, затраченное автомобилем на преодоление некоторого участка пути.

Концентрация автомобилей на дороге или улице определяется плотностью k , численно равной количеству автомобилей, находящихся на единице дороги в любой момент времени. Плотность количественно характеризует относительную занятость участка дороги определенной длины и связана со средним расстоянием между последовательно движущимися друг за другом автомобилями. Соотношение между средней плотностью и средним расстоянием между автомобилями в некоторой точке в заданный момент времени на участке дороги имеет следующий вид

$$k = \frac{1000}{d},$$

где k — плотность, авт/км; d — расстояние между автомобилями (дистанция), м/авт.

Средние значения трех основных характеристик движения транспортного потока связаны между собой следующей зависимостью:

$$q = aku_s,$$

где q — интенсивность; k — плотность; u_s — средняя скорость на участке; a — константа. Величина константы при определении интенсивности, скорости и плотности зависит от единиц измерения расстояния и времени.

Аналогичным образом связаны между собой интервал, время поездки и дистанция, представляющие собой косвенные характеристики интенсивности, скорости и плотности движения:

$$h = bdt,$$

где h — интервал во времени; d — дистанция; t — время поездки; b — константа.

Константа в этом уравнении определяется выбором единиц измерения интервала во времени, дистанции и времени поездки. Более подробно соотношения между q , k , u и h рассмотрены в гл. 7 («Теория транспортных потоков»).

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Дорожные сооружения, как и многие другие динамические системы, испытывают нагрузки, закономерности распределения которых носят как пространственный, так и временной характер. Пространственные распределения обычно обусловлены желанием людей совершить поездки между выбранными пунктами отправления и назначения. Временное распределение определяется частотой и целью совершения поездок.

Распределение объемов движения транспортных потоков по различным маршрутам основывается на желании водителей совершать поездки между различными пунктами отправления и назначения и зависит от степени развития дорожной

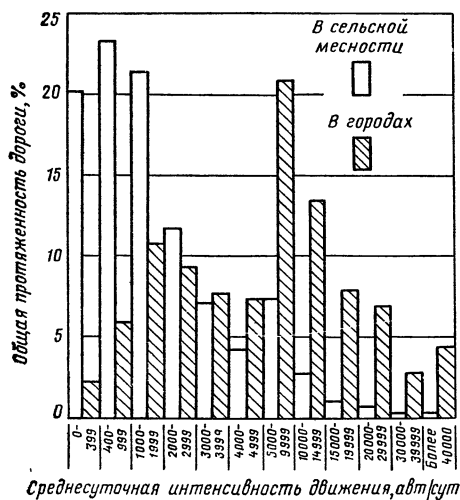


Рис. 4.1. Распределение автомобильных дорог (в процентах от общей протяженности) в системе дорог штата для различных групп интенсивности

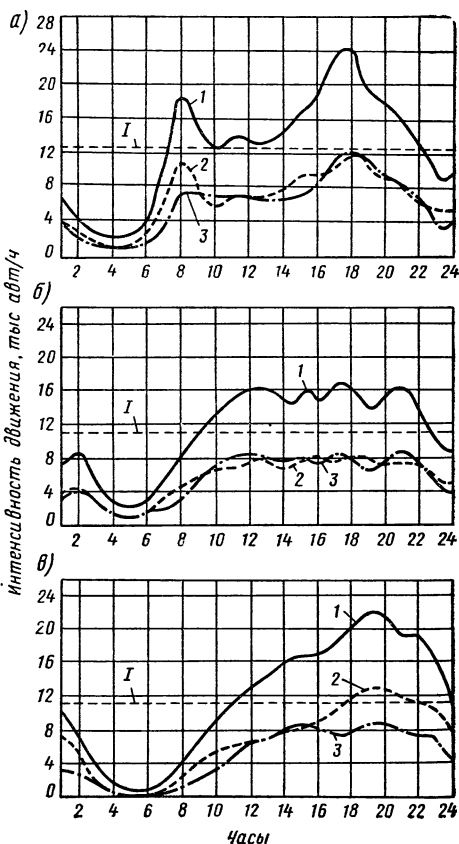


Рис. 4.2. Изменение интенсивности движения в течение суток по дням недели: а — четверг; б — суббота; в — воскресенье; I — средняя часовая интенсивность для движения в двух направлениях; 1 — суммарная интенсивность движения в двух направлениях; 2 — направление движения на Юг; 3 — направление движения на Север

сети, а также от степени урбанизации данной местности. Существенная разница в интенсивности эксплуатации дорог, расположенных в городской и сельской местности на примере дорожной системы штата, показана на рис. 4.1, где по оси ординат отложен пробег (в процентах) по дорогам, расположенным соответственно в городской и сельской местности, а на оси абсцисс — значения среднесуточных интенсивностей движения для дорог, расположенных в этих двух типах местности. Примерно на 44% протяженности дорог в сельской местности наблюдается интенсивность движения меньше, чем 1000 авт./сут, а на 95% этих дорог интенсивность не превышает 10 000 авт./сут. На более чем 64% протяженности городских дорог интенсивность превышает 4000 авт./сут, в то время как примерно 36% протяженности городских улиц характеризуется интенсивностью движения порядка 10 000 авт./сут. Концентрацию автомобильного движения на городских дорогах можно охарактеризовать тем фактом, что на городскую территорию приходится только 13% от общей протяженности дорожной системы государственного значения, но это составляет примерно 54% от общей протяженности дорог в сельской и городской местности, где интенсивность движения превышает 10 000 авт./сут. Такая картина оставалась довольно стабильной многие годы.

Распределение движения по направлениям. Как правило, распределение интенсивности движения транспортных потоков по направлениям на большей части дорог в расчете на определенный период времени, (сутки или неделю) примерно сбалансировано. Вместе с тем можно заметить и разницу в распределении интенсивности по направлениям, наблюдаемую в течение некоторых часов, дней и месяцев в году. Такие изменения в характере пользования дорог в различных направлениях в большей степени объясняются временными и циклическими закономерностями совершения автомобильных поездок. Знание распределения ин-

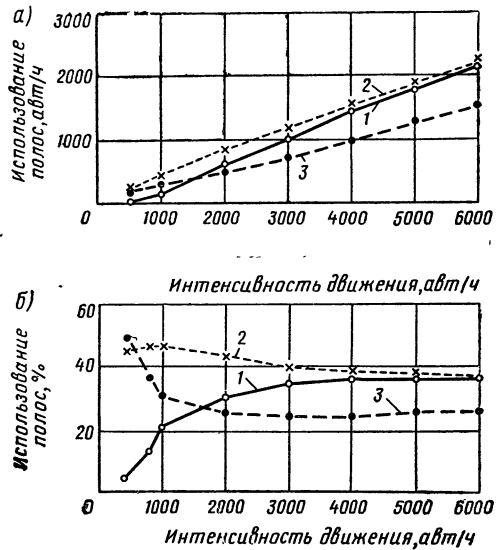


Рис. 4.3. Влияние интенсивности движения на использование полос для движения (для шестиполосной скоростной магистрали):

а — в автомобилях в час; б — в процентах;
1, 2, 3 — соответственно первая, вторая и третья полосы движения

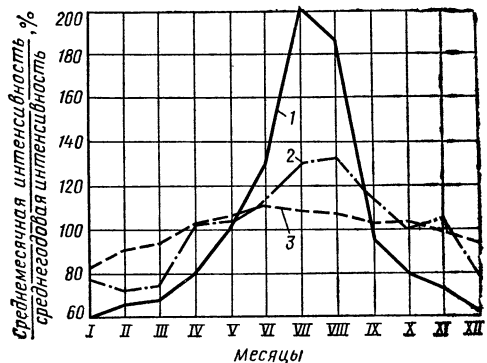


Рис. 4.4. Изменение интенсивности движения в течение года на дорогах различной функциональной значимости:

1 — дороги, ведущие к местам отдыха; 2 — основная сеть внутриштатных дорог; 3 — дороги, ведущие в пригородную зону

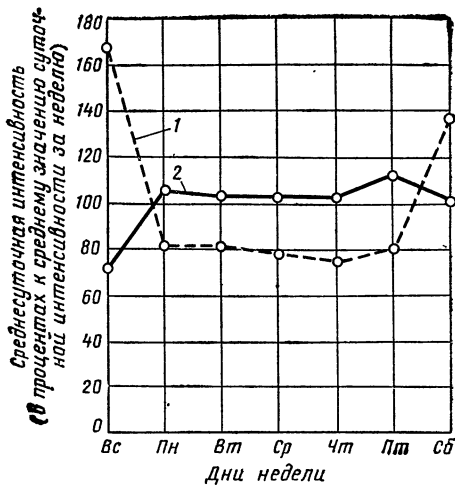


Рис. 4.5. Изменение интенсивности движения по дням недели:

1 — дороги в сельской местности, ведущие к местам отдыха; 2 — городские дороги (улицы)

тенсивности движения по различным направлениям во время «пиковых» периодов необходимо для правильного планирования, проектирования и функционирования дорожных сооружений. Эти несбалансированные потоки обычно представляют собой критические нагрузки на автомобильные дороги. «Пиковые» периоды для каждого направления можно наблюдать в различное время суток или в различное время разных дней недели. Пример распределения движения транспортных потоков по направлениям приведен на рис. 4.2. Данные получены в течение 24 ч для одного дня рабочей недели и для двух выходных дней. Для каждого участка дороги наблюдается своя картина распределения движения по направлениям, и эти картины на протяжении всего маршрута могут в значительной степени меняться вследствие увеличения и уменьшения интенсивности в местах въезда на основную дорогу и съезда с нее.

Распределение интенсивности движения по полосам. Последним видом пространственного распределения интенсивности движения является изменение интенсивности движения транспортных потоков по полосам в одном и том же сечении дороги в зависимости от времени. В том случае, когда для движения в одном направлении имеются две или более полос движения, то распределение автомобилей по полосам для одного направления движения зависит от нескольких факторов, включая интенсивность движения, помехи движению от встречного потока автомобилей, помехи движению от препятствий, расположенных за кромкой проезжей части, долю которых составляют и медленно движущиеся автомобили, а также количество и расположение мест въезда и съезда автомобилей на дорогу. Распределение движения вблизи мест въезда и выезда автомобилей на дорогу в значительной мере определяется выбором водителями пунктов отправления и назначения. На участках непрерывного движения, однако, на распределение движения по полосам влияет главным образом количество автомобилей и наличие больших различий в скорости движения самих автомобилей. Зависимость изменений в распределении движения по полосам дорог от интенсивности движения для поездов в одном направлении по одной из шестиполосных скоростных магистралей показана на рис. 4.3.

Изменения интенсивности движения во времени обусловлены тем, что потребности в совершении поездок по своей природе носят периодический характер и являются отражением почасовой, суточной и сезонной картины жизни сельской и городской среды. Кроме того, наблюдаются годовые изменения интенсивности, причем общей тенденцией является постоянный ежегодный рост интенсивности движения на большинстве дорог и улиц.

Типичный характер изменения интенсивности движения по сезонам в течение года для дорог, имеющих различное функциональное назначение, представлен на рис. 4.4. Наибольшие сезонные изменения интенсивности движения наблюдаются на дорогах, ведущих в зоны отдыха. Как следует из этих данных, наиболее стабильная интенсивность движения в течение года характерна для пригородных маршрутов. Дороги внутриштатного значения характеризуются промежуточной величиной изменений интенсивности движения относительно изменений интенсивности движения, связанных с выездом на отдых в сельскую местность и в пригородные зоны.

Типичные распределения интенсивности движения по дням недели для городской магистрали и для дорог в сельской местности, по которой жители городов выезжают на отдых, приведены на рис. 45. Хотя картины распределения интенсивности в выходные дни для разных дорог примерно одинаковы, интенсивность движения на маршрутах, связанных с поездками на отдых, по субботам и воскресеньям значительно превышает интенсивность движения в обычный день недели. Обратная картина наблюдается на городских улицах, интенсивность движения по которым в выходные дни меньше среднесуточной интенсивности за неделю. Тот факт, что в пятницу в городских районах наблюдается пиковая интенсивность движения является показателем образа жизни людей, поскольку пятница — последний день недели, день совершения розничных покупок в центральном деловом районе и в районных торговых центрах и, кроме того, в пятницу люди выезжают на выходные дни за город.

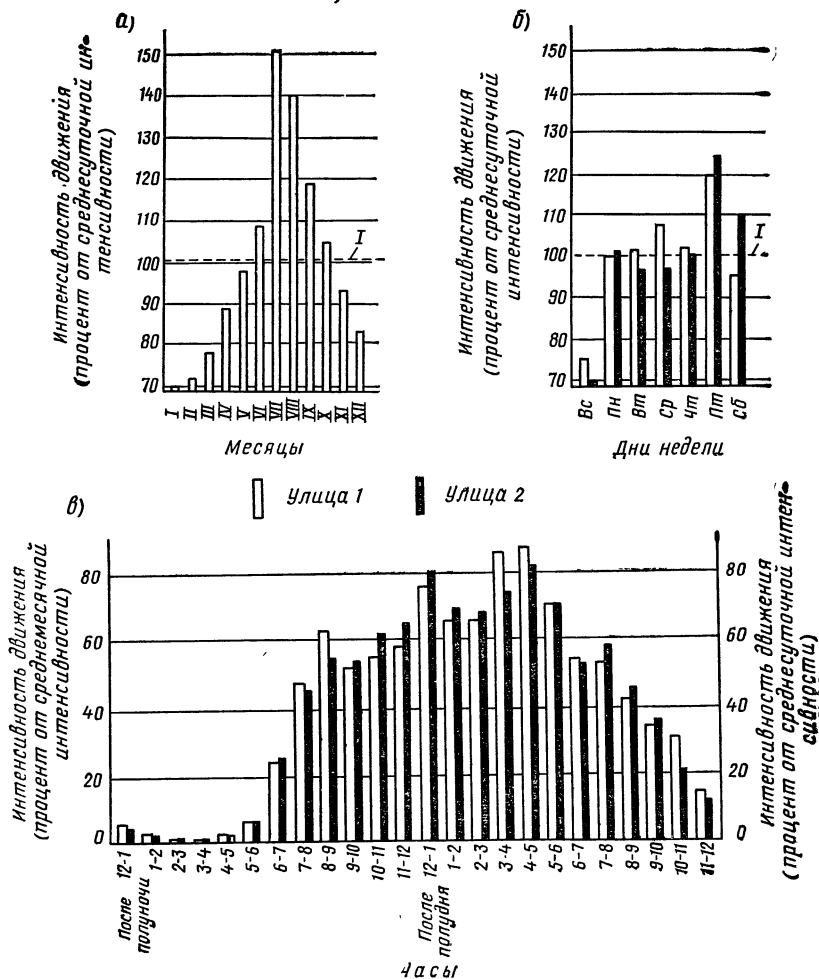


Рис. 46. Изменение интенсивности движения:
 а — в течение года; б — в течение недели; в — в течение суток;
 1 и 2 — улицы;
 I — среднесуточная интенсивность

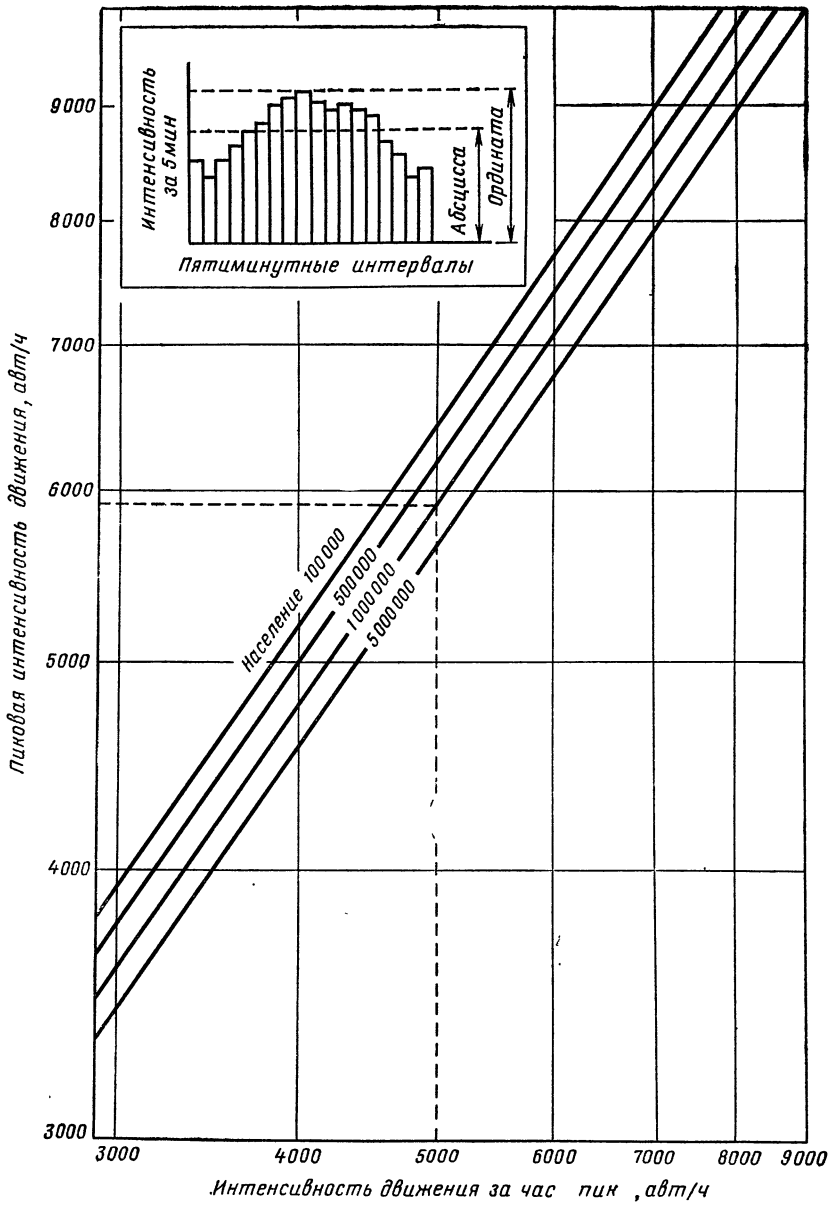


Рис. 4.7. Определение интенсивности движения за пиковый пятиминутный интервал по интенсивности движения за весь час пик:
 пунктирная линия построена для следующего примера: население города 1 000 000 чел.; интенсивность движения 5000 авт/ч; интенсивность движения в пиковый период 5900 авт/ч

Распределение интенсивности в течение суток часто отражает пиковые потребности в транспортных услугах, обеспечиваемых дорожными сооружениями. Типичное распределение интенсивности в течение суток было приведено на рис. 4.2. Данные представлены для внутриштатной автомобильной дороги, проходящей через сельскую местность. Утренние и вечерние часы пик соответствуют поездкам из дома на работу и с работы домой соответственно. Однако в конце недели изменения интенсивности в течение дня являются менее заметными, за исключением пика, соответствующего позднему вечеру воскресенья, когда путешественники возвращаются в город. На рис. 4.6 показано изменение интенсивности движения на одной из улиц 1 небольшого города в течение года, недели и суток в сравнении с другой улицей 2, находящейся в этом же городе. Это сравнение обнаруживает сходство характера изменения интенсивности движения за сутки и в течение часа.

Пиковые интервалы, наблюдаемые в течение часа. Определение пиковых характеристик базируется в основном на измерениях интенсивности за пятиминутный интервал времени, хотя в некоторых исследованиях интенсивность в пиковые часы регистрировалась за интервалы в 6 или 15 мин. Пример определения интенсивности движения в пиковые часы за пятиминутный интервал времени вместе с данными о населении изучаемого района приведен на рис. 4.7. Как видно, часовая интенсивность зависит главным образом от амплитуды колебаний интенсивности за короткие промежутки времени. Эти изменения обычно меньше «часовых» изменений, но они тем не менее характеризуют моменты наибольшего спроса на предмет использования дорог. Применение данных об изменении интенсивности в пиковые часы к проблемам анализа пропускной способности дорог описано в гл. 8 «Пропускная способность автомобильной дороги».

Существуют определенные отношения между различными значениями «часовых» интенсивностей

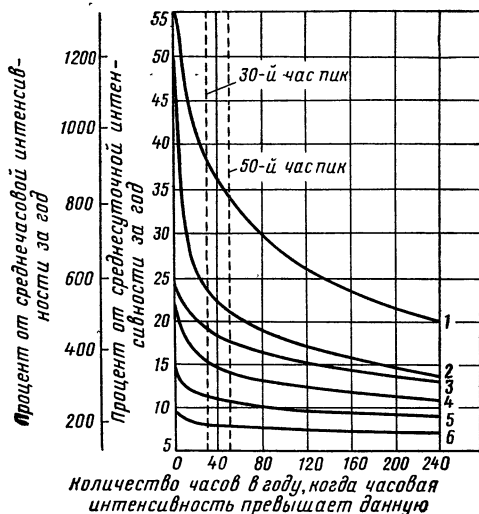


Рис. 4.8. Часовые интенсивности на маршрутах различного типа, измеренные в часы пик:

1 — наиболее популярный маршрут, ведущий к местам отдыха; 2 — один из возможных маршрутов, ведущий к местам отдыха; 3 — второстепенный маршрут, ведущий в сельскую местность; 4 — основной маршрут, ведущий в сельскую местность; 5 — пригородный маршрут; 6 — городская магистраль

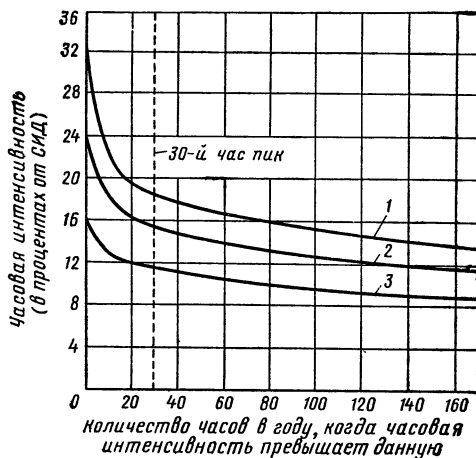


Рис. 4.9. Соотношение между интенсивностью в часы пик и среднесуточной интенсивностью движения для основных магистралей в сельской местности:

1 — превышает в 15% мест; 2 — дорога со средними по величине изменениями интенсивности движения; 3 — превышает в 85% мест

и среднесуточной интенсивностью движения (СИД), представляющей собой полную интенсивность движения за данный период времени (большой, чем сутки и меньший, чем год), поделенную на число дней, содержащееся в этом периоде. Типичные серии кривых интенсивности приведены на рис. 4.8, на котором процент среднечасовой интенсивности за год и процент среднесуточной интенсивности за год отложены по оси ординат в уменьшающемся порядке в зависимости от количества часов года. Хотя эти кривые образуют семейство примерно аналогичных по форме кривых, функциональные характеристики данного маршрута определяют разницу масштабов ординат в области наибо-

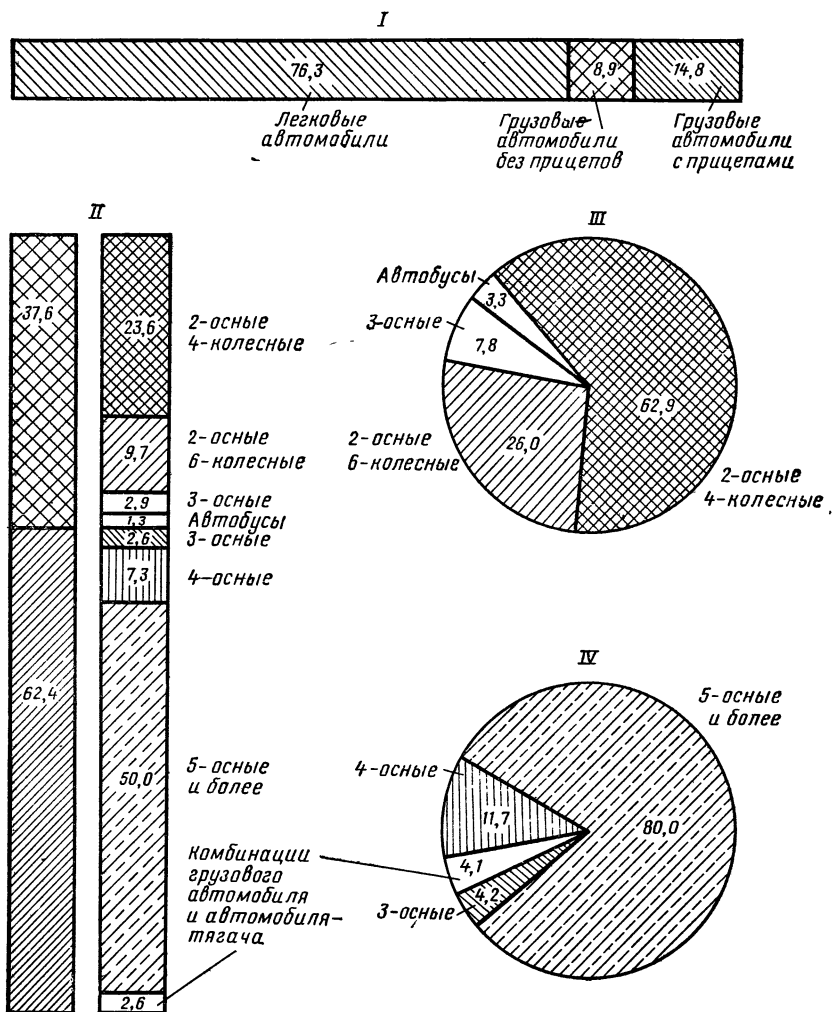


Рис. 4.10. Состав транспортных потоков на внутриштатных дорогах в сельской местности:

I — процент от общего количества автомобилей в потоке; *II* — процент от общего количества грузовых автомобилей; *III* — процент от общего количества грузовых автомобилей без прицепа и автобусов; *IV* — процент от общего количества сельских автомобилей-тягачей с полуприцепами и комбинации грузовых автомобилей и автомобилей-тягачей

лее высоких значений «часовых» интенсивностей, наблюдаемых в течение года. Наибольшие изменения часовой и среднесуточной интенсивности движения за год относятся к поездкам в зоны отдыха. Эти поездки имеют место лишь несколько раз в году, но на их долю приходится большая часть полного объема годового дорожного движения. На городских маршрутах изменение интенсивности движения по часам года распределены более равномерно.

Учитывая экономические аспекты при планировании и проектировании дорожных сооружений, значения часовых интенсивностей часто выбирают в зависимости от соотношений между процентом среднесуточной интенсивности за год и количеством часов пик в год для дороги данного типа. Наиболее выраженное расхождение между этими кривыми, как видно из рис. 4.8, наблюдается от 20-го до 50-го часа пик. Если значение часовой интенсивности выбирается в левой части этой области (т. е. для некоторого количества часов, меньших чем 20-й час), то заметное увеличение конструктивных требований позволит обеспечить процесс движения в течение срока, на несколько часов превышающего первоначально выбранный. С другой стороны, выбор часовой интенсивности, лежащей справа от 50-го часа пик, приводит лишь к очень небольшому уменьшению процента часовой интенсивности проекта по отношению к существующей интенсивности или предполагаемой среднесуточной интенсивности. Многие проектные дорожные организации выбрали часовую интенсивность на уровне 30-го часа пик (30 ЧП), поскольку при определении проектной часовой интенсивности (ПЧИ) эта точка является «точкой поворота», хотя при проектировании можно выбрать любое значение часовой интенсивности в пиковый период.

Отношение проектной часовой интенсивности к среднесуточной интенсивности движения для года, рассматриваемого проектом, обозначается буквой K . Принято обычно определять ПЧИ перемножением рассчитанной или предполагаемой СИД и K , как показано в главе 14 «Геометрическое проектирование». Отношение 30 ЧП к СИД для основных дорог в сельской местности, часто используемое для оценки K , имеет среднее значение, равное примерно 15%. Вообще это отношение меняется в диапазоне от 12 до 18%. Для городских дорожных сооружений средняя величина этого отношения равна примерно 11%, изменяясь от 7 до 18%. Для оценки величины K можно также взять отношение часовой интенсивности, соответствующей любому другому часу пик, к среднесуточной интенсивности. Зависимость часовой интенсивности в процентах от среднесуточной интенсивности движения для количества часов пик в году, представленная на рис. 4.9, иллюстрирует размеры диапазона, в пределах которого величина этого отношения соответствует 70% часов пик для типичных дорожных условий, встречающихся на основных дорогах, проходящих через сельскую местность.

Состав транспортного потока обычно измеряется процентным соотношением между количеством грузовых автомобилей и автобусов, находящихся на данном участке дороги. Состав транспортных потоков, движущихся по дорогам для разных типов автомобилей, представлен на рис. 4.10. Хотя легковые автомобили составляют 79% от всего количества автомобилей, движущихся по дорогам, распределенным в сельской местности, примерно 56% автомобилей является грузовыми, а оставшиеся 44% составляют различные комбинации грузовых автомобилей. Общей тенденцией является увеличение доли пятиосных автомобилей с полуприцепами (рис. 4.11).

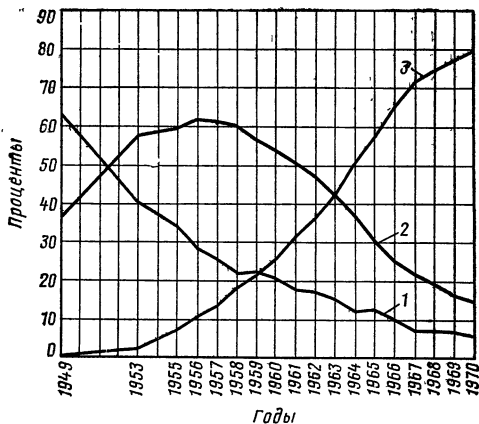


Рис. 4.11. Тенденция изменения соотношения между размерами полуприцепов:
1 — 3 осные, 2 — 4-осные, 3 — 5-осные

Для увеличения грузоподъемности крупных грузовых автомобилей оси большинства из них можно перемещать в различные положения. К примеру, спаренные оси автомобилей, предназначенных для перевозки тяжелых грузов с высокой плотностью, разводят на большее расстояние, чем в случае обычных грузов. Эти «разведенные тандемы» при определении максимальных нагрузок с полным правом можно рассматривать как одноосные. Такие тандемы очень широко применяются в комбинациях пятиосного автомобиля-тягача с полуприцепом.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Оценка степени удобства поездки на автомобиле связана со скоростью движения или с ее обратной величиной — продолжительностью поездки. По возможности водители ездят со скоростями, которые, по их мнению, являются наиболее оптимальными для данного вида поездки. Причинами, влияющими на выбор скорости, являются состояние водителя и автомобиля, дороги и дорожного движения, состояние окружающей среды. Скорость движения является важной характеристикой транспортных перевозок, поскольку она связана с экономичностью, безопасностью, временем и качеством обслуживания (комфорт и удобства).

Скорость (как вектор) транспортного средства есть отношение величины его перемещения (как вектора) к интервалу времени (как к скаляру¹), за которое это перемещение произошло. Однако инженер по организации дорожного движения интересуется только величиной, а не точным направлением вектора скорости. По этой причине скорость (как скаляр) движения автомобиля определяется как отношение длины пройденного пути (как скаляра) ко времени, за которое пройден этот путь.

Из приведенного выше определения скорости можно вывести два различных типа средней скорости, необходимых для выражения скорости движения транспортного потока. Это средняя мгновенная скорость, являющаяся средним значением ряда мгновенных скоростей, измеренных на данном отрезке дороги. Обычно ее рассчитывают как средний результат нескольких значений мгновенной скорости, измеренной на определенном участке дороги.

$$\bar{u}_t = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n},$$

где \bar{u}_t — средняя мгновенная скорость; u_i — мгновенная скорость i -го автомобиля; n — число автомобилей, выбранных в качестве объектов для измерений скорости.

Ко второму типу скорости относят скорость совершения поездки, которая численно равна длине определенного отрезка пути, деленной на среднюю продолжительность нескольких поездок по этому участку пути. Среднюю скорость поездки определяют из следующего соотношения

$$\bar{u}_s = \frac{dn}{\sum_{i=1}^n t_i},$$

где \bar{u}_s — средняя скорость поездки; d — пройденное расстояние; n — количество поездок, выбранных для определения времени; t_i — продолжительность i -й поездки.

Для данного элемента транспортного потока средняя мгновенная скорость всегда превышает среднюю скорость поездки. Исключение составляет случай, когда все автомобили транспортного потока едут с одинаковой скоростью. В этом частном случае два упомянутых типа скорости равны между собой. Результаты измерений двух типов скоростей представлены в табл. 4.1. Приближенное соот-

¹ Величина, для определения которой (в отличие от вектора) достаточно задать ее численное значение.

ношение между средней мгновенной скоростью и скоростью поездки определяется выражением

$$\bar{u}_t = \frac{\bar{u}_s^2 + \sigma_s^2}{\bar{u}_s}$$

где \bar{u}_t — средняя мгновенная скорость; u_s — средняя скорость поездки; σ_s^2 — дисперсия значений средней скорости поездки.

Значения средних скоростей поездки являются функцией плотности движения, а средние значения мгновенных скоростей — функцией интенсивности.

Факторы, определяющие скорость движения. На скорость движения автомобиля влияют многие факторы, которые удобно свести к следующим категориям: водитель, автомобиль, дорога, транспортный поток и окружающая среда.

Хотя влияние фактора водитель на скорость движения в широком масштабе не изучалось, можно утверждать, что пол водителя и наличие в автомобиле пассажиров оказывают меньшее влияние на характеристики мгновенной скорости, чем протяженность маршрута поездки. Это объясняется тем, что чаще всего водители, совершающие поездки на большие расстояния, имеют более новые автомобили и едут с большей скоростью, чем водители, совершающие поездки по местным маршрутам. Следует также отметить, что с увеличением дальности поездки скорость движения возрастает. Одиночные водители склонны передвигаться с большей скоростью, чем водители с пассажирами. Наконец, заслуживает внимания такой факт, что водители женщины едут примерно с той же средней скоростью (или немного меньшей), что и водители мужчины. С опасо высокими скоростями ездят чаще всего мужчины, а не женщины, причем разведенные мужчины и женщины, а также одинокие женщины ездят с большей скоростью, чем женатые мужчины и замужние женщины.

Среди различных факторов, влияющих на величину мгновенной скорости движения автомобиля, наиболее существенными факторами являются тип автомобиля (легковой, грузовой) автомобиль без прицепа, комбинация грузового автомобиля с прицепом или автобус), а также его техническое состояние. Средняя скорость движения автобусов в США соответственно выше средней скорости легковых автомобилей. Грузовые автомобили двигаются со скоростями существенно меньшими. Наиболее широкий диапазон изменения скорости характерен для легковых автомобилей.

На величину фактической скорости движения автомобиля, выбранной водителем, наиболее существенно влияют факторы, связанные с типом и состоянием дороги: ее кривизна в плане, величина и длина уклонов, число полос движения и тип дорожного покрытия, географическое положение дороги, расстояние видимости, ширина дороги и частота расположения пересечений. На дорогах в сельской местности и на городских скоростных автомагистралях скорость движения определяется геометрией элементов этих дорог. Скорость движения по улицам города зависит в основном от повторяющихся «пиков» интенсивности движения, методов и средств регулирования уличного движения, ситуаций на перекрестках, а также других физических и физиологических помех движению, свойственных городской среде. Таким образом, классификация дорог влияет на характеристики скорости движения. Закономерности изменения скорости движения, обусловленные типом дороги, сохраняются также и во всем диапазоне изменения интенсивности движения — от низкой до высокой. При переходе от рассмотрения движения по дорогам в сельской местности к рассмотрению движения в городе можно заметить, что средние значения мгновенной скорости уменьшаются. Влияние категории дороги на скорость движения автомобилей по городским дорогам можно оценить на примере автомагистралей в г. Детройте, где наблюдались следующие диапазоны изменения средней скорости: на скоростных магистралях от 64 до 97 км, на магистралях с непрерывным движением — от 51 до 64 км/ч, на магистралях с регулируемым движением — от 35 до 51 км/ч и на регулируемых магистралях в деловых районах города — менее 35 км/ч. Кроме того, следует отметить, что средние скорости движения на улицах с односторонним движением выше, чем на улицах с двусторонним движением.

На кривых в плане скорость движения автомобилей ниже скорости движения на прямолинейных участках дороги и по мере возрастания степени кривизны.

в плане значение средней мгновенной скорости приближается к проектной скорости, рассчитанной для данной дороги. Кроме того, следует добавить, что средняя мгновенная скорость на кривых в плане с малой расчетной скоростью близка к расчетной скорости, а средняя мгновенная скорость на кривых в плане с высокой расчетной скоростью существенно меньше расчетной скорости и приближается к скорости, наблюдаемой на прямолинейном участке дороги. Между наблюдаемыми значениями скорости движения автомобиля и кривизной в плане для дорог в сельской местности имеет место следующее линейное соотношение.

$$\bar{u} = 46,26 - 0,746D,$$

где \bar{u} — средняя мгновенная скорость, км/ч; D — кривизна кривой, град

Аналогичное линейное соотношение было установлено для дорог, расположенных в сельской местности Англии, при изучении влияния кривых в плане и продольного профиля дороги на величину скорости движения:

$$\Delta \bar{u} = 1,22D + 1,37G,$$

где $\Delta \bar{u}$ — уменьшение средней мгновенной скорости, км/ч; G — средняя величина подъема, %.

Продольный профиль дороги наиболее заметно оказывает влияние на скорость движения грузовых автомобилей по сравнению с легковыми. Средняя мгновенная скорость на спусках по сравнению со скоростью движения на горизонтальных прямолинейных участках увеличивается до 5% для грузовых и до 3% для автобусов и легковых автомобилей. При изучении способности тяжелых грузовых автомобилей преодолевать подъемы было установлено, что на подъеме скорость уменьшается почти линейно с увеличением длины подъема до того момента, пока автомобиль не достигнет скорости «вползания», после чего он движется на подъеме с этой минимальной скоростью. В табл. 4.2 представлены типичные значения изменений скорости и соответствующие им скорости «вползания» для уклонов различной величины. На рис. 4.12 представлены зависимости скорости от расстояния, характеризующие движение тяжелых грузовых автомобилей на подъемах.

Если говорить о влиянии географического положения дорог, то средние скорости движения на основных внегородских магистралях в центральных и западных районах США выше средних скоростей, наблюдаемых в восточном районе, на 6—11 км/ч. Эти различия, по-видимому, объясняются различными топографическими условиями, а также различием в ограничениях, накладываемых в разных районах на верхний предел скорости.

Изучение характера изменения мгновенной скорости движения в зависимости от положения полосы движения на трехполосных дорогах с разделительной полосой показало, что средние скорости движения по двум крайним

Таблица 4.1

Пример расчета средней мгновенной скорости и средней скорости поездки

Номер автомобиля	Время, затраченное на преодоление 58 м, с	Скорость, км/ч	Номер автомобиля	Время, затраченное на преодоление 58 м, с	Скорость, км/ч
1	1,9	101,4	6	2,0	96,5
2	2,1	91,7	7	2,2	88,5
3	2,1	91,7	8	2,0	96,5
4	1,8	107,8	9	1,7	98,1
5	2,3	83,7	10	1,9	101,4

Примечание. Среднее время 2 с. Средняя скорость поездки 96,5 км/ч. Средняя мгновенная скорость 97,5 км/ч.

**Уменьшение скорости движения на подъеме длиной 300 м
для тяжелых грузовых автомобилей**

Уклоч. %	Потеря скорости, км/ч	Скорость «вползания», км/ч	Уклон, %	Потеря скорости, км/ч	Скорость «вползания», км/ч
2	3,2	37,0	5	24,5	14,5
3	8,0	28,0	6	37,0	11,2
4	15,0	19,3	7	53,5	9,6

полосам линейно уменьшаются при возрастании интенсивности движения, в то время как средняя скорость движения по центральной полосе выше скорости движения по крайним полосам и не изменяется при изменении интенсивности движения. При переходе от разделительной полосы через среднюю к крайним полосам движения, имеющимся на многополосных скоростных магистралях, средние значения мгновенных скоростей уменьшаются. Заметное уменьшение скорости движения автомобилей по крайней правой полосе движения приписывается наличию на ней грузовых автомобилей, а также помех, обусловленных движением как правоповоротных, так и потоков, вливающих в основной поток.

Ограниченные размеры полос движения на двухполосных дорогах обычно вызывают уменьшение средней скорости движения на 2—5 км/ч. Водители грузовых автомобилей меньше подвержены влиянию таких ограничений, чем водители легковых автомобилей. Наконец, мгновенные скорости движения по городским дорогам имеют тенденцию к уменьшению с возрастанием количества участков, создающих помехи движению, например, таких, как: перекрестки, железнодорожные переезды, зоны больниц или школ и пешеходные переходы.

Зависимость скорости — интенсивности для данного типа дороги, находящейся в конкретном районе, часто представляется линейной функцией. Если интенсивность на данной дороге возрастает, то средняя скорость движения уменьшается почти по линейному закону до тех пор, пока интенсивность движения не достигнет пропускной способности, соответствующей типичным условиям движения. На рис. 4.13 показана зависимость скорости от средней интенсивности движения идеального непрерывного потока транспортных средств по полосам многополосных дорог сельской местности для различных значений средней скорости движения. При плотностях транспортных потоков, превышающих критическую плотность, интенсивность и скорость движения уменьшаются соответственно до значений, меньших максимальной интенсивности и оптимальной скорости. Эта зависимость представлена на рис. 4.13 параболической кривой, начинающейся в точке, соответствующей пропускной способности дороги или максимальной интенсивности. Как видно из рис. 4.13, в этом случае при уменьшении интенсивности скорость движения падает и кривая оканчивается в начале координат, соответствующем интенсивности движения, равной нулю.

Зависимость скорость — плотность. Скорость связана с плотностью транспортного потока функциональной зависимостью. Это соотношение, как видно из рис. 4.14, часто носит линейный характер, причем график зависимости средней скорости поездки от средней плотности характеризуется отрицательным наклоном, а максимальная интенсивность или пропускная способность конкретной дороги, соответствующая средней или критической плотности потока, локализована в середине расстояния. Средняя скорость, соответствующая критической плотности, определяется как оптимальная скорость, и точка, ей соответствующая, располагается посередине расстояния между максимальной средней скоростью, соответствующей минимальной плотности, и точкой, соответствующей «нулевой» интенсивности или максимальной плотности. Недавно получены нелинейные соотношения между средней скоростью и средней плотностью; характеризующие уменьшение скорости при уменьшении интенсивности для случая увеличения плотности

потока. Эти соотношения рассматриваются в гл. 7 «Теория транспортных потоков».

Условия для совершения обгона. Как правило, обгон совершается при разности в скорости обгоняющего и обгоняемого автомобиля, равной примерно 16 км/ч, причем скорость обгоняющего автомобиля примерно на 10 км/ч превышает среднюю скорость движения потока в целом.

Ограничение въезда на дороги часто является заранее предусматриваемым условием при проектировании современных дорог. В районах сельской местности степень ограничения въезда на дорогу, очевидно, слабо влияет на величину мгновенной скорости, зато в пригородной зоне и в городских районах с ростом ограничений въезда на дороги величина средней скорости движения растет. Средние скорости при полностью ограниченном въезде на дороги, расположенные в сельской местности, в пригородных и городских районах, по данным исследований на 4, 17 и 34 км/ч превышают соответствующие средние значения скоростей, характерных для дорог с неограниченным въездом.

Факторы, определяющие окружающую среду и связанные со временем и погодой, приобретают важное значение при оценке характеристик скорости. Начиная с 1942 г. средняя скорость движения по основным дорогам в сельской местности непрерывно увеличивается с темпом роста, равным примерно 1,6 км/ч в год. Измерения скорости движения автомобилей в различное время года свидетельствуют о том, что средние скорости движения максимальны осенью и зимой, средни — весной и минимальны — летом. Относительно изменений средней скорости для данной дороги в течение суток в литературе приводятся противоречивые данные. Тем не менее известно, что средние мгновенные скорости движения в дневное время примерно на 2 км/ч в городских районах и на 3—13 км/ч в сельской местности выше соответствующих значений скоростей для вечернего времени.

Неблагоприятное состояние дорожного покрытия в большей степени способствует уменьшению скорости, чем плохая видимость. Уменьшение средней мгновенной скорости вследствие погодных условий составляет 7—23% при плохой видимости, 4—38% при плохом состоянии дорожного покрытия и 10—24% при плохой видимости и плохом состоянии покрытия одновременно.

Статистические модели скорости движения. Изменения средней мгновенной скорости движения автомобилей по двухполосным доро-

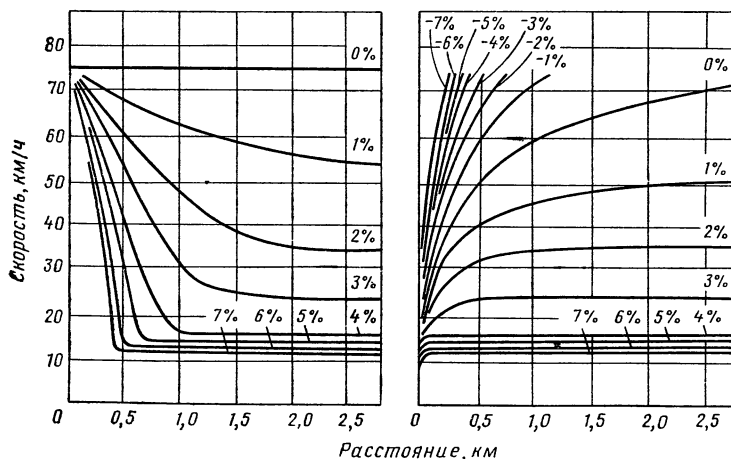


Рис. 4.12. Зависимость скорость—расстояние для типичного тяжелого грузового автомобиля:

слева — при замедлении; справа — при ускорении

Величина подъема и уклона обозначена цифрами в процентах соответственно со знаком минус

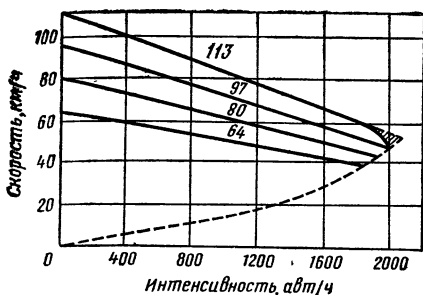
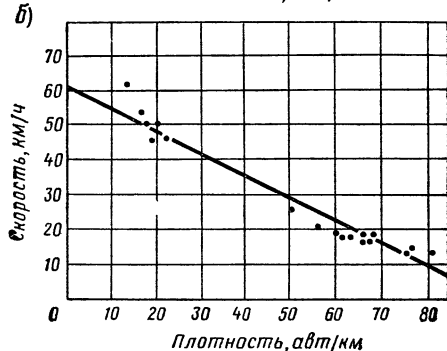
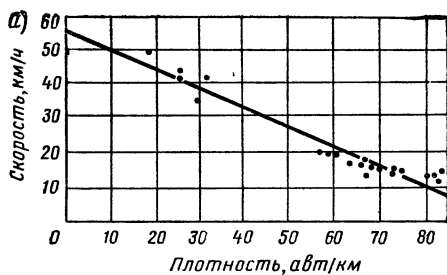


Рис 4 13. Зависимость интенсивность—скорость, построенная для движения идеального непрерывного потока автомобилей, движущегося по одной из многополосных дорог в сельской местности. Средняя скорость движения по дорогам в километрах в час показана цифрами над кривыми

Рис 4 14. Зависимость скорость—плотность:

а — внутренняя полоса; б — внешняя полоса



гам, расположенным в сельской местности, в большей степени обусловлены такими факторами, как параметры элементов плана и профиля дороги, наличие и количество придорожных сооружений, интенсивность движения. Факторный анализ позволил осуществить правильный выбор независимых переменных для многофакторной линейной регрессии со средней скоростью и получить следующее выражение для оценки средних скоростей движения на двухполосных дорогах, проходящих в сельской местности:

$$\bar{v} = 39,34 + 0,0267X_1 + 0,1396X_2 + 0,8125X_3 + 0,1126X_4 + 0,0007X_5 + \\ + 0,6444X_6 - 0,5451X_7 - 0,0082X_8,$$

где \bar{v} — средняя мгновенная скорость, миль/ч; X_1 — количество неисправных легковых автомобилей, %; X_2 — комбинация грузовых автомобилей (тягач с одним или более прицепами), %; X_3 — степень кривизны дороги, град; X_4 — величина уклона, %; X_5 — минимальное расстояние видимости, футы; X_6 — ширина полосы, футы; X_7 — сооружения вдоль дороги (количество на милю по обоим сторонам дороги); X_8 — интенсивность движения, авт/ч.

Такие независимые переменные, как степень кривизны дороги в плане, величина уклона, расстояние видимости и ширина полосы относятся к геометрическим характеристикам дороги, в то время как процент неисправных легковых автомобилей и комбинация грузовых автомобилей с прицепами, находящих в потоке, количество придорожных сооружений, а также интенсивность движения представляют собой меры конструктивных и функциональных ограничений, накладываемых на дорогу.

Метод многофакторного анализа линейной регрессии позволил построить модель для оценки скорости движения по четырехполосным дорогам, расположенным в сельской местности:

$$\bar{v} = 20,51 + 0,1147X_1 + 0,0005X_2 + 0,4333X_3 - 0,4072X_4,$$

где \bar{v} — средняя мгновенная скорость, миль/ч; X_1 — количество неисправных автомобилей, %; X_2 — минимальное расстояние видимости, футы; X_3 — установленный предел скорости, миль/ч; X_4 — придорожные сооружения (количество на милю вдоль обеих сторон дороги).

В этой модели для четырехполосных дорог, расположенных в сельской местности, конструктивные и функциональные ограничения количественно определены такими переменными, как процент неисправных автомобилей, установленный предел скорости, число придорожных сооружений, в то время как геометрической переменной является лишь минимальное расстояние видимости.

Эти модели, построенные для двухполосных и четырехполосных дорог в сельской местности, позволяют оценить значения \bar{h} с приемлемой степенью точности.

ИНТЕРВАЛЫ МЕЖДУ АВТОМОБИЛЯМИ

Распределение автомобилей в транспортном потоке в продольном направлении представляет собой картину распределения интервалов между последовательно расположенными автомобилями. Эта характеристика транспортного потока может измеряться либо в единицах времени, приходящихся на один автомобиль, либо в единицах расстояния, приходящегося на один автомобиль. Значение характеристик, связанных с интервалами между автомобилями, используется для оценки продолжительности задержек движения автомобилей при остановках, для определения интервалов, необходимых для пересечения данного потока другим потоком автомобилей или пешеходами, для изучения маневров, выполняемых при слиянии двух потоков, для определения времени прибытия автомобилей в заданные пункты или для определения продолжительности цикла работы систем светофорной сигнализации.

Интервал во времени, обратно пропорциональный интенсивности движения, представляет собой временной интервал между двумя последовательными прохождениями автомобилей через данную точку дороги и измеряется в секундах.

Продольное расположение транспортного потока можно также характеризовать интервалом по длине или дистанцией между последовательными автомобилями. Дистанция измеряется в единицах длины, причем в английской системе мер — в футах, а в метрической системе — в метрах. Дистанция обратно пропорциональна плотности транспортного потока. Средний интервал во времени и средняя дистанция связаны следующим соотношением:

$$\bar{d} = c \bar{h} \bar{v},$$

где \bar{d} — средняя дистанция, м (расстояние, приходящееся на один автомобиль);
 \bar{h} — средний интервал во времени, с (время в расчете на один автомобиль);
 \bar{v} — средняя скорость, км/ч (расстояние в единицу времени); c — константа (0,2778).

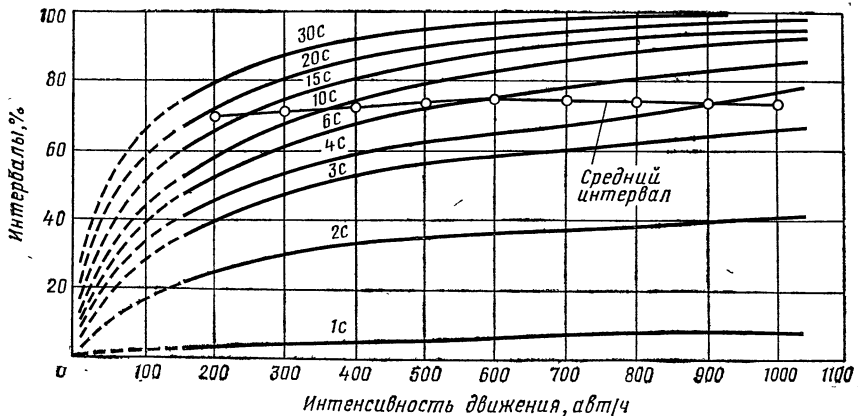


Рис. 4.15. Распределение интервалов во времени между автомобилями для двухполосных дорог

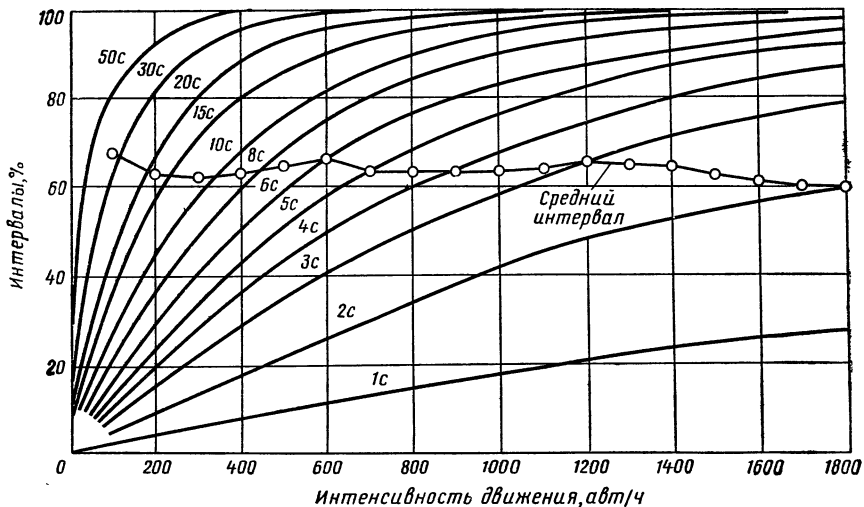


Рис. 4.16. Распределение интервалов во времени между автомобилями для четырехполосных дорог

Типичные распределения интервалов во времени для движения по двухполосным и четырехполосным дорогам в сельской местности представлены на рис. 4.15 и 4.16. Кривые соответствуют проценту наблюдаемых интервалов во времени, продолжительность которых меньше обозначенных значений интервалов для заданного уровня интенсивности движения.

Распределение Пуассона. При некоторых наиболее часто встречающихся условиях дорожного движения число автомобилей, проходящих через заданное сечение дороги за определенный интервал времени, подчиняется случайному распределению или распределению Пуассона. С точки зрения прибытия автомобилей в некоторое сечение дороги условия случайности определяются следующими требованиями:

каждый водитель определяет свое положение в потоке независимо от положения других автомобилей;

количество автомобилей, проходящих через некоторое сечение дороги данный промежуток времени, не зависит от количества автомобилей, проходящих через эту точку за любой другой такой же по длительности промежуток времени.

Распределением, удовлетворяющим вышеуказанным требованиям, является распределение Пуассона:

$$P(n/\bar{q}t) = \frac{e^{-qt} (qt)^n}{n!},$$

где $P(n/\bar{q}t)$ — вероятность прибытия n автомобилей в некоторое сечение дороги за промежуток времени t при условии, что средняя интенсивность движения составляет q автомобилей в единицу времени; n — число прибывающих автомобилей; q — средняя интенсивность движения (число автомобилей в единицу времени); t — промежуток времени, единицы времени.

Если вместо количества прибывающих автомобилей в приведенное выше уравнение подставить $n=0$, то получим формулу определения вероятности того, что за время t не прибедет ни одного автомобиля:

$$P(h \geq t) = e^{-qt}.$$

Сравнение теоретических значений распределения Пуассона с распределением наблюдаемых значений интервалов во времени, полученных для четырехполосных

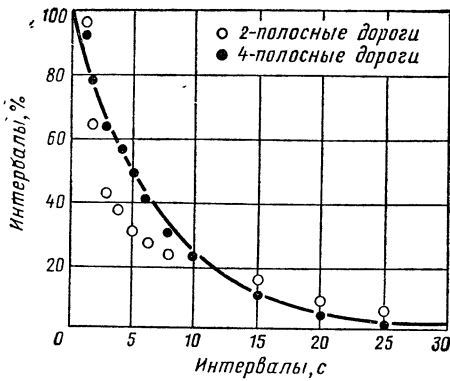


Рис. 4.17. Распределение теоретических и наблюдаемых интервалов для двухполосных и четырехполосных дорог с интенсивностью движения в одном направлении около 500 авт/ч

колонн или групп автомобилей, следующих за более медленно движущимися автомобилями. Эти две причины объясняют неполное соответствие кривых распределения теоретических и наблюдаемых значений интервалов для двухполосных дорог в сельской местности (см. рис. 4.17).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) характеризуют нарушения, происходящие в сфере взаимодействия водителя, автомобиля, дороги, дорожного движения и условий окружающей среды. Хотя число дорожно-транспортных происшествий является наиболее общим параметром, используемым для описания уровня аварийности, этот показатель часто является довольно грубой мерой, так как дорожно-транспортные происшествия, вообще говоря, представляют собой относительно редкое событие.

Дорожно-транспортные происшествия для различных участков дороги можно выразить в количестве происшествий на одного человека, на один зарегистрированный автомобиль или на число автомобилей на километр дороги. Число дорожно-транспортных происшествий в расчете на один автомобиле-километр является наиболее употребительным показателем, используемым для выражения степени относительной безопасности дороги или участков улицы. Однако с его помощью нельзя количественно оценить число дорожно-транспортных происшествий, происходящих на конкретном участке дороги, если не задана длина участка дороги, размеры перекрестка и кривой в плане или площадь участка слияния транспортных потоков. Когда же определено местоположение опасного участка с риском, равным единице, как, например, пересечение дорог, то число дорожно-транспортных происшествий находят как показатель (основанный на количественной мере), определяющий отношение дорожно-транспортных происшествий, происходящих в данном месте за данный период времени, к интенсивности движения автомобилей, проходящих через это место за тот же период времени.

Более полная характеристика распределения дорожно-транспортных происшествий во времени достигается при сочетании частоты дорожно-транспортных происшествий с оценкой степени их тяжести. Степень тяжести дорожно-транспортных происшествий иногда выражается числом происшествий со смертельным исходом в расчете на одного человека, на один зарегистрированный автомобиль, на один автомобиле-километр пробега или как средняя величина экономических

дорог в сельской местности, свидетельствует об их близком соответствии (рис. 4.17). Однако использование распределения Пуассона для описания реального распределения интервалов на двухполосных дорогах в сельской местности оказывается неэффективным. Такое несоответствие объясняется двумя причинами, характерными для движения по двухполосным дорогам: во-первых, несмотря на то что распределение Пуассона является непрерывным во всем интервале времени вплоть до момента $t=0$, это условие неприменимо к двухполосной дороге, поскольку каждый интервал во времени должен включать время, необходимое для преодоления автомобилем расстояния, равного его собственной длине, и, во-вторых, отсутствие возможности для обгона, в частности, при увеличении интенсивности движения приводит к образованию

потерь от дорожно-транспортных происшествий в год. Произведение числа автомобилей, участвующих в дорожно-транспортных происшествиях (происшествия в расчете на автомобиле-километр пробега), и тяжести происшествий (стоимостная оценка ущерба в расчете на одно происшествие) представляет собой экономическую оценку характеристик дорожно-транспортных происшествий, происходящих на участке дороги, так же как и мера, учитывающая частоту и тяжесть дорожно-транспортных происшествий. Пример применения такого метода дан на рис. 4.18—4.20, а зависимость числа дорожно-транспортных происшествий от скорости движения автомобилей по городским улицам показана на рис. 4.18 и 4.19. Произведение частоты происшествий и их тяжести дает возможность построить кривые экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий (см. рис. 4.20), которые более полно описывают характеристики дорожно-транспортных происшествий, являющиеся функциями скорости движения автомобилей по городским улицам.

Более подробную информацию, относящуюся к динамике изменения дорожно-транспортных происшествий, можно найти в гл. 9 «Анализ дорожно-транспортных происшествий».

Тенденции изменения количества дорожно-транспортных происшествий с течением лет. Объективность статистики дорожно-транспортных происшествий обеспечивается достоверностью информации о случаях ДТП.

Большая достоверность присуща информации о количестве ДТП со смертельным исходом. В табл. 4.3 представлена общая картина распределения дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом, происшедших на дорогах США за период с 1913 по 1972 г. Несмотря на увеличение парка автомобилей и их суммарного пробега, число смертельных исходов в расчете на определенное количество автомобилей и автомобиле-километров пробега уменьшается. В последнее время, однако, число смертельных исходов при ДТП в расчете

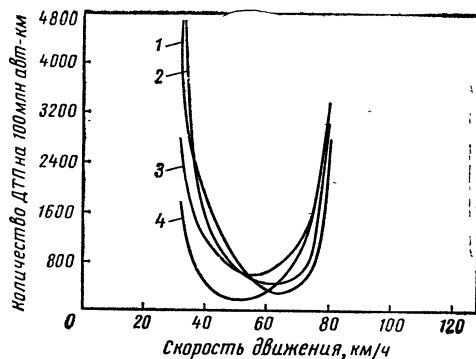


Рис. 4.18. Количество ДТП в зависимости от скорости движения по городским улицам: 1 — легковые автомобили, днем; 2 — грузовые автомобили, днем; 3 — легковые автомобили, вечером; 4 — грузовые автомобили, вечером

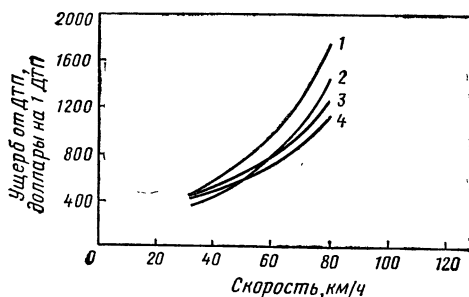


Рис. 4.19. Ущерб от ДТП в зависимости от скорости движения по городским улицам: 1 — грузовые автомобили, вечером; 2 — легковые автомобили, вечером; 3 — грузовые автомобили, днем; 4 — легковые автомобили, днем

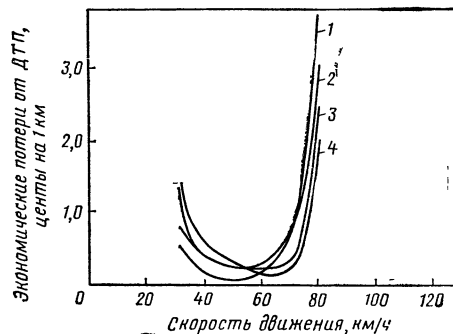


Рис. 4.20. Экономические потери от ДТП в зависимости от скорости движения: 1 — грузовые автомобили, вечером; 2 — грузовые автомобили, днем; 3 — легковые автомобили, вечером; 4 — легковые автомобили, днем

на душу населения начало увеличиваться. Характер изменения данных, связанных с дорожно-транспортными происшествиями в США с течением лет, показан на рис. 4.21 и 4.22.

Более детальная картина изменения количества случаев ДТП со смертельным исходом, связанных со столкновениями различного типа за период с 1913 по 1972 г., представлена в табл. 4.4.

Из 17 млн. дорожно-транспортных происшествий, зарегистрированных в США в 1972 г., 48,8 тыс. закончилось смертельным исходом, 1 млн. 400 тыс. ДТП было связано с ранениями и 15 млн. 600 тыс. — с материальным ущербом. Анализ ДТП со смертельным исходом за 1972 г. представлен на рис. 4.23. Все дорожно-транспортные происшествия разбиты на категории, представляющие интерес для инженеров по организации дорожного движения. Около 68% дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом приходится на сельскую местность, хотя вообще на эту территорию приходится менее половины всего объема движения. При этом следует заметить, что на городские районы приходится больше случаев гибели пешеходов. Несмотря на то, что интенсивность движения в дневное время превышает интенсивность движения в вечернее время,

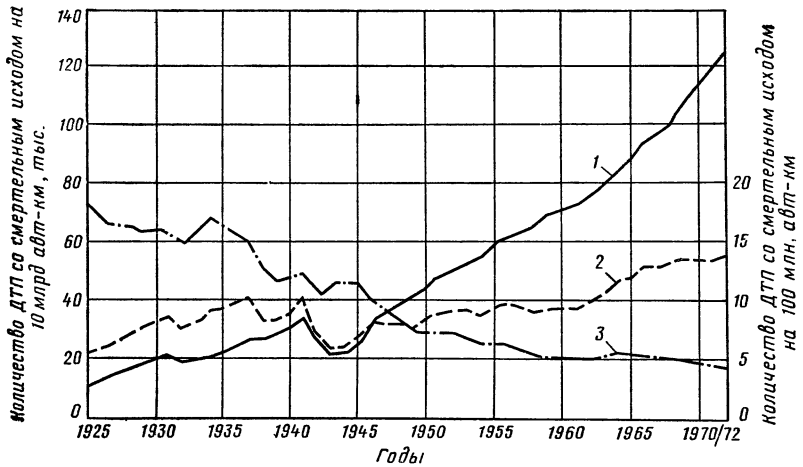


Рис. 4.21. Тенденции изменения пробега и числа ДТП со смертельным исходом: 1 — пробег (автомобиле-километры); 2 — количество ДТП со смертельным исходом; 3 — количество ДТП со смертельным исходом на 100 млн. авт-км

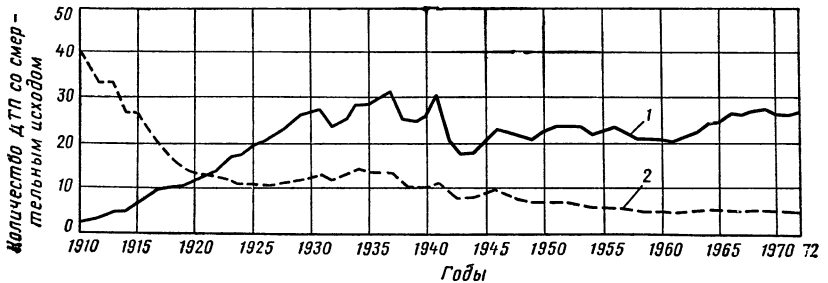


Рис. 4.22. Характер изменения количества ДТП со смертельным исходом: 1 — количество ДТП со смертельным исходом на 100 тыс. населения; 2 — количество ДТП со смертельным исходом на 10 тыс. зарегистрированных автомобилей

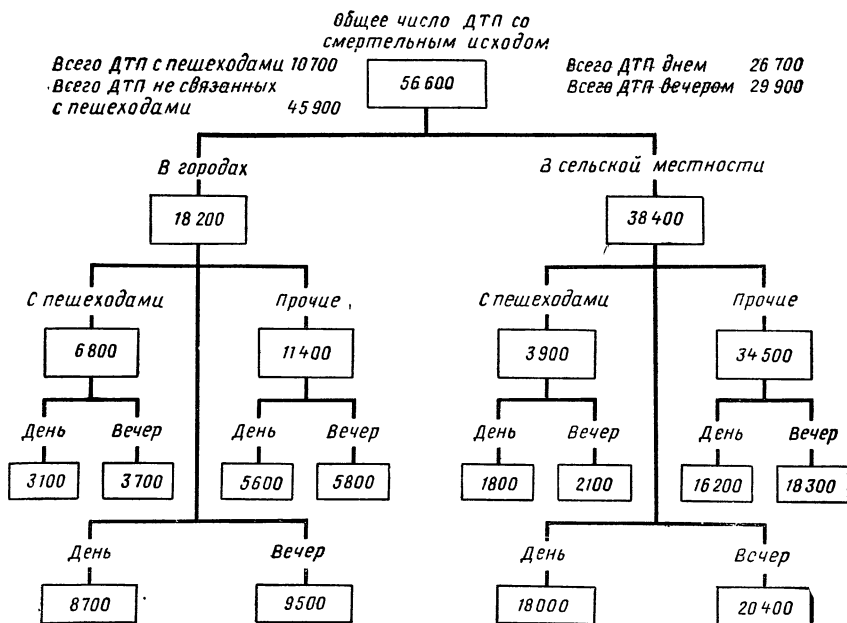


Рис. 4.23. Распределение ДТП со смертельным исходом по местам совершения и по часам суток

около 53% дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом приходится на вечернее время. На все виды поездок в дневное время на каждые 100 млн. авт. миль пробега приходится три дорожно-транспортных происшествия со смертельным исходом, а в вечернее время — восемь. Данные, приведенные в табл. 4.5, содержат характеристику места происшествия (городская зона или сельская местность) и направление движения автомобиля (автомобилей), явившегося участником ДТП. Наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий, связанных со смертью пешеходов, происходит в городах на участках улиц и дорог вне перекрестков. Большая часть дорожно-транспортных происшествий падает на столкновение двух автомобилей. Значительную категорию по частоте и тяжести дорожно-транспортных происшествий составляют случаи съезда автомобилей с проезжей части дорог и улиц.

В табл. 4.6 представлена классификация дорожно-транспортных происшествий, связанных с ошибками водителя при управлении автомобилем. Хотя скорость при определенных условиях движения является очень важным фактором, влияющим на тяжесть ДТП, наиболее общей ошибкой водителей, отмеченной среди всех случаев неправильного управления автомобилем, является нарушение рядности.

На рис. 4.24 представлены зависимости количества пострадавших и количества случаев разрушений при ДТП от скорости движения. Данные получены для основных городских магистралей. На рис. 4.25 представлена зависимость числа ДТП от скорости движения, полученная для различных условий движения по городским дорогам разных классов.

Установлено, что по меньшей мере в половине ДТП со смертельным исходом зачешаны нетрезвые водители. Кроме того, следует отметить, что на долю нетрезвых водителей приходится почти половина ДТП со смертельным исходом, в которых принимает участие один автомобиль. В аналогичной ситуации на долю трезвых водителей приходится около 35% случаев со смертельным исходом.

Таблица 4.3

Количество ДТП со смертельным исходом и экономические потери, связанные с ними за период с 1913 по 1972 г.

Годы	Число ДТП со смертельным исходом	Число авто-мобилей, млн	Пробег, млрд. км	Число водителей, млн.	Отношение числа ДТП со смертельным исходом			Экономические потери ¹ , млн. долл.
					на 10 000 авт.	на 1 млрд. км пробега	на 100 000 чел.	
1913—1917	6800	29	—	4,0	23,80	—	6,8	—
1918—1922	12700	9,2	—	14,0	13,90	—	11,9	—
1923—1927	21800	19,7	193	29,0	11,10	11,4	18,8	—
1928—1932	31050	25,7	320	38,0	12,10	9,7	25,3	1300
1933	31363	24,2	324	35,0	12,98	9,7	25,0	1350
1934	36101	25,3	348	37,0	14,29	10,4	28,6	1550
1935	36369	26,5	369	39,0	13,70	9,8	28,6	1550
1936	38089	28,5	405	42,0	13,36	9,6	29,7	1650
1937	39643	30,1	435	44,0	13,19	9,1	30,8	1800
1938	32582	29,8	437	44,0	10,93	7,5	25,1	1500
1939	32386	31,0	459	46,0	10,44	7,1	24,7	1500
1940	34501	32,5	48,6	4,80	10,63	7,1	26,1	1600
1941	39969	34,9	537	52,0	11,45	7,4	30,0	1900
1942	28309	33,0	432	49,0	8,52	6,5	21,1	1600
1943	23823	30,9	334	46,0	7,71	7,1	17,8	1250
1944	24282	30,5	344	45,0	7,97	7,1	18,3	1250
1945	28076	31,0	403	46,0	9,05	7,0	21,2	1450
1946	33411	34,4	550	50,0	9,72	6,1	23,9	2200
1947	32697	37,8	597	53,0	8,64	5,5	22,8	2650
1948	32259	41,1	640	55,0	7,85	5,1	22,1	2800
1949	31701	44,7	683	59,3	7,09	4,7	21,3	3050
1950	34763	49,2	736	62,2	7,07	4,7	23,0	3100
1951	36996	51,9	790	64,4	7,13	4,7	24,1	3400
1952	37794	53,3	827	66,8	7,10	4,6	24,3	3750
1953	37955	56,3	875	69,9	6,74	4,3	24,0	4300
1954	35586	58,6	903	72,2	6,07	3,9	22,1	4400
1955	38426	62,8	976	74,7	6,12	3,9	23,4	4500
1956	39628	65,2	1018	77,9	6,07	3,9	23,7	5000
1957	38702	67,6	1040	79,6	5,73	3,7	22,7	5300
1958	36981	68,8	1070	81,5	5,37	3,5	21,3	5600
1959	37910	72,1	1128	84,5	5,26	3,4	21,5	6200
1960	38137	74,5	1151	87,4	5,12	3,3	21,2	6500
1961	38091	76,4	1156	88,9	4,98	3,2	20,8	6900
1962	40804	79,7	1230	92,0	5,12	3,3	22,0	7300
1963	43564	83,5	1290	93,7	5,22	3,4	23,1	7700
1964	47700	87,3	1360	95,6	5,46	3,5	25,0	8100
1965	49163	91,8	1425	99,0	5,36	3,5	25,4	8900
1966	53041	95,9	1492	101,0	5,53	3,5	27,1	10000
1967	52924	98,9	1545	103,2	5,35	3,4	26,8	10700
1968	54862	103,1	1130	105,4	5,32	3,3	27,5	11300
1969	55791	107,4	1640	108,3	5,19	3,2	27,7	12200
1970	54800	111,2	1800	111,5	4,93	3,0	26,8	13600
1971	54700	116,3	1910	114,4	4,70	2,9	26,5	158 0
1972	56600	121,4	2015	118,2	4,66	2,8	27,2	19400

¹ Цифры, указывающие на экономические потери, не всегда можно сравнивать по годам.

Таблица 4.4

Количество случаев ДТП со смертельным исходом
в зависимости от вида ДТП за период с 1913 по 1972 г.

Годы	Общее количество ДТП со смертельным исходом	Случаи со смертельным исходом при столкновении с						Количество ДТП со смертельным исходом, не связанных с различными рода столкновениями
		пешеходами	другими автомобилями	поездами	трамваями	велосипедами	транспортными средствами, влекаемыми животными или с самими животными		неподвижными объектами
1913—1917	6 800	—	—	—	—	—	—	—
1918—1922	12 700	—	—	—	—	—	—	—
1923—1927	21 800	—	—	1 200	480	—	—	—
1928—1932	32 050	12 300	5 700	1 850	450	—	700	9 100
1933	31 363	12 840	6 470	1 437	318	400	310	9 680
1934	36 101	14 480	8 110	1 457	332	500	360	9 820
1935	36 369	14 350	8 750	1 587	253	450	250	9 720
1936	38 089	15 250	9 500	1 697	269	650	250	9 410
1937	39 643	15 500	10 320	1 810	264	700	200	9 690
1938	32 582	12 850	8 900	1 490	165	720	170	7 350
1939	32 986	12 400	8 700	1 330	150	710	200	7 900
1940	34 501	12 700	10 100	1 707	132	750	210	7 800
1941	39 969	13 550	12 500	1 840	118	910	250	9 450
1942	28 309	10 650	7 300	1 754	124	650	240	6 740
1943	23 823	9 900	5 300	1 448	171	450	160	5 690
1944	24 282	9 900	5 700	1 663	175	400	140	5 600
1945	28 076	1 100	7 150	1 703	163	500	130	6 600
1946	33 411	11 600	9 400	1 703	174	540	130	8 900
1947	32 697	10 450	9 900	1 736	102	550	150	8 800
1948	32 259	9 950	10 200	1 474	83	500	100	8 950
1949	31 701	8 800	10 500	1 452	56	550	140	9 100
1950	34 763	9 000	11 650	1 541	89	440	120	10 600
1951	36 996	9 150	13 100	1 573	46	390	100	11 200
1952	37 794	8 900	13 500	1 429	32	430	130	11 900
1953	37 955	8 750	13 400	1 506	26	420	120	12 200
1954	35 586	8 000	12 800	1 269	28	380	90	11 500
1955	38 426	8 200	14 500	1 490	15	410	90	12 100
1956	39 628	7 900	15 200	1 377	11	440	100	13 000
1957	38 702	7 850	15 400	1 376	13	460	80	11 800
1958	36 981	7 650	12 400	1 316	9	450	80	11 600
1959	37 910	7 850	14 900	1 202	6	480	70	11 800
1960	38 137	7 850	14 800	1 368	5	460	80	11 900
1961	38 091	7 650	14 700	1 267	5	490	80	12 200
1962	40 804	7 900	16 400	1 245	3	500	90	12 900
1963	43 564	8 200	17 600	1 385	10	580	80	13 800
1964	47 700	9 000	19 600	1 580	5	710	100	14 600
1965	49 163	8 900	20 800	1 556	5	680	120	14 900
1966	53 041	9 400	22 200	1 800	2	740	100	16 300
1967	52 924	9 400	22 000	1 620	3	750	100	16 700
1968	54 862	9 900	22 400	1 570	4	790	100	17 400
1969	55 791	10 100	23 700	1 495	2	800	100	15 700
1970	54 800	10 400	23 300	1 530	—	820	100	14 200
1971	54 700	10 600	23 300	1 500	—	850	100	13 700
1972	56 600	10 700	24 200	1 500	—	1 100	100	14 400
1962—1972	+39%	+35%	+48%	+20%	—	+120%	+11%	—
1971—1972	+3%	+1%	+4%	0%	—	+29%	0%	+5%

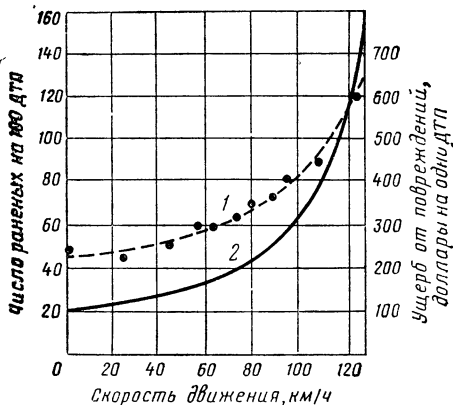


Рис. 4.24. Зависимость количества пострадавших и количества повреждений при ДТП от скорости движения:
1 — количество повреждений; 2 — количество раненых

Между числом дорожно-транспортных происшествий и интенсивностью движения установлено несколько типов корреляций. Соотношения между числом ДТП и интенсивностью движения по двух- и четырехполосным дорогам, расположенным в сельской местности, представлены на рис. 4.26. Аналогичные соотношения существуют и между количеством ДТП и величиной автомобиле-километров пробега в зависимости от времени суток (рис. 4.27).

Данные о типах автомобилей, участвующих в дорожно-транспортных происшествиях, содержатся в табл. 4.7. Из табл. 4.7 видно, что около 79% от числа зарегистрированных автомобилей составляют легковые автомобили. На эту категорию транспортных средств приходится 75% ДТП со смертельным исходом и 84,2% всех дорожно-транспортных происшествий. В категории грузовых автомобилей частота и тяжесть ДТП с участием грузовых автомобилей с прицепами в процентном отношении превышают те же показатели для автомобилей этого типа среди всех зарегистрированных грузовых автомобилей. Такое несоответствие обусловлено, по-видимому, тем фактом, что пробег грузовых автомобилей с прицепами, намного превышает пробег, приходящийся на другие типы грузовых автомобилей.

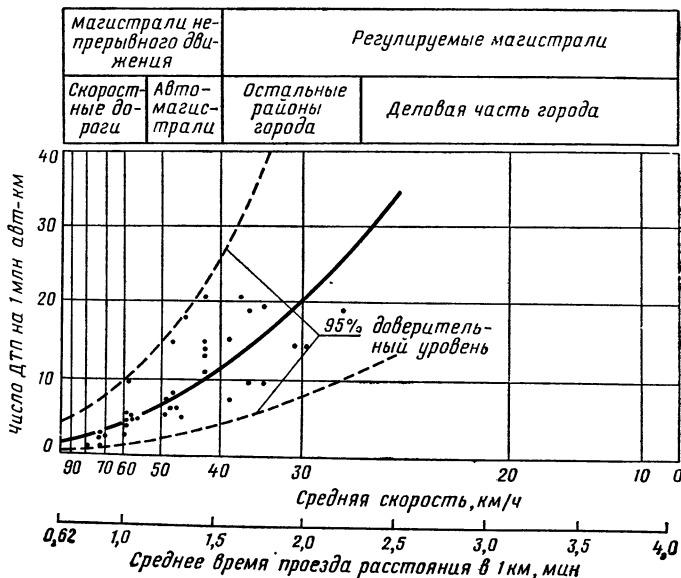


Рис. 4.25. Количество ДТП на 1 млн. авт-км пробега в зависимости от средней продолжительности движения для различных городских магистралей. Каждая точка обозначает городскую магистраль

**Анализ дорожно-транспортных происшествий за 1972 г.
с учетом направления движения автомобилей**

Место ДТП и направление движения автомобиля	ДТП со смертельным исходом, %			Остальные виды ДТП, %		
	Общее число	в городских районах	в сельской местности	Общее число	в городских районах	в сельской местности
Общее число ДТП	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
С участием пешехода	21,6	39,9	11,8	2,6	3,0	1,1
На перекрестке	5,8	15,1	0,9	1,0	1,1	0,1
Автомобиль движется прямо	5,1	13,2	0,9	0,8	0,8	0,1
» » направо	0,2	0,6	*	0,1	0,1	*
» » налево	0,4	0,9	*	0,1	0,2	*
Автомобиль совершает разворот	0,1	0,4	*	*	*	*
Прочие случаи	*	*	*	*	*	*
Вне перекрестков	15,8	24,8	10,9	1,6	1,9	1,0
Автомобиль движется прямо	15,1	23,5	10,6	1,5	1,7	1,0
» » направо	0,1	0,2	*	*	*	*
» » налево	*	0,1	*	*	*	*
Автомобиль совершает разворот	0,2	0,5	0,1	0,1	0,1	*
Прочие случаи	0,4	0,5	0,2	*	0,1	*
С участием двух автомобилей	38,7	32,2	42,1	76,8	85,2	55,6
На перекрестках	14,9	18,1	13,2	31,7	36,5	19,8
Автомобили въезжают на перекресток под углом друг к другу	10,5	12,4	9,5	15,1	17,4	9,3
Автомобили движутся в одном направлении:						
оба движутся прямо	0,4	0,4	0,4	2,4	3,0	0,8
один поворачивает, другой едет прямо	0,5	0,4	0,5	3,4	3,5	3,3
один стоит	0,4	0,3	0,5	4,4	5,1	2,4
Прочие случаи	0,1	*	0,1	0,8	0,9	0,7
Автомобили въезжают на перекресток с противоположных направлений:						
оба движутся прямо	0,8	1,2	0,6	0,9	1,1	0,4
один движется налево, другой прямо	2,1	3,3	1,5	4,3	5,1	2,5
Прочие случаи	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,4
Вне перекрестков	23,8	14,1	28,9	45,1	48,7	35,8
Оба движутся с противоположных направлений	15,5	6,1	20,5	3,9	2,8	7,0
Оба движутся в одном направлении	4,0	2,8	4,6	10,9	11,1	10,4
Один автомобиль находится на стоянке	1,2	2,4	0,6	11,3	14,5	3,0
Один автомобиль из потока остановился	1,2	1,3	1,1	10,4	12,1	6,3
Один автомобиль становится на стоянку	*	*	*	0,2	0,3	*
Один автомобиль выезжает со стоянки	0,1	0,1	0,1	1,0	1,7	1,3

Место ДТП и направление движения автомобиля	ДТП со смертельным исходом, %			О стальные виды ДТП, %		
	Общее число	в городских районах	в сельской местности	Общее число	в городских районах	в сельской местности
Один автомобиль въезжает на проезжую часть	0,8	0,5	1,0	2,4	1,8	3,4
Один автомобиль съезжает с проезжей части	0,5	0,5	0,5	2,9	3,0	2,5
Прочие случаи	0,5	0,4	0,5	1,5	1,4	1,9
Прочие виды столкновений	13,0	13,8	12,6	6,2	5,7	7,8
На перекрестках	1,6	3,6	0,7	1,5	1,7	1,2
Столкновения с: не автомобилями (поезда, велосипеды)	1,0	2,4	0,5	0,6	0,6	0,6
неподвижным предметом на дороге	0,6	1,2	0,2	0,9	1,1	0,6
Вне перекрестков	11,4	10,2	11,9	4,7	4,0	6,6
Столкновения с: не автомобилями (поезда, велосипеды)	3,5	2,2	4,0	0,9	0,6	1,9
неподвижными предметами на дороге	7,9	8,0	7,9	3,8	3,4	4,7
Другие виды ДТП	26,7	14,1	33,5	14,4	6,1	35,5
Съезд с дороги	24,3	12,1	31,0	11,9	4,9	29,4
На кривых в плане вне перекрестков	9,7	2,8	13,5	3,3	0,6	10,0
На прямолинейных участках дороги:						
вне перекрестков	12,9	7,9	15,7	7,1	3,3	16,5
на перекрестках	1,7	1,4	1,8	1,5	1,0	2,9
Опрокидывание на дороге	1,1	0,8	1,2	0,6	0,4	1,3
Выпадение человека из движущегося автомобиля	0,7	0,8	0,6	0,1	0,1	0,1
Прочие случаи	0,6	0,4	0,7	1,8	0,7	4,7

* Менее 0,05%.

Примечание. Данные таблицы получены от городских и государственных дорожных организаций, которые включают 100 городов с населением более 50 000 чел. и районы сельской местности — 14 штатов

Примерное сравнение данных о тяжести последствий ДТП в различных странах мира дано в табл. 4.8.

Влияние дорожных условий на количество дорожно-транспортных происшествий. Рассматривая влияние элементов горизонтального профиля дороги на степень безопасности движения можно отметить, что наиболее сильно на число ДТП влияет форма кривых в плане, причем увеличение кривизны дороги выше 8° приводит к резкому росту числа ДТП. Комбинированные влияния степени кривизны и частоты расположения кривых в плане на число ДТП отражены в табл. 4.9. Однако следует отметить, что предупреждающие знаки и знаки ограничения скорости, а также плакаты-схемы дороги являются эффективными средствами сокращения дорожно-транспортных происшествий на кривых в плане.

Характер взаимосвязи между числом дорожно-транспортных происшествий и крутизной спусков и подъемов не вполне ясен. Замечено, что число дорожно-транспортных происшествий растет с увеличением крутизны дороги. Рост числа дорожно-транспортных происшествий отмечался как на выпуклых, так и на вогнутых вертикальных кривых продольного профиля по сравнению с горизонтальными участками.

Ширина полосы движения является существенным фактором, влияющим на тяжесть дорожно-транспортного происшествия, причем количество ДТП для полос шириной менее 3,5 м сравнительно велико и неуклонно растет. При увеличении ширины разделительной полосы наблюдается общее уменьшение числа ДТП в расчете на 1 авт-км пробега. Кроме того, эта мера числа дорожно-транспортных происшествий имеет тенденцию к значительному увеличению с ростом количества разрывов в разделительной полосе.

Поскольку примерно 80% автомобилей, съезжающих с дороги, едут на расстоянии менее 10 м от края дорожного покрытия, то по крайней мере десятиметровая зона вдоль дороги должна быть свободной от различных придорожных сооружений.

Если же по некоторым соображениям практического или экономического характера такую зону безопасности нельзя обеспечить, то для снижения тяжести ДТП, обусловленных съездом с дороги автомобилей, вдоль обочины следует установить специальные ограждения.

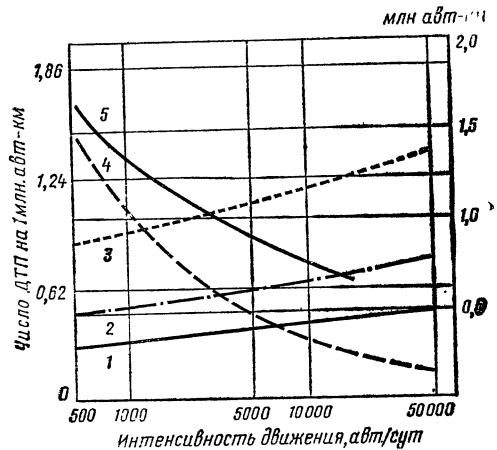


Рис. 4.26. Зависимость количества ДТП от среднесуточной интенсивности движения для участков дорог протяженностью 3,2 км различного типа:

1 — с полным ограничением на въезд; 2 — с частичным ограничением на въезд; 3 — без ограничения на въезд для четырехполосных дорог с участием нескольких автомобилей; 4 — для двух- и четырехполосных дорог с участием одного автомобиля; 5 — для двухполосных дорог с участием нескольких автомобилей.

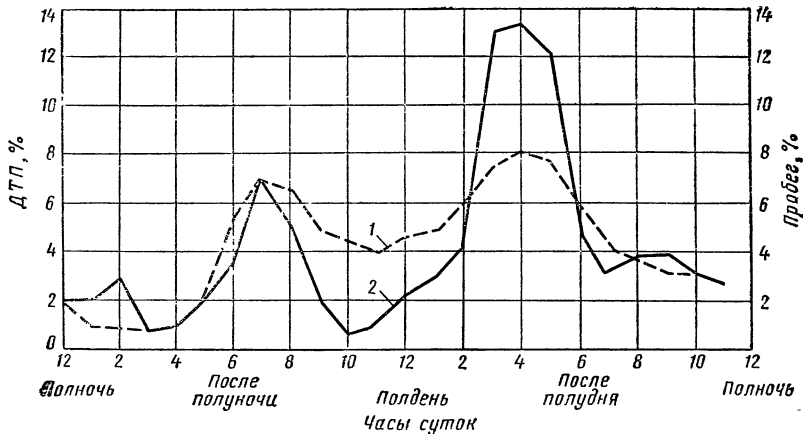


Рис. 4.27. Распределение ДТП и пробега по часам суток:

1 — пробег; 2 — число ДТП

ДТП, связанные с ошибками водителя при управлении автомобилем, %

Ошибки водителя при управлении автомобилем	ДТП со смертельным исходом			ДТП с ранением пост. адавших			Прочие* случаи ДТП		
	общее количество	для города	для сельской местности	общее количество	для города	для сельской местности	общее количество	для города	для сельской местности
Все типы нарушений	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Неправильное управление автомобилем	78,5	76,4	79,2	87,8	83,5	91,0	88,4	85,8	92,8
Превышение скорости**	26,9	20,1	28,4	19,3	11,5	25,1	14,6	8,2	24,9
На полосе отвода дороги	13,1	21,1	11,1	20,3	30,1	13,2	20,2	24,2	13,8
Неудачный выезд на дорогу	9,1	14,7	7,7	14,5	21,0	9,8	14,9	17,7	10,3
Проезд за знак «Стоп»	2,8	2,9	2,8	2,9	3,7	2,3	2,6	2,8	2,4
Просмотр знака	1,2	3,5	0,6	2,9	5,4	1,1	2,7	3,7	1,1
Въезд на встречную полосу	12,4	5,8	12,2	4,3	2,4	5,8	3,6	2,3	5,8
Неправильный обгон	1,9	2,0	1,9	1,9	1,4	2,3	3,0	3,1	2,7
Неправильный поворот	0,6	1,0	0,6	1,3	2,1	0,7	3,0	4,1	1,1
Несоблюдение безопасной дистанции	1,0	2,5	0,6	8,4	9,5	7,3	11,6	14,3	7,1
Прочие виды неправильного управления автомобилем	22,6	23,9	22,4	32,3	26,1	36,6	32,4	29,6	37,4
Неустановленные случаи неправильного управления автомобилем	21,5	23,6	20,8	12,2	16,5	9,0	11,6	14,2	7,2

* ДТП, связанные в основном с разрушениями, но включающие также случаи со смертельным исходом или с ранением.

** Включают случаи превышения скорости, необходимой при данных условиях движения.

Перекрестки и железнодорожные переезды создают разрывы в транспортных потоках и часто являются причиной возникновения ДТП, характер которых отличается от дорожно-транспортных происшествий, возникающих на остальных участках дорог. Вид оперативного регулирования движения, выбираемый для перекрестка, определяется функциональными характеристиками перекрестка дорог, его топографическими особенностями, геометрией перекрестка, интенсивностью движения на нем, скоростями движения автомобилей, картиной ДТП и характеристиками землеустройства.

Эффективным средством управления движением на перекрестках является светофорное регулирование. Однако и здесь имеются свои нюансы. Например, переход от односторонних светофоров к четырехсторонним приводит к тому, что общее количество дорожно-транспортных происшествий на перекрестках сокращается наполовину. И хотя общее количество ДТП на перекрестках после установки светофоров то увеличивается, то уменьшается, тяжесть ДТП часто снижается вследствие того, что дорожно-транспортные происшествия, вызванные столкновением двух движущихся друг за другом автомобилей, сменяются столкновением автомобилей, движущихся под прямым углом друг к другу.

Пересечения в различных уровнях создаются для повышения безопасности и эффективности пересечения, расчленения и слияния транспортных потоков, поэтому любое нарушение или изменение в системе «водитель — автомобиль — дорога — дорожное движение — окружающая среда» в пределах такого пересечения приводит к появлению дополнительных помех свободному движению потоков автомобилей. Зависимость числа ДТП в расчете на 100 млн. авт-км пробега от типа элементов пересечений, установленных в городской и сельской местности, представлена на рис. 4.28. Относительно безопасными считаются развязки, в которых основная скоростная магистраль проходит над второстепенной дорогой, а съезды с основной дороги размещены по меньшей мере в 225 м от пересечения. Въездные ramпы пересечений в разных уровнях в городских условиях имеют высокий уровень аварийности, а ramпы для съезда наиболее опасны (с точки зрения аварийности) в сельской местности. Безопасность съездов с основной дороги повышается при помощи дополнительных полос ускорения длиной не менее 240 м. Полосы торможения длиной не менее 70 м устраняют помехи движению на проезжей части и способствуют снижению числа ДТП. Помимо этого необходимо, чтобы на съездах с основной дороги и на въез-

Таблица 4.7

Типы автомобилей, участвующих в ДТП

Тип автомобиля	В ДТП со смертельным исходом		Во всех видах ДТП		Процент от общего числа зарегистрированных автомобилей*	Количество пострадавших, чел.
	Количество	%	Количество	%		
Все типы	70 900	1 ^(в)	29 100 000	100	100	1*
Легковые	53 400	75,3	24 500 000	84,2	79,2	35 100
Грузовые	12 700	17,9	3 500 000	12,0	17,1	5 500
Грузовые или седельные автомобили-тягачи	8 000	11,3	2 830 000	9,7	16,3	—
Седельные автомобили-тягачи с полуприцепами	3 700	5,2	440 000	1,5	0,8	—
Другие комбинации грузовых автомобилей с прицепами	1 000	1,4	230 000	0,8	—	—
Сельскохозяйственные тракторы и другие транспортные средства	200	0,3	22 000	0,1	2*	180
Автомобили-такси	200	0,3	180 000	0,6	0,2	120
Коммерческие автобусы	350	0,5	170 000	0,6	0,1	100
Школьные автобусы	150	0,2	45 000	0,2	0,3	50
Мотоциклы	2 600	3,7	320 000	1,1	3,1	2 500
Мотороллеры, велосипеды	200	0,3	23 000	0,1	—	200
Другие виды автомобилей**	1 100	1,5	340 000	1,1	—	950

* Цифры, характеризующие процент, основаны на количестве автомобилей и не отражают величину автопробега или расположение маршрута, которые также влияют на количество и характер ДТП.

** Включая пожарные автомобили, автомобили «скорой помощи», специальные автомобили и другие.

1* В число жертв ДТП кроме того входят 10 750 пешеходов, 1100 велосипедистов и 100 других жертв

2* Эти автомобили не включены в общее число зарегистрированных автомобилей. По оценкам это количество равно 4 500 000

Прочерки означают, что данные отсутствуют.

Таблица составлена на основании сообщений из 16 штатов.

Данные о тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий
в различных странах мира

Страны	Годы	Количество ДТП со смертельным исходом	
		всего	на 100 тыс. чел.
Мексика	1971	4 115* ¹	8,1
Бельгия	1971	1 148* ²	13,4
Испания	1970	4 583* ⁴	13,4
Великобритания	1971	8 182	14,7
Норвегия	1970	596	15,4
Швеция	1970	1 376	17,1
Ирландия	1971	533	17,9
Япония	1971	21 020	20,1
Франция	1970	11 852	23,3
Финляндия	1970	1 081	23,4
Италия	1970	13 002* ²	24,3
Нидерланды	1971	3 171	24,4
Канада	1970	5 312* ³	24,8
Дания	1970	1 221	24,8
Швейцария	1970	1 617	26,1
Португалия	1971	2 359* ²	26,6
США	1969	55 791* ¹	27,6
Австралия	1971	3 847	30,1
ФРГ	1970	19 143	31,1
Австрия	1971	2 731	36,6

Примечание. Определение случая со смертельным исходом: обычно считают, что происшествие было со смертельным исходом, если смерть наступает в течение 30 дней после ДТП, но используются также и другие периоды времени: * (один год), ** (три года), ** (двадцать четыре часа), *² (только на месте происшествия).

дах на нее были обеспечены одинаковые расстояния видимости. Протяженность участков переплетения должна иметь длину не менее 240 м.

Подъездные пути необходимы для обеспечения подъезда к различным объектам на местности, и тем не менее они приводят к нарушениям в режиме движения потоков и создают помеховые ситуации на дорогах. Между количеством придорожных строений и числом дорожно-транспортных происшествий (в расчете либо на автомобиле×километры пробега, либо на протяженность поездки в километрах) существует прямая зависимость. Аналогичная зависимость наблюдается и в отношении роста числа ДТП на подъездных путях к придорож-

Таблица 4.9

Число ДТП на 1 млн. км пробега для двухполосных дорог
в зависимости от степени кривизны и количества кривых
в плане на 1 км дороги

Количество кривых в плане на 1 км	Число ДТП при степени кривизны дороги			
	0—2,9°	3—5,9°	6—9,9°	10° и более
0—0,9	1,86	3,55	2,60	5,54
1,0—2,9	1,43	2,30	2,79	2,60
3,0—4,9	1,31	1,80	2,05	2,68
5,0—6,9	2,05	1,98	1,74	2,85

ным сооружениям для городских и сельских дорог, особенно если этот въезд осуществляется с левого поворота. Однако в этом случае наиболее эффективным способом сокращения числа дорожно-транспортных происшествий является выделение вблизи разделительной полосы полос для совершения левого поворота.

Дорожно-транспортные происшествия на железнодорожных переездах составляют небольшую часть от всех ДТП вообще, однако этот вид ДТП связан с высоким уровнем тяжести последствий. Величина помех, вносимых в дорожное движение железнодорожными переездами в сельской местности, определяется суточной интенсивностью движения поездов и автомобилей, количеством железнодорожных путей, шириной покрытия дорог, а также количеством объектов, отвлекающих внимание водителей на подъездах к переезду. При анализе ДТП на железнодорожных переездах в городских районах наиболее важными факторами, создающими потенциальные помехи, являются: суточная интенсивность движения поездов и транспортных потоков, треугольник видимости на перекрестке, количество объектов вдоль дороги на подъездах к переезду, отвлекающих внимание водителей, а также тип ограждения переезда. Виды и характер условий, создающих опасность на переезде, отобранные при изучении 36 типичных железнодорожных переездов, перечислены в табл. 4.10.

Размещение автомобилей на стоянке является в основном городской проблемой. Наибольшее число дорожно-транспортных происшествий происходит на улицах шириной менее 12 м, и ДТП, связанные со стоянками, характеризуются относительно незначительной тяжестью последствий и степенью повреждения автомобилей. Расположение автомобилей на стоянке под углом к проезжей части создает больше помех движению, чем расположение автомобилей параллельно проезжей части. Среднее число дорожно-транспортных происшествий на стоянках в расчете на группу стоящих под углом автомобилей при переходе на параллельное размещение автомобилей сокращается с пяти дорожно-транспортных происшествий до одного.

Цель введения на некоторых городских улицах одностороннего движения — уменьшение загруженности улиц транспортными потоками и улучшение режима дорожного движения. Кроме того, в результате этого повышается безопасность движения, поскольку сокращается количество боковых и лобовых столкновений, сокращается число столкновений при совершении поворота, при

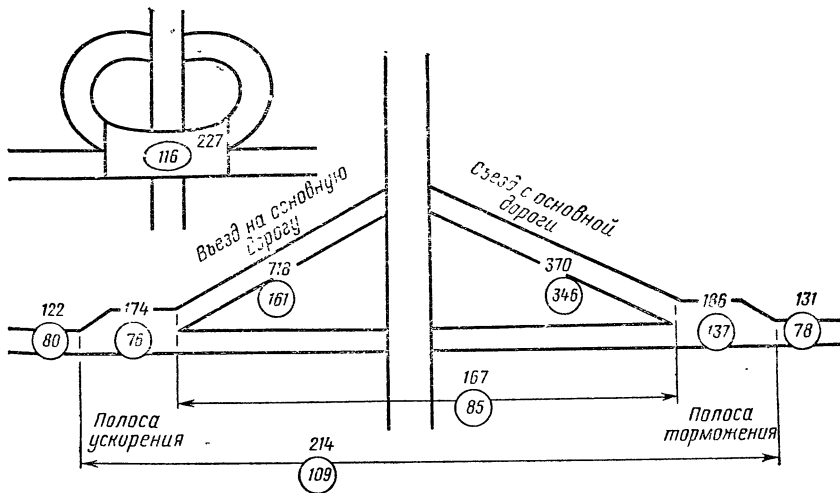


Рис. 4.28. Зависимость числа ДТП на 100 млн км пробега от типа элементов пересечения дорог

Цифры без кружочка соответствуют числу ДТП, происшедших в городских районах, а цифры в кружочке — тоже в сельской местности

Условия, при которых возникает опасность дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах

Наблюдаемые условия	Процент переездов, на которых имеется данная ситуация
Отсутствует разметка проезжей части; разметка неправильно нанесена или нуждается в обновлении	72
Сигнальные устройства плохо видны из-за их низкого расположения	60
Ограничена видимость подъезда к переезду из-за растительности	52
Отсутствует освещение в вечернее время	44
Факторами, отвлекающими внимание водителя на переездах, являются состояние и сам факт присутствия устройств, регулирующих движения на дорогах, примыкающих к переезду	40
Отсутствуют предупреждающие дорожные знаки, устанавливаемые на достаточном расстоянии от переезда, неправильное их размещение или плохое состояние	40
Недостаточная ширина подъезда	36
Имеются дорожные знаки и неподвижные объекты, заслоняющие от глаз водителя ограждение и сигнальные устройства	32
Имеются жестко укрепленные оградительные устройства и барьеры, являющиеся неподвижными препятствиями для автомобилей	32
Поставленный (на законном основании) на стоянку автомобиль заслоняет собой ограничительные и сигнальные устройства	28
Имеются некоторые геометрические особенности дорог, способствующие снижению безопасности движения на переездах	20
Ограждение железнодорожных путей неправильно установлено или неправильно эксплуатируется	12
Имеются такие условия дорожного движения на примыкающей к железнодорожным путям дороге, при которых автомобили могут двигаться на дороге и не могут двигаться через железнодорожные пути	8

размещении автомобилей на стоячке, а также уменьшается число наездов на пешеходов. Введение одностороннего движения приводит к общему уменьшению числа дорожно-транспортных происшествий в середине квартала по сравнению с числом ДТП на перекрестках почти вдвое.

Освещение дороги в темное время суток способствует повышению безопасности дорожного движения, а также облегчает вождение автомобиля в это время. Организация освещения на перекрестках улиц и дорогах с высоким уровнем отношения «количество дорожно-транспортных происшествий в вечернее время/количество дорожно-транспортных происшествий в дневное время» и с несовершенной геометрией дороги может уменьшить число ДТП. Общее освещение, транспортные светофоры, подвешенные над проезжей частью, и пешеходные светофоры — эффективные средства повышения безопасности движения на участках со значительной интенсивностью пешеходного движения.

Экономические потери от дорожно-транспортных происшествий. Для экономического анализа дорожно-транспортных происшествий необходимы полные

данные о величине экономических потерь, связанных с ними. Поскольку при подсчете экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий возникают различные неопределенности, точно определить величину этих потерь нельзя. В соответствии с материалами, опубликованными Национальным советом по безопасности дорожного движения (США), к исчисляемым экономическим потерям от дорожно-транспортных происшествий с участием автомобилей относят: потери на заработную плату, расходы на медицинское обслуживание, расходы на социальное страхование и расходы, связанные с компенсацией разрушений. Экономические потери в расчете на одно дорожно-транспортное происшествие в 1972 г. распределялись следующим образом:

Гибель пострадавших	82 000 долл.
Ранения	3 400 »
Разрушения (включая незначительные ранения)	480 »

Экономические потери в расчете на «один смертельный исход» для всех типов дорожно-транспортных происшествий в сельской местности отличаются от аналогичных потерь для городов. Это объясняется разницей в величине отношений числа ДТП с ранениями и разрушениями в расчете на один смертельный исход:

	<i>Всего</i>	<i>Город</i>	<i>Сельская местность</i>
Число ранений на один смертельный исход	35	70	20
Число разрушений недвижимости на один смертельный исход	280	620	110
Экономические потери на один смертельный исход	330 000 долл.	600 000 долл.	210 000 долл.

Эти усредненные данные можно использовать для оценки экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий в городах, но следует учитывать, что если город небольшой, то оценку следует выполнять с осторожностью. Например, если за год произошло пять ДТП со смертельным исходом, но 4 чел. погибли в результате одного происшествия, то в этом случае нельзя использовать среднюю цифру экономических потерь в расчете на один смертельный исход, т. е. 600 000 долл. Эта сумма включает экономические потери от 70 случаев ранения и 620 случаев разрушений недвижимости, а в «аномальном» случае эти соотношения не выполняются. Здесь было бы лучше воспользоваться суммой экономических потерь для отдельных случаев со смертельным исходом, с ранением и разрушением.

Если в городе за год имеются один или два случая ДТП со смертельным исходом, то лучше использовать следующие цифры для экономических потерь от каждого смертельного случая

Мальчик до 15 лет	70 800 долл.
Мужчина от 15 до 54 лет	118 000 »
» 55 лет и выше	16 500 »
Девочка до 15 лет	44 800 »
Женщина 15—54 года	70 000 »
» 55 лет и выше	12 800 »

Если в городе за год происходит 10 случаев со смертельным исходом, то следует использовать среднюю цифру экономических потерь независимо от возраста пострадавшего, т. е. 82 000 долл.

Таблица 4.11

Тяжесть дорожно-транспортных происшествий и экономические потери в расчете на одно дорожно-транспортное происшествие

Класс автомобилей	ДТП со смертельным исходом	ДТП с несмертельным исходом	Только разрушение недвижимости	Всего
<i>Общее число ДТП</i>				
Легковые автомобили	1 169	103 306	755 871	860 346
Грузовые »	220	9 273	112 223	121 721
Всего	1 389	112 579	868 099	982 067
<i>Число ДТП со смертельным исходом</i>				
Легковые автомобили	1,00	88,37	646,60	735,97
Грузовые »	1,00	42,15	510,13	553,28
Всего	1,00	81,05	624,98	707,03
<i>Процент от всего числа ДТП</i>				
Легковые автомобили	0,12	10,52	76,97	87,61
Грузовые »	0,02	0,94	11,43	12,39
Всего	0,14	11,46	88,40	100,00
<i>Экономические потери от ДТП, долл.</i>				
Легковые автомобили	9 869 882	168 894 225	144 697 912	323 462 019
Грузовые »	1 519 212	8 406 034	12 676 309	22 601 555
Всего	11 389 095	177 300 266	157 374 212	346 063 333
<i>Отношение экономических потерь к потерям на ДТП</i>				
Легковые автомобили	1,00	17,11	14,66	32,77
Грузовые »	1,00	5,53	8,34	14,87
Всего	1,00	15,57	13,82	30,39
<i>Процент от общего количества экономических потерь</i>				
Легковые автомобили	2,84	48,80	41,82	93,47
Грузовые »	0,44	2,43	3,66	6,53
Всего	3,29	51,23	45,48	100,00
<i>Экономические потери на одно ДТП, долл.</i>				
Легковые автомобили	8 442	1 635	191	376
Грузовые »	6 905	900	112	186
Всего	8 200	1 575	181	352

Во многих городах и штатах не ведется точный учет ДТП, связанных с ранением пострадавших и разрушением недвижимости. Если полагаться на неполные данные об этих ДТП, имеющиеся в городах, то лучше использовать сумму экономических потерь от одного ДТП со смертельным исходом, равную 600 000 долл. Однако этим можно воспользоваться лишь в том случае, если за год произошло 10 ДТП со смертельным исходом и этот год не является аномальным по числу ДТП. В случае если число ДТП со смертельным исходом, ранениями и случаями разрушений меньше 10 (для каждого вида в отдельности), то для компенсации этой «неполноты» данных при расчетах можно к этим цифрам добавить недостающие единицы.

Исчерпывающий анализ тяжести дорожно-транспортных происшествий и экономических потерь от них представлен в табл. 4.11, где все ДТП распределены по следующим категориям: случаи со смертельным исходом, случаи с несмертельным исходом, случаи, связанные только с разрушением недвижимости и общее число случаев.

ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК

Информация о характеристиках автомобильных стоянок необходима при разработке мероприятий по организации парковки автомобилей, а также для проектирования стояночных сооружений. Использование этих характеристик описано в гл. 15.

Требования, предъявляемые к площади стоянки в центральной деловой части города, определяются концентрацией учреждений или предприятий, количеством магазинов и резервами свободных территорий. На рис. 4.29 представлена зависимость количества автомобилей, прибывающих на стоянку в течение дня, от заселенности района. Эти данные о количестве автомобилей, ежедневно размещаю-

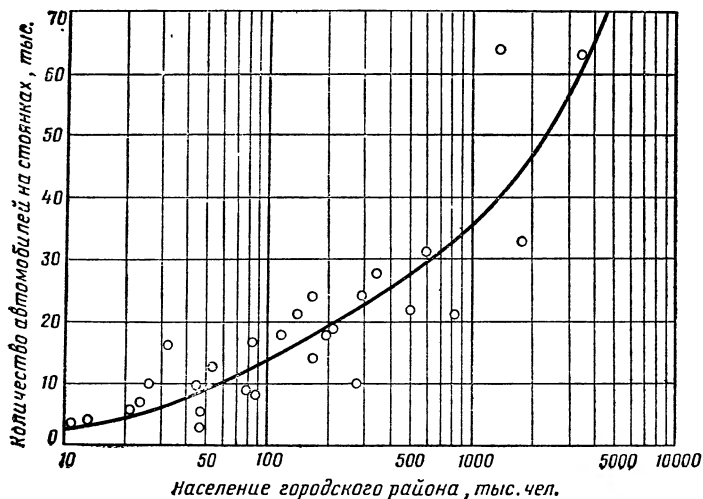


Рис. 4.29. Количество автомобилей, прибывающих на стоянку, в зависимости от населения данного района

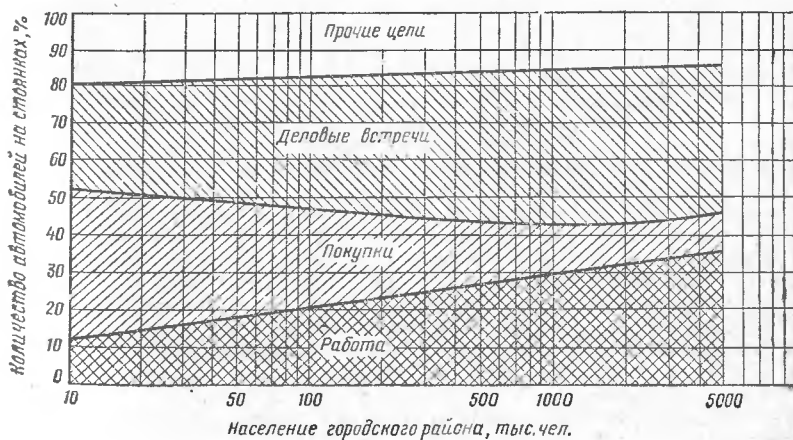


Рис. 4.30. Распределение автомобилей на стоянках в зависимости от целей поездок в населения данного городского района

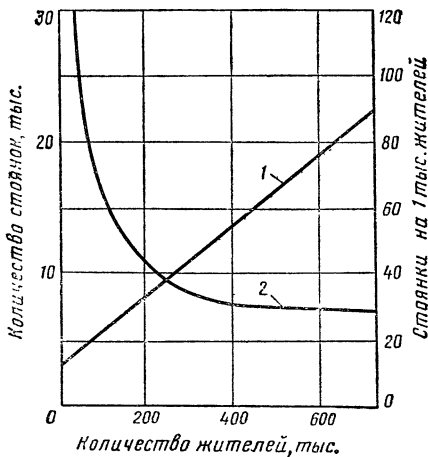


Рис. 4.31. Количество стоянок в ЦДЧ города, отнесенное к количеству жителей города:

1 — общее количество стоянок; 2 — стоянки, отнесенные на 1000 чел.

щихся на стоянках, позволяют приблизительно оценить потребность в стоянках. На рис. 4.30 представлена диаграмма, показывающая распределение целей поездок водителей, прибывающих на стоянки в деловую часть города, в зависимости от заселенности городского района. В небольших по численности населения городских районах необходимость в паркировании обусловлена в основном желанием совершить покупки, а также деловыми соображениями, в то время как в районах с большим числом населения необходимость в паркировании связана с работой и деловыми встречами.

Оценка потребности в количестве и размерах мест для паркирования автомобилей довольно трудная проблема при планировании стоянок, поскольку фактическое использование имеющихся для этих целей площадок основано на возможности обеспечения минимально возможного расстояния стоянки до цели поездки. Реальные потребности в стоянках опреде-

ляются только путем оценки того, где предпочитают «парковаться» водители, приехавшие в деловую часть города с различными целями.

Количество стоянок, имеющихся в центральной деловой части (ЦДЧ) городов всего мира, можно отнести к площади ЦДЧ и к населению города (табл. 4.12). Площадь, выделяемая для стоянок в ЦДЧ города в расчете на 1000 чел. населения, изменяется от 4,1 для Барселоны (Испания) до 115,8 для Страсбурга (Франция). В 29 городах на 1000 чел. населения в ЦДЧ города имеется в среднем 30 площадок для стоянок. Рассматривая отношение числа стоянок к площади ЦДЧ города, следует отметить, что это отношение колеблется от величины, равной 17,4 стоянок/га для Нэшвилла и Рима до 950 стоянок/га для Торонто. Кроме того, следует отметить, что площадь ЦДЧ для разных городов сильно меняется. Площадь ЦДЧ Торонто составляет 21,3 га, в то время как другие города с населением не больше, чем Торонто, имеют ЦДЧ города площадью, превышающей 809 га.

Соотношение между количеством стоянок в ЦДЧ города и населенностью городов США представлено на рис. 4.31. При увеличении размеров городов количество стоянок в ЦДЧ городов также растет, но количество их в расчете на 1 тыс. чел. быстро уменьшается по мере роста населенности города, пока она не достигнет 500 тыс. чел. В этом случае количество стоянок на 1 тыс. чел. стабилизируется и остается примерно постоянным (около 30 стоянок/1 тыс. чел.) для всех городов с населенностью 500 тыс. чел.

Количество стоянок автомобилей в ЦДЧ города в зависимости от их типа на примере городов США представлено в табл. 4.13 и 4.14. При увеличении размеров города процент стоянок у тротуаров от общего количества стоянок уменьшается. Соответствующее увеличение процента стоянок вне улиц при росте размеров города объясняется почти исключительно ростом количества гаражей. Процент внеуличных стоянок в ЦДЧ города остается довольно постоянным, но имеет максимум для городов с населением от 300 тыс. до 400 тыс. чел.

В целом в городах США имеется 750 тыс. внеуличных стоянок и около 100 тыс. мест в гаражах.

Степень использования стоянок в основном зависит от их типа, места расположения и количества жителей города.

Процент автомобилей, размещаемых в гаражах, для небольших городов очень низок, но с увеличением размеров города этот процент растет (табл. 4.15).

Стоянки в ЦДЧ городов, отнесенные к площади ИДЧ города и к его населению

Города	Население города, тыс. чел.	Площадь ЦДЧ, га	Число стоянок в ЦДЧ				на 1 га пло- щади
			на улицах	вне улиц	всего	на 1000 чел.	
Аделаида (Австр.)	746	184	6 003	8 074	14 077	18,9	76,5
Перт (Австр.)	470	600	8 103	19 400	27 503	58,5	45,8
Торонто (Кан.)	643	21	673	19 578	20 251	31,5	950,8
Ванкувер (Кан.)	782	220	3 502	22 430	25 932	33,1	117,6
Виннипег (Кан.)	496	440	5 305	24 204	29 509	59,5	67,1
Копенгаген (Дан.)	1 400	588	17 141	4 025	19 166	13,7	32,6
Марсель (Фр.)	900	120	6 621	2 590	9 211	10,3	76,8
Ницца (Фр.)	350	330	24 040	4 820	28 860	82,5	87,5
Страсбург (Фр.)	250	980	26 550	2 386	28 936	115,8	29,5
Тулуз (Фр.)	375	580	8 435	8 175	16 610	44,3	28,7
Эссен (ФРГ)	727	36	2 122	4 941	7 063	9,7	196,4
Франкфурт (ФРГ)	693	255	11 783	28 500	40 283	58,1	157,9
Гамбург (ФРГ)	1 860	240	4 272	10 116	14 388	7,7	60,0
Ковентри (Великобр.)	330	111	621	3 067	3 688	11,2	33,2
Кингстон-на-Халле (Великобр.)	310	113	2 400	2 300	4 700	15,2	41,6
Лидс (Великобр.)	512	928	2 105	7 665	9 770	19,1	10,5
Рим (Ит.)	2 489	2 000	25 252	9 582	34 834	14,0	17,4
Роттердам (Нидерл.)	732	150	3 300	6 617	9 917	13,6	66,1
Окленд (Нов. Зел.)	500	259	13 300	14 571	27 871	55,8	107,7
Барселона (Исп.)	1 696	205	6 130	883	7 013	4,1	34,2
Мадрид (Исп.)	2 700	221	8 250	12 500	20 750	7,7	94,0
Гетеборг (Шв.)	405	100	2 367	3 167	5 534	13,7	55,3
Мальме (Шв.)	245	244	5 300	3 400	8 700	35,5	35,7
Цюрих (Швейц.)	440	251	7 000	6 400	13 400	30,5	53,4
Детроит (США)	1 620	274	4 000	36 000	40 000	24,7	146,0
Нэшвилл (США)	358	915	2 918	12 705	15 623	43,7	17,1
Норфолк (США)	305	104	602	8 087	8 689	28,5	83,6
Питтсбург (США)	570	1 168	419	22 248	22 667	39,8	19,4
Саян-Франциско (США)	750	416	11 123	49 989	61 112	81,5	146,9

Таблица 4.13

Общее количество и процентное отношение стоянок различного типа к общему количеству стоянок

Количество жителей в городских районах	Тип стоянок			Среднее количество стоянок от общего их числа	Количество стоянок в расчете на 1 млн. чел.
	У тротуаров	Вне улиц	В гаражах		
10 000—25 000	1 090 (43%)	1 530 (57%)	10 (0%)	2 630	150
25 000—50 000	1 470 (38%)	2 420 (53%)	140 (3%)	3 990	120
50 000—100 000	1 610 (35%)	2 790 (60%)	260 (5%)	4 660	70
100 000—250 000	2 130 (27%)	4 760 (62%)	820 (11%)	7 700	50
250 000—500 000	2 450 (20%)	7 910 (64%)	1 940 (16%)	12 300	30
500 000—1 000 000	3 200 (14%)	12 500 (56%)	6 900 (30%)	22 600	30
Более 1 000 000	8 600 (14%)	32 200 (55%)	18 600 (31%)	58 800	20

По мере роста размеров городов процент поездок с целью совершения покупок уменьшается, а процент поездок, связанных с работой, увеличивается.

Распределение продолжительности стоянки автомобилей в ЦДЧ городов различных размеров представлено в табл. 4.16. При увеличении размеров городов сокращается количество кратковременных стоянок (продолжительность пребывания менее получаса) и одновременно возрастает продолжительность парковки более 5 ч. Из данных табл. 4.16 видно, что с ростом размеров города происходит увеличение средней продолжительности паркования.

Продолжительность паркования автомобилей в ЦДЧ непосредственно связана с целью поездки, что подтверждено данными табл. 4.17. С поездками на работу связано наиболее длительное паркование, длящееся в больших городах

Таблица 4.14

Классификация стоянок по типам, %

Количество жителей в городских районах, тыс. чел.	Тип стоянок						
	У тротуаров			Вне улиц		В гаражах	
	С ограничением времени пользования	Без ограничения времени пользования	Специальные	Общественные	Частные	Общественные	Частные
10—25	47	51	2	18	82	93	7
25—50	55	40	5	27	73	50	50
50—100	55	41	4	42	58	56	44
100—250	47	46	7	32	48	89	11
250—500	47	40	11	66	34	95	5
500—1 000	54	38	8	68	32	87	13
Более 1 000	27	46	27	67	33	84	16

Таблица 4.15

Процент автомобилей, размещаемых на стоянках, классифицированный по типам стоянок

Количество жителей в городских районах, тыс. чел.	Стоянки у тротуара					Вне улиц					В гаражах				
	с целью покупок	по личным делам	во время работы	прочие причины	всего	с целью покупок	по личным делам	во время работы	прочие причины	всего	с целью покупок	по личным делам	во время работы	прочие причины	всего
10—25	30	22	11	16	79	8	1	10	2	21	0	0	0	0	0
25—50	22	30	8	14	74	5	5	13	3	26	0	0	0	0	0
50—100	19	24	7	18	68	5	7	12	7	31	0	0	1	0	1
100—250	11	24	6	11	52	9	9	17	7	42	1	1	3	1	6
250—500	10	23	8	13	54	6	7	18	3	34	3	3	4	2	12
500—1 000	3	12	9	9	33	5	8	23	3	39	5	5	15	3	28
Свыше 1 000	3	15	4	8	30	4	13	29	8	54	3	2	8	3	16

Таблица 4.16

Продолжительность пребывания автомобилей на стоянках в городах различной величины, ч

Количество жителей городских районов, тыс. чел.	Продолжительность парковки, %				
	От 0 до 0,5 ч	От 0,5 до 1 ч	От 1 до 2 ч	От 2 до 3 ч	Более 3 ч
10—25	60	14	10	10	6
25—50	59	15	10	9	7
50—100	60	15	10	10	5
100—250	46	14	11	13	16
250—500	38	15	17	15	15
500—1 000	24	12	13	18	33
Свыше 1 000	16	12	20	12	40

Таблица 4.17

Продолжительность парковки в зависимости от целей поездки, ч

Количество жителей в городских районах, тыс. чел.	Цель поездки			Средняя продолжительность парковки
	За покупками	По личным делам	На работу	
10—25	0,5	0,4	3,5	1,3
25—50	0,6	0,5	3,7	1,2
50—100	0,6	0,8	3,3	1,2
100—250	1,3	0,9	4,3	2,1
250—500	1,3	1,0	5,0	2,7
500—1 000	1,5	1,7	5,9	3,0
Свыше 1 000	1,1	1,1	5,6	3,0

Таблица 4.18

Распределение оборота стоянок*

Количество жителей в городских районах, тыс. чел.	Тип стоянки						
	У тротуаров				Вн. улиц		
	С ограничением времени	Без ограничения времени	Специальные	Среднее значение	Открытые стоянки	В гаражах	Среднее значение
10—25	—	—	—	6,7	1,8	0,3	1,8
25—50	—	—	—	6,4	1,5	0,6	1,3
50—100	7,8	2,8	3,7	6,1	1,7	0,8	1,6
100—250	8,1	3,1	4,4	5,7	1,6	1,0	1,5
250—500	7,1	2,5	3,3	5,2	1,4	1,1	1,4
500—1 000	6,6	1,1	3,9	4,5	1,2	1,4	1,2
Свыше 1 000	5,5	3,6	2,9	3,8	1,1	1,0	1,1

* Количество автомобилей, размещаемых на стоянку за период, равный 8 ч (с 10 00 до 18 00).

Таблица 4.19

Среднее расстояние, проходимое водителем от стоянки до пункта назначения, классифицированное по целям поездки, м

Количество жителей городского района, тыс. чел.	Цель поездки			
	за покупками	по личным делам	на работу	прочие
10—25	60	60	82	57
25—50	85	73	122	64
50—100	106	88	125	79
100—250	143	118	152	103
250—500	173	137	204	116
500—1 000	170	180	198	152

Таблица 4.20

Среднее расстояние, проходимое водителем от стоянки до пункта назначения, классифицированное по типу стоянки, м

Количество жителей в городских районах, тыс. чел.	Тип стоянки			Среднее расстояние
	Около тротуара	Внеуличная		
		открытая	в гараже	
10—25	64	64	—	64
25—50	76	107	30,5	85
50—100	85	116	73	85
100—250	113	165	100	128
250—500	119	232	213	168

Таблица 4.21

Среднее расстояние, проходимое водителем от места стоянки до пункта назначения, классифицированное по продолжительности парковки автомобиля, м

Количество жителей в городском районе, тыс. чел.	Продолжительность парковки автомобиля на стоянке, ч			
	от 0,5 до 1	от 1 до 2	от 2 до 5	свыше 5
10—25	67	76	85	101
25—50	82	88	113	152
50—100	95	107	113	131
100—250	128	116	152	134
250—500	134	155	180	225
500—1 000	146	146	170	277
Свыше 1 000	158	170	208	247*

* Оценка произведена на основании ограниченного количества данных.

до 5—6 ч в среднем. С поездками за покупками и по личным делам связано паркирование значительно меньшей продолжительности. Вне зависимости от целей поездки продолжительность паркирования растет с увеличением размеров города.

Оборот стоянки представляет собой меру использования площади стоянки и указывает на количество автомобилей различных типов, пользующихся стоянкой в течение фиксированного промежутка времени. Распределение оборота для стоянок различного типа представлено в табл. 4.18. Так как для длительного паркирования чаще всего используют внеуличные стоянки, большим оборотом характеризуются околотротуарные стоянки.

Таблица 4.22

Средняя потребность в стоянках для различных учреждений, расположенных в деловой части города

Тип учреждения	Количество мест для стоянок на 93 м	
	В среднем	Диапазон изменения
Банки	5,4	1,8—10,8
Автобусные станции	4,8	1,7—7,9
Библиотеки	4,1	3,9—4,3
Медицинские учреждения	3,8	1,1—8,6
Гастрономы	3,7	1,4—7,5
Учреждения городских и окружных властей	3,6	1,2—6,0
Почтамты	3,4	2,0—4,9
Филиалы компаний	2,9	0,4—10,7
Аптеки	2,9	1,4—5,5
Универмаги	2,8	1,4—5,1
Магазины одежды	2,5	1,1—6,3
Рестораны	2,1	0,9—3,3
Учреждения	1,5	0,4—2,9
Пункты продажи автомобилей	1,2	0,9—1,5
Галантерейные магазины	1,1	0,6—1,9
Гостиницы	0,6	0,4—1,0
Мебельные магазины	0,6	0,3—1,2

Интенсивность формирования различных маршрутов, связанных с деятельностью водителей

Административные учреждения и другие заведения, создающие потребность в автомобильных стоянках	В пиковые часы	В послеполуденные часы пик
Рестораны для автомобилистов	257 поездок/93 м ² ППК*	108 поездок/93 м ² ППК
Обычные рестораны	35 » »	25 » »
Продовольственные магазины	14 » »	12 » »
Влижайшие торговые центры	15 » »	14 » »
Автостанции	28 поездок/ч	23 поездок/ч
Мотели	0,8 поездок/мотель	0,6 поездок/мотель
Государственные учреждения	2,3 поездки/93 м ² ППК	2,3 поездки/93 м ² ППК
Больницы	1,0 поездок/койку	0,7 поездок/койку

* ППК — полная площадь квартала, занята строениями.

Среднее расстояние, проходимое водителем пешком после того, как он поставил автомобиль на стоянку, связано с такими факторами, как размеры города, цель поездки, топография местности, тип стоянки, плата за стоянку и принадлежность стоянки. Связь среднего расстояния, пройденного водителем, с целью поездки и размером города показана в табл. 4.19. Наибольшие значения «среднего расстояния» связаны с поездками на работу. Связь «среднего расстояния» с типом стоянки отражена в табл. 4.20. «Среднее расстояние», проходимое водителями, пользующимися стоянками у тротуаров, меньше «среднего расстояния», проходимого водителями, пользующимися внеуличными стоянками. Однако

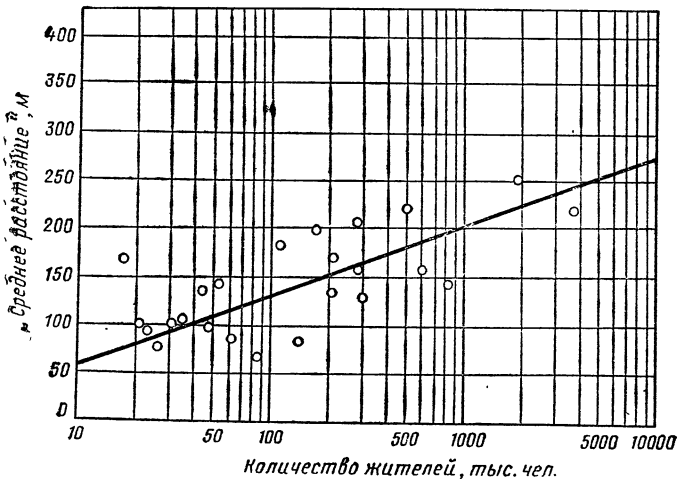


Рис. 4.32. Изменение среднего расстояния, пройденного водителем пешком от места парковки до цели поездки в зависимости от количества жителей города

«среднее расстояние», проходимое водителями, пользующимися открытыми внеуличными стоянками, превышает «среднее расстояние», проходимое водителями, пользующимися гаражами.

Связь «среднего расстояния» с продолжительностью стоянки подтверждается данными табл. 4.21. Для городов любых размеров «среднее расстояние» увеличивается по мере увеличения продолжительности пребывания автомобиля на стоянке, расположенной в ЦДЧ города. Вообще, учитывая все случаи в совокупности, можно утверждать, что «среднее расстояние» значительно увеличивается с ростом размеров города (рис. 4.32).

Накопление автомобилей на стоянках. Типичные данные о накоплении автомобилей на стоянках в различных по величине городах (рис. 4.33) свидетельствуют о том, что величина накопления остается довольно постоянной примерно до 15 ч пополудни, после чего автомобили покидают ЦДЧ города. Характерные кривые накопления автомобилей (рис. 4.34), построенные для нескольких дней недели, показывают, что пик накопления обычно приходится на понедельник.

Кривая накопления, соответствующая среде, является типичной кривой для будней.

К другим характеристикам, относящимся к типичным кривым накопления, относятся:

1. Пиковые накопления, обусловленные поездками за покупками и по личным делам. Для небольших городов пик накопления наблюдается около 15 ч, а для больших городов — около 13 ч.

2. Пики накопления, обусловленные поездками на работу, наблюдаются во всех городах в утренние часы (с 10.30 до 11.00 ч).

3. Накопление автомобилей у тротуаров почти постоянное, причем в больших городах это имеет место с 11 до 15 ч, а в небольших — с 11 до 16 ч.

4. В больших городах накопление автомобилей у тротуаров в 9 и в 17 ч составляет около 40% от максимума накопления. Для небольших городов этот тип накопления равен 80%.

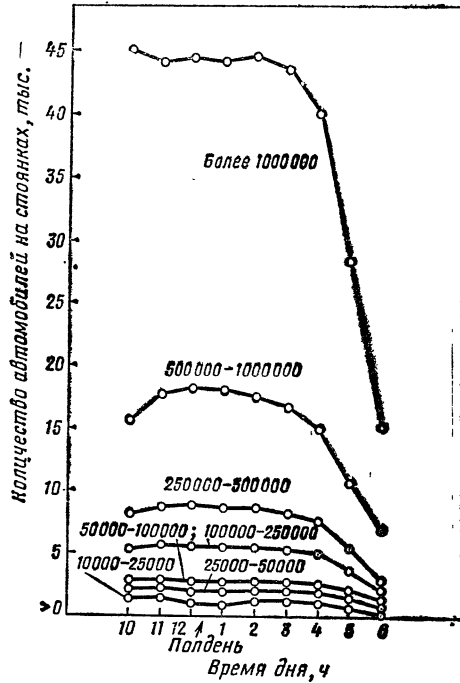


Рис. 4.33. Изменение количества автомобилей на стоянках в зависимости от времени дня:

цифры на кривых означают население городов

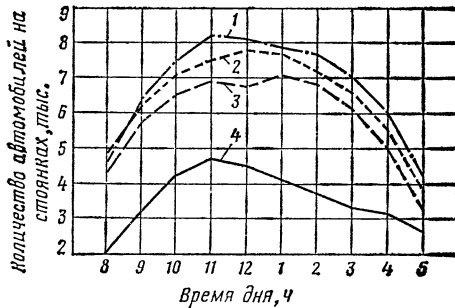


Рис. 4.34. Типичные кривые накопления автомобилей (для ЦДЧ городов) в различные дни недели:

1 — понедельник; 2 — пятница; 3 — среда; 4 — суббота

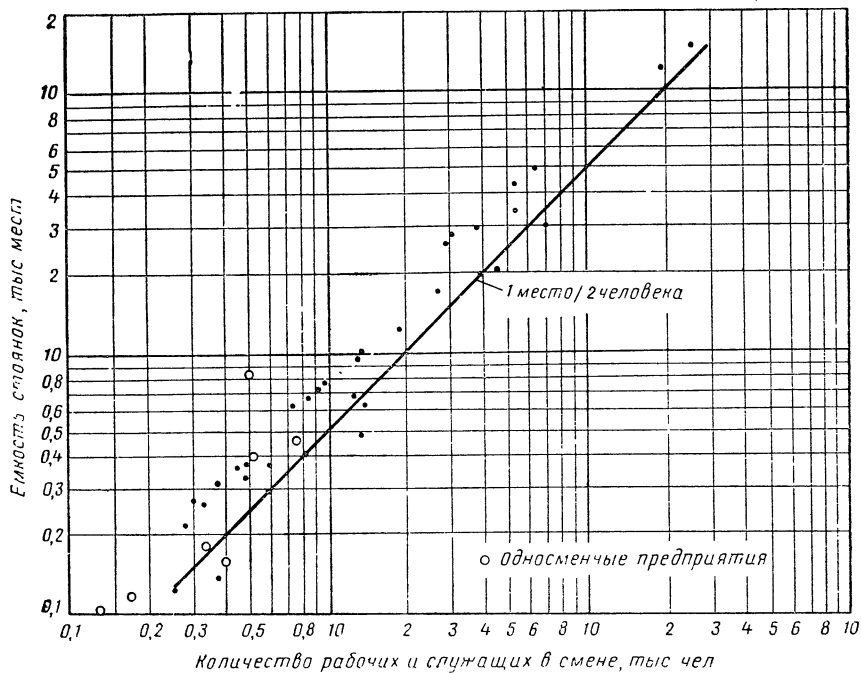


Рис. 4.35. Емкость стоянок в зависимости от количества рабочих и служащих на данном предприятии:

кружочками обозначены данные по одноименным предприятиям

5. В городах различной величины пик накопления автомобилей на внеуличных стоянках приходится на время с 10 до 11 ч утра.

Определение емкости стоянок. Чтобы определить количество мест для стоянок у промышленных предприятий, необходимых для размещения автомобилей рабочих и служащих, полезно использовать соотношение между максимальными потребностями в количестве стоянок и максимальным количеством рабочих и служащих, работающих в одной смене (рис. 4.35).

Расчеты потребности в стоянках основаны либо на общем количестве рабочих и служащих предприятия, приезжающих на работу за одну смену, либо на количестве рабочих и служащих, проезжающих через город в часы пик на предприятии с несколькими рабочими сменами.

Средние значения и диапазон изменения количества стоянок, необходимых для размещения автомобилей, водители которых приехали в различные учреждения деловой части города, представлены в табл. 4.22. Данные в табл. 4.22 приведены в расчет на площадь в 93 м². В табл. 4.23 перечислены факторы, обуславливающие появление в городе различных маршрутов движения автомобилей вследствие деятельности людей. Интенсивность формирования транспортных потоков по различным маршрутам города отнесена к интенсивности движения автомобилей по улицам в часы пик.

На рис. 4.36 представлена типичная для регионального торгового центра кривая накопления автомобилей на стоянках за один день. На рис. 4.37 показана связь максимального накопления автомобилей на стоянках с количеством автомобилей, прибывающих в торговый центр за день. Эта корреляция позволяет оценить потребности в стоянках на основе данных о суточной интенсивности формирования автомобильных потоков, полученных при анализе коммерческой деятельности торгового центра.

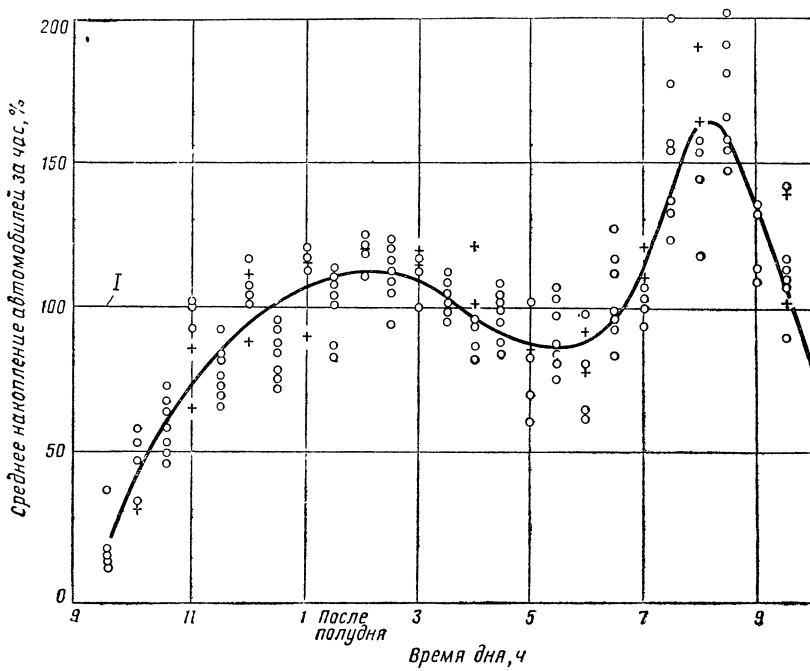


Рис. 4.36. Характер изменения накопления автомобилей на стоянках: кружочками обозначены данные по 5 центрам, собранные за 11 любых дней, крестиками — по 2 центрам. I — среднее накопление за час в течение дня

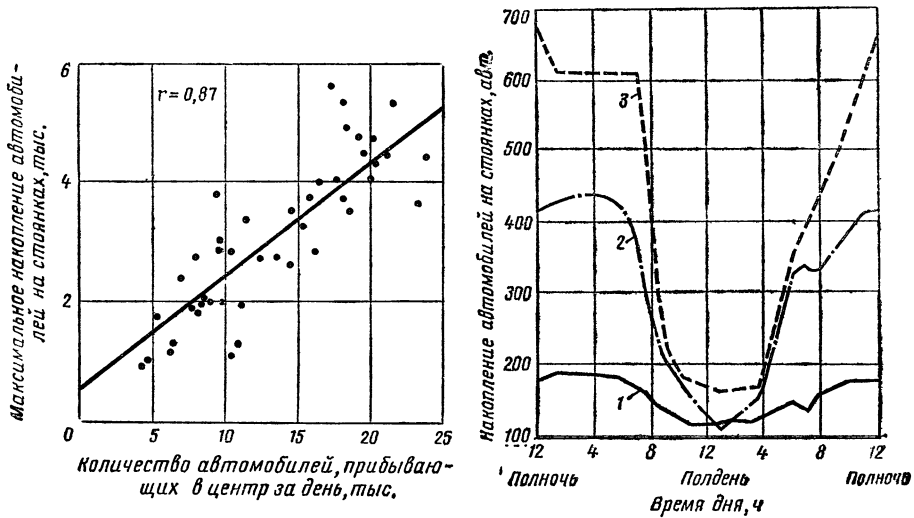


Рис. 4.37. Зависимость между накоплением автомобилей на стоянках и интенсивностью движения автомобилей, прибывающих в региональные торговые центры

Рис. 4.38. Характер накопления автомобилей на стоянках в жилых районах: 1 — зона домов на одну семью (стоянки у тротуаров); 2 — зона многоквартирных домов (стоянки у тротуаров); 3 — вся жилая зона (общее накопление на стоянках)

Интенсивность движения автомобилей по маршрутам, связанным с жилыми районами, поездок/авт.

Пункты отправления и назначения, требующие наличия стоянок	Час пик до полудня			Час пик после полудня		
	В жилой район	Из жилого района	Всего	В жилой район	Из жилого района	Всего
Индивидуальные коттеджи	0,23	0,58	0,81	0,60	0,40	1,0
Многоквартирные дома	0,08	0,49	0,57	0,46	0,23	0,69

Характер изменения накопления автомобилей на стоянках в жилых районах в течение дня представлен на рис. 4.38. Как видно из рис. 4.38, наибольшая потребность в стоянке для жилых районов приходится на вечернее и ночное время. Интенсивность движения автомобилей по маршрутам в районы, включающие индивидуальные дома и многоквартирные дома, представлена в табл. 4.24.

Данные учитывают все виды поездок — как из жилых районов, так и в обратном направлении, в утренние и в вечерние часы пик.

ГЕРЕБЕРТ С. ЛЕВИНСОН

Глава 5

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГОРОДАХ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРОДОВ

Социальные и демографические характеристики городов, а также характер использования территорий оказывают влияние на подвижность городского населения и потребность в транспортном обслуживании. Современные города характеризуются непрерывным и быстрым ростом численности населения, увеличением территории, возрастанием уровня автомобилизации населения.

Плотность и численность населения. Показатель плотности населения зависит в основном от возраста города и способов внутригородских передвижений, которые были заложены в предшествующие годы. Поэтому города в Европе, Азии и Южной Америке, как правило, имеют большую плотность населения, чем города в США. В табл. 5.1 приведены показатели плотности населения для больших городских агломераций Североамериканского континента, Европы и Азии.

В большинстве городов плотность населения снижается по экспоненте с увеличением расстояния (или времени поездки) до городского центра¹, т. е.

$$d_x = d_0 e^{-bx}, \quad (5.1)$$

где d_x — показатель плотности населения на расстоянии x от центра города; d_0 — плотность населения на расстоянии 0 (или плотность населения в самом центре города); b — градиент плотности.

¹ Высокая степень падения плотности населения при возрастании расстояния от центра города характеризует компактность города, в то время как низкий градиент (типичный для североамериканских городов) отражает разбросанность городской территории.

Таблица 5.1

Численность и плотность населения в ряде основных городов мира

Города — центры агломераций	Годы	Численность населения	Территория, км ²	Плотность населения, число жителей на 1 км ²
Нью-Йорк (район Манхеттена)	1970	1 539 233	57	27 000
Нью-Йорк	1970	7 894 862	777	10 170
Чикаго	1970	3 366 957	578	5 840
Лос-Анджелес	1970	2 816 061	1202	3 330
Детройт	1970	1 511 482	357	4 240
Монреаль	1966	1 222 255	122	10 000
Филадельфия	1970	1 948 609	332	5 850
Токио	1960	9 124 217	536	17 050
Большой Лондон	1960	8 210 000	1870	4 390
Осака	1960	5 158 010	318	16 200
Берлин	1960	4 244 600	890	47 500
Бомбей	1960	3 000 000	78	38 600
Калькутта	1961	2 926 498	101	28 600
Париж	1960	2 800 000	88	32 400

Уровень автомобилизации населения растет с увеличением его доходов и уменьшением показателя его плотности. Хотя наибольшее число владельцев автомобилей проживает в периферийных зонах городов, максимальная плотность индивидуальной автомобилизации (или количество индивидуальных автомобилей на единицу площади данного городского района) обнаружена в старых центрах городов.

В Филадельфии и Бостоне, где плотность населения приблизительно равна 5,8 тыс. жителей на 1 км², показатель плотности автомобилизации равен 1550 автомобилей на 1 км², а в Лос-Анджелесе с плотностью населения 2120 жителей на 1 км² средняя плотность автомобилизации составляет в среднем менее 970 автомобилей на 1 км².

Использование земельных территорий. Характер использования территорий в крупнейших городах США показан на рис. 5.1. В среднем приблизительно от 33 до 50% освоенной городской территории занято жилыми домами, около 10% территории используется для транспортных нужд города, производственных и коммунальных потребностей и до 5% занято торговыми предприятиями. Доля территории, занимаемая открытыми зонами и службами обучения, составляет в основном от 10 до 25%.

Улично-дорожная сеть занимает от 1/4 до 1/3 всей освоенной территории города независимо от его размера и плотности населения. Подобная пропорция почти не изменяется даже при строительстве скоростных автомагистралей в городах (в городах Лос-Анджелесе и Нью-Йорке менее 1/4 всей городской территории занято под улично-дорожную сеть, а в пределах пяти центральных районов Нью-Йорка улицы занимают более 1/3 всей освоенной территории).

Для сравнения можно указать, что в период с 1900 по 1930 г. улично-дорожная сеть города Сакраменто занимала только 21% всей территории города, а в некоторых новых городах, возникших после второй мировой войны, площадь, используемая для транспортных нужд, занимала только 15% всей территории городов.

Зависимость показателя плотности населения от степени автомобилизации отражена на рис. 5.2.

Вероятность обладания семьей одним автомобилем остается относительно постоянной при всех показателях плотности населения, но вероятность обладания

Характеристики междугородного сообщения*1

Город	Численность населения, чел.	Общее число поездов			Деловые поездки*2			Другие виды поездов*3		
		Подвижность населения, количество поездов на одного жителя	Средняя плотность поездов, в процент	Количество автомобилей на одного жителя	Подвижность населения, количество поездов на одного жителя	Средняя плотность поездов, в процент	Количество автомобилей на одного жителя	Подвижность населения, количество поездов на одного жителя	Средняя плотность поездов, в процент	Количество автомобилей на одного жителя
Сент-Луис (Штат Миссури)	1 456 673	0,0238	3,89	0,0925	0,0141	3,72	0,0524	0,0097	4,14	0,0401
Чаттануга (штат Теннесси)	242 096	0,0792	2,19	0,1732	0,0612	2,02	0,1235	0,0180	2,76	0,0497
Мадисон (штат Висконсин)	169 236	0,1515	2,38	0,3600	0,0971	2,25	0,2180	0,0544	2,61	0,1420
Спрингфилд (штат Миссури)	109 768	0,1220	2,88	0,3520	0,0738	2,58	0,1910	0,0482	3,35	0,1610
Грин-Бей (штат Висконсин)	96 407	0,1271	1,96	0,2430	0,0725	1,76	0,1275	0,0546	2,12	0,1155
Сент-Джозеф (штат Миссури)	84 165	0,1633	2,21	0,3620	0,0744	2,37	0,1762	0,0850	2,09	0,1775
Шебойган (штат Висконсин)	60 000	0,1160	2,06	0,2390	0,0765	1,61	0,1235	0,0395	2,93	0,1155
Джоплин (штат Миссури)	40 914	0,2750	2,02	0,5530	0,1596	1,94	0,3090	0,1154	2,10	0,2440
Морристаун (штат Теннесси)	27 000	0,2450	1,25	0,3061	0,1842	1,22	0,2253	0,0614	1,32	0,0812
Колумбия (штат Теннесси)	26 000	0,1459	1,47	0,2130	0,1062	1,25	0,1326	0,0396	2,94	0,0808

Вест Бенд (штат Висконсин)	15 520	0,2650	1,08	0,2880	0,1545	1,06	0,1640	0,1105	1,12	0,1240
Афишы (штат Теннеси)	13 100	0,2161	1,32	0,2861	0,1698	1,31	0,2218	0,0468	1,37	0,0645
Дуйсбург (штат Теннеси)	12 499	0,2900	1,71	0,4950	0,2170	1,62	0,3514	0,0718	1,98	0,1420
Старжон (штат Висконсин)	10 000	0,2395	2,40	0,5779	0,0609	2,44	0,1489	0,1786	2,40	0,4290
Барлингтон (штат Висконсин)	8 700	0,4080	1,08	0,4400	0,2360	1,12	0,2630	0,1720	1,03	0,1770
Гумбольд (штат Теннеси)	8 650	0,0669	4,03	0,2695	0,0626	2,64	0,1653	0,0043	24,30	0,1039
Монро (штат Висконсин)	8 170	0,4810	1,29	0,6210	0,2488	1,37	0,3414	0,2319	1,20	0,2793
Окономовок (штат Висконсин)	8 000	0,2450	1,30	0,3190	0,2079	1,17	0,2430	0,0370	2,05	0,0759
Лейк Женева (штат Висконсин)	5 500	0,9340	2,93	2,7200	0,2691	2,36	0,6356	0,6664	,1-	2,1054
Ваупака (штат Висконсин)	4 500	0,5450	1,67	0,9060	0,2910	1,51	0,4420	0,2540	1,82	0,4640
Рогерсвилл (штат Теннеси)	3 121	0,4480	3,00	1,3480	0,3762	1,99	0,7494	0,0727	8,67	0,6306

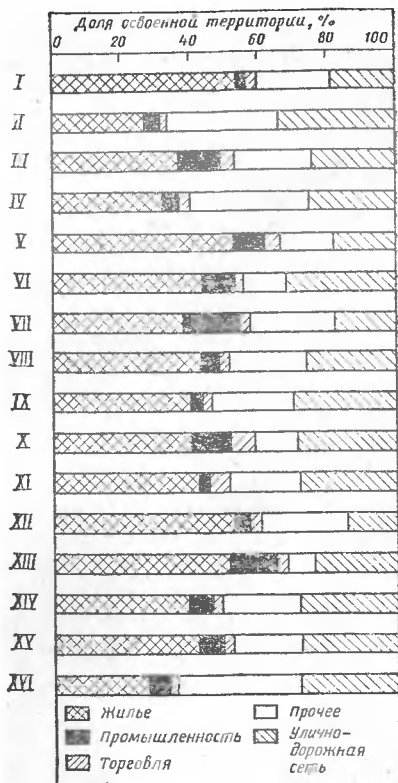


Рис. 5.1. Характер использования территорий крупнейших городов США — центров агломерации* населенных пунктов:

I — Нью-Йоркская агломерация; II — собственно Нью-Йорк; III — агломерация Лос-Анджелес; IV — агломерация Чикаго; V — агломерация Филадельфия; VI — агломерация Детройт; VII — агломерация Балтимор; VIII — агломерация Питтсбург; IX — агломерация Миннеаполис-Сент-Пол; X — Буффало; XI — агломерация Таксон; XII — агломерация Нэтвилл; XIII — агломерация Чаттануга; XIV — все города — центры агломераций в среднем; XV — все города-спутники, входящие в городские агломерации, в среднем; XVI — все 11 городских агломераций в среднем

* Агломерация — наиболее развитая форма группового расположения населенных пунктов преимущественно вокруг крупнейших городов, стачивающихся в этом случае ядром территории

одной семьей несколькими легковыми автомобилями имеет тенденцию к росту при снижении показателя плотности городского населения.

ТРАНСПОРТНОЕ СООБЩЕНИЕ С БЛИЗЛЕЖАЩИМИ ГОРОДАМИ

Интенсивность движения между близлежащими городами зависит от показателя плотности населения этих городов, расстояния (или времени сообщения) между ними и удобства сообщения. Для иллюстрации этого положения приведены табл. 5.2 и 5.3, в которых дан сравнительный анализ показателей междугородных сообщений для 22 городов США. Этот анализ позволил сделать следующие выводы:

среднее время, затраченное 664 000 пассажиров на поездки с пересечением границ городов, составляло 50 мин. Из этого количества пассажиров только

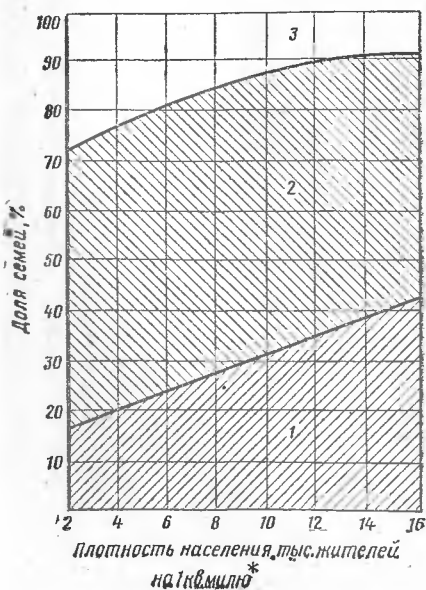


Рис. 5.2. Влияние плотности населения города — центра агломерации на уровень автомобилизации (по данным переписи населения 1960 г.):

1 — семьи, не имеющие автомобилей; 2 — семьи, имеющие один автомобиль; 3 — семьи, имеющие два и более автомобилей

* 1000 жителей на 1 милю² = 386 жителей на 1 км².

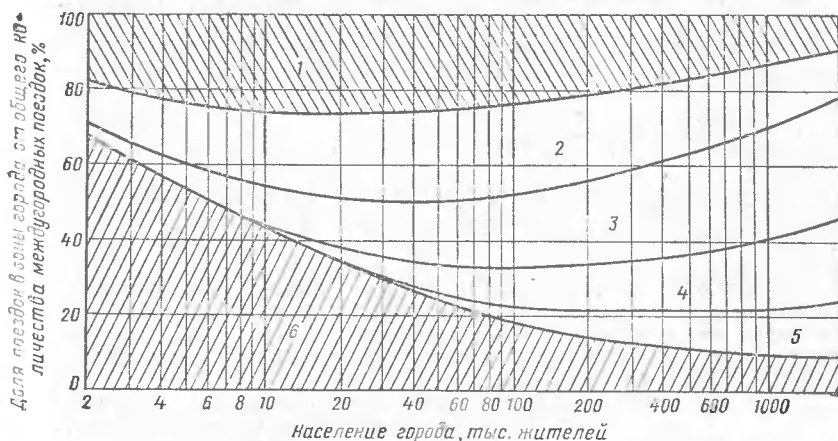


Рис 5.3. Распределение пунктов назначения междугородних поездок по территории города:

1 — поездки в центральный деловой район города; 2 — поездки в пределы оставшихся зон 1-го кольца; 3 — поездки в зоны 2-го кольца; 4 — поездки в зоны 3-го кольца; 5 — поездки в зоны 4-го кольца; 6 — поездки с пересечением границ города

27,5% затратили на поездки более 35 мин и приблизительно $\frac{3}{4}$ из них начинали и заканчивали свои поездки в местах, примыкающих к исследуемому району;

число городов, имеющих транспортную связь с данным городом, увеличивается при росте размера этого города;

количество поездок за пределы города возрастает с уменьшением размера города. Эта обратная зависимость отражает роль небольших городов как источников поездок населения и больших городов как мест погашения этих поездок. Более продолжительные (в среднем) поездки в города больших размеров предполагают большие притягательность и сферу влияния этих городов.

Распределение пунктов назначения поездок по территории города также зависит от численности населения этого города (рис. 5.3 и табл. 5.4). В малых городах более половины поездок совершается с выездом за их пределы. По мере

Таблица 5.3

Формулы для прогнозирования объемов пассажирских перевозок в междугородном сообщении

Характеристики междугородного сообщения	Общее число поездок	Деловые и трудовые поездки	Все остальные виды поездок
Количество поездок (продолжительностью более 35 мин) на одного жителя	$\frac{11}{P^{0,392}}$	$\frac{61}{P^{0,569}}$	$\frac{435}{P^{0,847}}$
Продолжительность поездки, ч	$\frac{P^{0,278}}{11,05}$	$\frac{P^{0,271}}{11,25}$	$\frac{P^{0,315}}{15,4}$
Количество автомобиле-часов на одного жителя города	$\frac{1}{P^{0,114}}$	$\frac{1}{P^{0,325}}$	$\frac{1}{P^{0,532}}$

Примечание. P — численность населения в границах города.

увеличения размера города возрастает доля внутригородских поездок. Свыше 90% всех поездок в больших городах совершаются в границах города.

Приблизительно 20—30% всех поездок в малых и 10% в больших городах (с населением свыше 1 млн. жителей) совершаются в центральный деловой район города.

ГЕНЕРАЦИЯ ПЕЗДОК

Количество, протяженность, цель и способ осуществления поездок зависят главным образом от характера использования городской территории, социально-экономических характеристик города и вида существующего транспортного обслуживания.

В большинстве городов США свыше $\frac{3}{4}$ всех поездок совершаются жителями на легковых автомобилях индивидуального пользования. Доля поездок, совершаемых на общественном транспорте, имеет тенденцию к росту при увеличении численности и плотности городского населения. В менее крупных городах предпочтение отдается общественному транспорту.

Большинство поездок жителей городов стран Европы, Азии и Южной Америки, имеющих высокие показатели плотности населения, низкий уровень автомобилизации и преобладающую ориентацию поездок в сторону центральных деловых районов, осуществляется общественным транспортом. Доля этих поездок уменьшается по мере роста уровня автомобилизации и увеличения размера города. В Афинах, например, $\frac{2}{3}$ всех поездок жителей осуществляется общественным транспортом, в то время как в агломерации Нью-Йорк доля таких поездок составляет только $\frac{1}{3}$.

На основании детальных исследований было установлено, что количество поездок, приходящихся на одного городского жителя в сутки, колеблется от 1,6 до 3,1, а приходящихся на одну семью — от 5,3 до 9,9. Однако среди городов в этом отношении имеется большое различие, зависящее от размера города, его структуры, экономики, уровня автомобилизации. Среднесуточная подвижность населения (с использованием транспортных средств) постепенно снижается по мере увеличения размера города и плотности городского населения. В больших городах, таких, как Чикаго, Филадельфия и Детройт, каждый житель ежедневно совершает в среднем две поездки. В городах меньших размеров, таких, как Оклахома Сити и Литл-Рок, каждый их житель совершает в среднем по три поездки в сутки.

Многие передвижения в городских районах с высокой плотностью населения осуществляются пешком и не учитываются в основных статистических данных по подвижности населения. При суммировании этих передвижений с поездками на транспорте показатель общей подвижности населения, вероятно, возрастает и наглядно иллюстрирует влияние высокой плотности населения на показатель подвижности городского населения.

Целевые назначения поездок

Все поездки городских жителей совершаются с определенными целями. Поэтому целевые назначения поездок (рис. 5.4) отражают степень деловой активности городских жителей.

Дом городского жителя является основным местом зарождения (начала) большинства поездок. В среднем $\frac{3}{4}$ всех поездок начинаются и заканчиваются дома.

В табл. 5.5 обобщены данные исследований целей поездок в городах с разной численностью населения и с учетом типов передвижений. Исследования подвижности населения в 50 городах США прсведены до 1961 г.

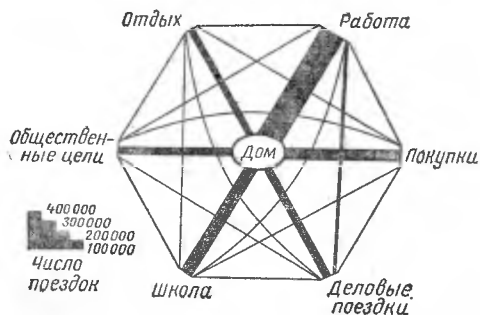


Рис. 5.4 Целевое назначение поездок в типичных городских районах

Поездки жителей в городах США и Канады распределяются следующим образом:

32%	. . . . .	на работу	11%	. . . . .	по делам
17%	. . . . .	за покупками	9%	. . . . .	на учебу
21%	. . . . .	на отдых	10%	. . . . .	на прочие цели

В табл. 5.6 суммированы результаты анализа целевого назначения поездок, осуществляемых из дома, для небольших городов Великобритании в зависимости от количества членов семьи. Приблизительно 37% всех поездок совершались на работу, 18 — за покупками, 12 — с общественными целями и на отдых, 5 — по делам, 23 — на учебу и обратно и 5% — с другими целями.

В табл. 5.7 приведено распределение общего числа трудовых поездок по способу передвижения для ряда городов Европы, Азии и Австралии, а также зависимость этого типа поездок от уровня индивидуальной автомобилизации и показателя общей подвижности населения. Данные по г. Скопле (СФРЮ) показывают, что трудовые поездки составляют большую долю из общего количества поездок в городах с малой подвижностью населения.

Количество трудовых поездок в сутки на одного жителя остается приблизительно постоянным для всех городов США, составляя в среднем 0,6 поездки, несмотря на разные показатели общей подвижности населения. Это позволяет сделать вывод, что количество нетрудовых поездок растет при увеличении уровня автомобилизации и дохода населения.

Таблица 5.4

Распределение поездок по территории города, %

Население, тыс. чел.	Доля поездок			Население, тыс. чел.	Доля поездок		
	с пересечением границ города	внутри городской черты	в центральный деловой район		с пересечением границ города	внутри городской черты	в центральный деловой район
0—5	57,7	42,3	24,3	100—250	15,4	84,6	22,1
10—25	32,7	67,3	31,1	250—500	10,4	89,6	24,2
25—50	19,9	80,1	33,2	500—1000	5,9	94,1	18,2

В табл. 5.8 помещены данные о количестве перевозимых в индивидуальных автомобилях пассажиров при поездках с разными целями. Количество пассажиров (включая и водителя) в автомобиле при трудовых поездках и поездках за покупками растет по мере того, как увеличивается количество жителей, приходящихся на один автомобиль (т. е. когда падает уровень автомобилизации).

Изменение подвижности населения по часам суток. Изменение подвижности городского населения по часам суток (в обычные рабочие дни) связано с целями назначением поездок и должно приниматься во внимание при определении необходимой провозной способности пассажирского транспорта.

Общая картина изменения подвижности населения по часам суток в зависимости от вида транспорта и размера города приведена соответственно на рис. 5.5 и 5.6. Анализ рис. 5.6 показывает, что по мере роста численности населения пики пассажироперевозок в утренние и вечерние часы имеют более ярко выраженный характер. При этом во всех городах приблизительно 8% от всего объема пассажироперевозок падает на вечерний час пик.

На рис. 5.7 приведены данные, характеризующие время нахождения легковых автомобилей в движении и на стоянке по часам суток. Заслуживают внимания два факта: 1) сравнительно небольшая часть автомобилей находится в движении в любой из часов дня: в вечерние часы пик приблизительно 80% всех автомобилей располагаются на стоянках; 2) в течение дневных часов суток боль-

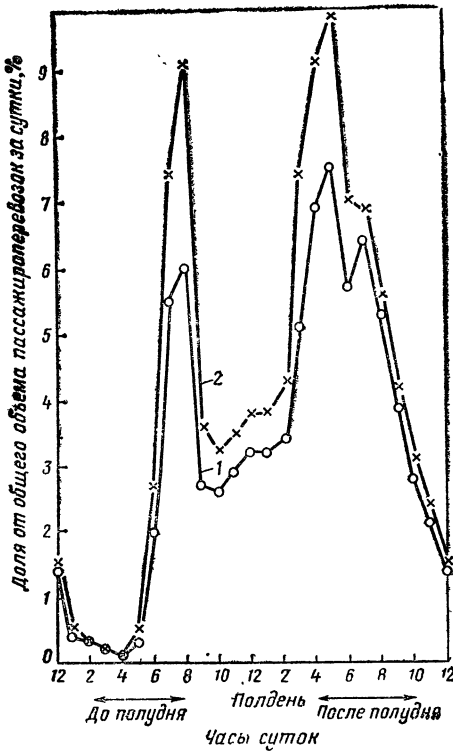


Рис. 5.5. Изменения подвижность городского населения по часам суток в зависимости от способа передвижения (по данным исследований в пяти городах Северной Америки):

1 — пассажироперевозки на индивидуальных автомобилях (30% от общего объема пассажироперевозок); 2 — пассажироперевозки на общественном транспорте (20% от общего объема пассажироперевозок)

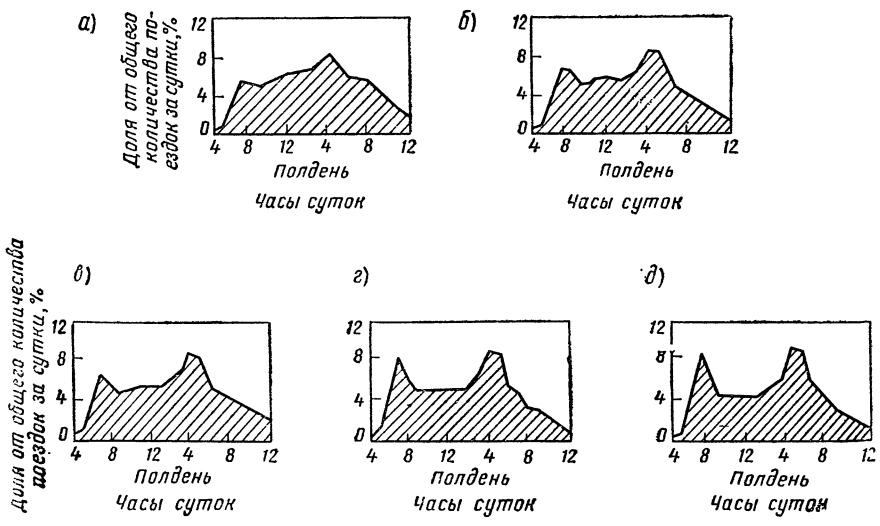


Рис. 5.6. Распределение общего числа поездок по времени суток для городов с разной численностью населения:

а — с населением от 50 000 до 100 000 жителей; б — с населением от 100 000 до 250 000 жителей; в — с населением от 250 000 до 500 000 жителей; г — с населением от 500 000 до 1 000 000 жителей; д — с населением более 1 000 000 жителей

Таблица 5.5

Распределение общего количества поездок по способу передвижения и целям для шести групп городов с различной численностью населения

Численность населения, тыс. чел.	Число городов в каждой группе	Способ передвижения	Цели поездок, %					Итого
			трудо-вые и деловые	по обществен-ным поуче-ниям и на от-дых	за покупками	к месту жительства	смешанного типа	
300 и более	4	В качестве водителя автомобиля	35,4	9,3	6,2	36,2	12,9	100
		В качестве пассажира автомобиля или такси	19,1	23,3	6,5	42,7	3,8	100
		В качестве пассажира общественного транспорта	28,2	7,0	6,2	40,8	17,8	100
		Итого	28,9	10,7	6,3	39,6	14,5	100
500—1000	6	В качестве водителя автомобиля	31,5	8,8	8,4	38,9	12,4	100
		В качестве пассажира автомобиля или такси	16,6	23,0	8,3	43,1	9,0	100
		В качестве пассажира общественного транспорта	33,0	6,2	6,8	47,6	6,4	100
		Итого	28,9	10,9	7,8	42,9	9,5	100
250—500	3	В качестве водителя автомобиля	33,9	10,4	8,4	35,1	12,2	100
		В качестве пассажира автомобиля или такси	16,9	26,3	8,3	41,0	7,5	100
		В качестве пассажира общественного транспорта	30,2	9,0	7,2	43,2	10,4	100
		Итого	28,4	13,8	8,0	30,4	10,4	100
100—250	20	В качестве водителя автомобиля	30,4	9,8	9,3	35,7	14,8	100
		В качестве пассажира автомобиля или такси	16,0	35,9	8,9	42,1	7,1	100
		В качестве пассажира общественного транспорта	26,3	9,2	8,3	47,6	8,1	100
		Итого	25,4	14,3	8,9	40,1	11,3	100

Численность населения, тыс чел	Число городов в каждой группе	Способ передвижения	Цели поездок, %						итого
			трудовые и деловые	по общественным поручениям и на отдых	за покупками	к месту жительства	смешанного типа		
50—100	12	В качестве водителя автомобиля	30,0	10,9	8,0	36,5	14,6	100	
		В качестве пассажира автомобиля или такси	17,5	26,3	7,9	42,8	5,5	100	
		В качестве пассажира общественного транспорта	29,8	9,1	7,8	46,7	6,6	100	
		Итого	26,5	14,8	7,9	40,6	10,2	100	
Менее 50	5	В качестве водителя автомобиля	29,0	10,8	9,0	34,3	16,9	100	
		В качестве пассажира автомобиля или такси	13,9	32,9	8,0	40,3	4,9	100	
		В качестве пассажира общественного транспорта	26,6	9,2	9,9	46,7	7,6	100	
		Итого	24,0	17,5	8,8	37,8	11,9	100	
Все группы	50	В качестве водителя автомобиля	32,3	9,5	8,0	36,8	13,4	100	
		В качестве пассажира автомобиля или такси	17,2	24,5	7,9	42,5	7,9	100	
		В качестве пассажира общественного транспорта	29,5	7,2	6,8	44,0	12,5	100	
		Итого	27,9	12,0	7,5	40,8	11,8	100	

шинство легковых автомобилей располагаются на внеуличных стоянках, расположенных на свободных местах, а в вечерние часы суток большинство автомобилей находятся на стоянках вблизи мест жительства владельцев.

Распределение количества поездок в часы пик по разным видам городского транспорта (рельсового и нерельсового) показано в табл. 5.9. Объем пассажиро-перевозок по городским железным дорогам в час пик в наиболее загруженном направлении составляет более 20% от общего объема пассажиро-перевозок этим видом транспорта за сутки. Для скоростных видов рельсового городского транспорта эта доля колеблется от 12 до 16%, а для городских скоростных автомагистралей — от 4 до 8%.

Уровень капиталовложений и показатели производительности видов транспорта, а также дальность поездок в городах являются важными параметрами, используемыми при планировании транспортного обслуживания населения.

Величины отношения действительной длины поездок (замеряемой по трассе улично-дорожной сети) к длине поездок, замеряемой по прямой, в ряде городов

Зависимость целей и числа поездок за пределы города от количества членов в семье (исследованы поездки продолжительностью более 24 ч)

Количество членов в семье / количество семей в каждой группе	Трудовые		Деловые		За покупками		На учебу		Культурно-бытовые и на отдых		С другими целями		Все поездки	
	Количество поездок	Доля от общего док. %	Количество поездок	Доля от общего док. %	Количество поездок	Доля от общего док. %	Количество поездок	Доля от общего док. %	Количество поездок	Доля от общего док. %	Количество поездок	Доля от общего док. %	Количество поездок	Доля от общего док. %
1/79	0,27	36	0,04	5	0,27	36	0,01	1	0,09	12	0,07	10	0,75	100
2/336	0,85	48	0,11	6	0,48	27	0,01	1	0,24	14	0,08	4	1,77	100
3/247	1,28	43	0,17	6	0,53	18	0,50	17	0,39	3	0,09	3	2,9%	100
4/227	1,38	32	0,22	5	0,61	15	1,36	32	0,49	11	0,23	5	4,29	100
5/80	1,24	27	0,14	3	0,51	11	1,86	41	0,48	10	0,35	8	4,58	100
6/17	0,71	13	0,24	4	0,88	17	2,29	44	0,53	10	0,64	12	5,29	100
7/5	1,40	25	0,20	4	0,40	7	3,40	60	0,20	4	0,00	0	5,60	100
8/1	2,00	50	0,00	0	1,00	25	1,00	25	0,00	0	0,00	0	4,00	100
Среднее	1,06	37	0,15	5	0,51	18	0,65	23	0,34	12	0,16	5	2,87	100

Характеристика подвижности населения в ряде

Город	Год обследования	Численность населения, чел.	Территория города, кв. миля	Количество зарегистрированных индивидуальных автомобилей	Уровень автомобилизации, количество человек на один индивидуальный автомобиль
Хобарт	1963	125 400	78	36 900	3,4
Скопле	1965	220 000	42	10 600	20,8
Брисбен	1960	593 658	375	151 560	3,9
Афины	1962	1 900 000	206	67 700	28
Бомбей	1962	4 345 202	328	62 200	70
Лондон	1961	8 826 620	941	145 000	6,1

США показаны на рис. 5.8. Это отношение зависит от геометрических характеристик улично-дорожных сетей городов. Величина отношения находится в пределах 1,2—1,4, причем большие значения соответствуют городам с прямоугольной планировкой или неправильной планировкой (например, Чикаго или Питтсбург), а нижнее значение — городам с радиально-кольцевой планировкой (например, Детройт, Вашингтон). Влияние численности населения городов на дальность поездок показано на рис. 5.9

Как дальность поездки, так и затрачиваемое на нее время, увеличивается по мере роста населения города. Регрессионный анализ показал наличие определенной зависимости между численностью городского населения и средней продолжительностью трудовых поездок. Уравнение регрессии (5.2) составлено по данным исследований в 23 городах США:

$$\log_e \bar{t} = -0,025 + 0,19 \log_e P, \quad (5.2)$$

где \bar{t} — средняя продолжительность поездки, мин; P — численность городского населения.

Это уравнение может быть написано в другом виде:

$$\bar{t} = 0,98P^{0,19}. \quad (5.3)$$

Среднеквадратичная ошибка коэффициента регрессии составляла 0,26, а коэффициент детерминации был равен 0,71.

Движение грузового автомобильного транспорта в городах. Движение грузового автомобильного транспорта в городах вызывается рядом потребностей городского хозяйства.

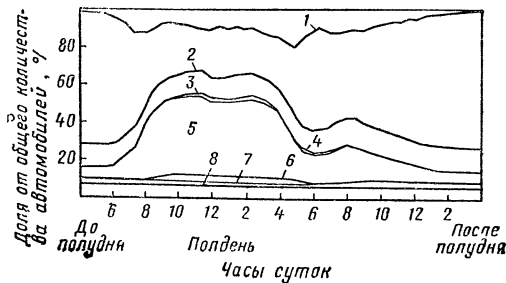


Рис. 5.7. Распределение времени нахождения автомобилей в движении и на стоянке по часам суток:

1 — автомобили, находящиеся в движении; 2 — автомобили, находящиеся на стоянках или в гаражах в жилых кварталах; 3 — автомобили, находящиеся на стоянках без ограничения времени; 4 — автомобили, находящиеся на уличных стоянках с паркометрами; 5 — автомобили на внеуличных площадках без оплаты; 6 — автомобили на платных уличных стоянках; 7 — прочее; 8 — автомобили не эксплуатирующиеся

Таблица 5.7

городов Европы, Азии и Австралии

Общее количество поездок в черте города в сутки	Доля пассажироперевозок общественным транспортом, %	Число поездок в сутки на одного жителя	Доля трудовых поездок, %	Число трудовых поездок в сутки на одного жителя	Доля освоенных трудовых поездок общественного транспортом, %	Доля опрошенных семей из общего количества семей в городе, %
238 000	27	1,9	28	0,53	30	5,4
163 209	74	0,7	49	0,59	82	6,4
1 011 209	45	1,7	35	0,34	67	5,0
3 200 000	65	1,7	—	—	—	0,33
2 700 000	70	0,6	—	—	—	0,40
14 396 000	54	1,6	52	0,83	63	1,7

Количество зарегистрированных грузовых автомобилей в городах в основном зависит от размера городской территории и географического расположения самого города. Более высокое значение количества грузовых автомобилей на одного жителя в малых городах (рис. 5.10) отражает тенденцию их использования для перевозок пассажиров. По мере роста города начинает преобладать использование грузовых автомобилей по найму.

Для городов США типичны следующие характеристики грузового автомобильного движения:

доля поездок грузовых автомобилей в городах составляет около 15% от общего числа транспортных поездок в сутки;

число поездок грузовых автомобилей на 0,4 га освоенной городской территории составляет приблизительно 1,6—1,8;

число поездок грузовых автомобилей в расчете на одного жителя уменьшается по мере роста размера города: для городов с населением 250 000 чел. число поездок составляет около 30 на 100 жителей, а в городах с населением свыше 2 000 000 чел. — около 20.

Грузовые автомобили малой грузоподъемности доминируют в общем объеме грузового автомобильного движения; число поездок таких автомобилей составляет около $\frac{2}{3}$ от общего числа поездок всех грузовых автомобилей. Грузовые

Таблица 5.8

Зависимость количества перевозимых в автомобиле пассажиров от целевого назначения поездок в городских условиях

Среднее количество пассажиров в автомобиле	Среднее количество перевозимых в автомобиле пассажиров при разных целях поездок			
	Трудовые	За покупками	Общественные	Все целевые
1,5—2,0	1,10	1,30	2,35	1,4—1,6
2,0—2,5	1,20	1,40	2,35	1,4—1,6
2,5—3,0	1,25	1,45	2,25	1,4—1,6
3,0—3,5	1,30	1,45	2,35	1,4—1,6
3,5—4,0	1,35	1,45	2,35	1,4—1,6
4,0—5,0	1,40	1,45	2,35	1,4—1,6
5,0—6,0	1,50	1,50	2,35	1,5—1,7
6,0 и более	1,60	1,55	2,35	1,6—1,8

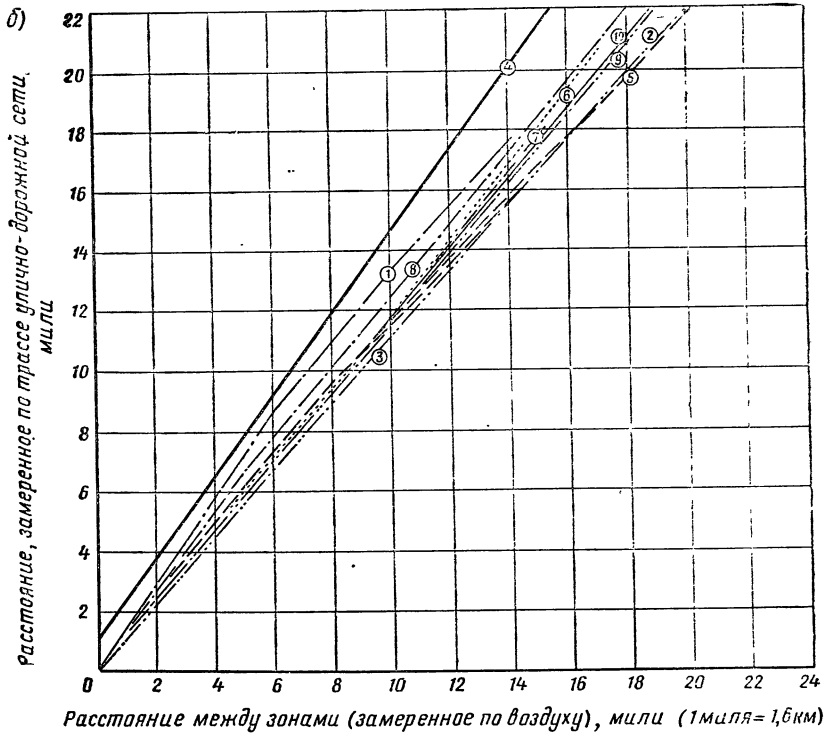
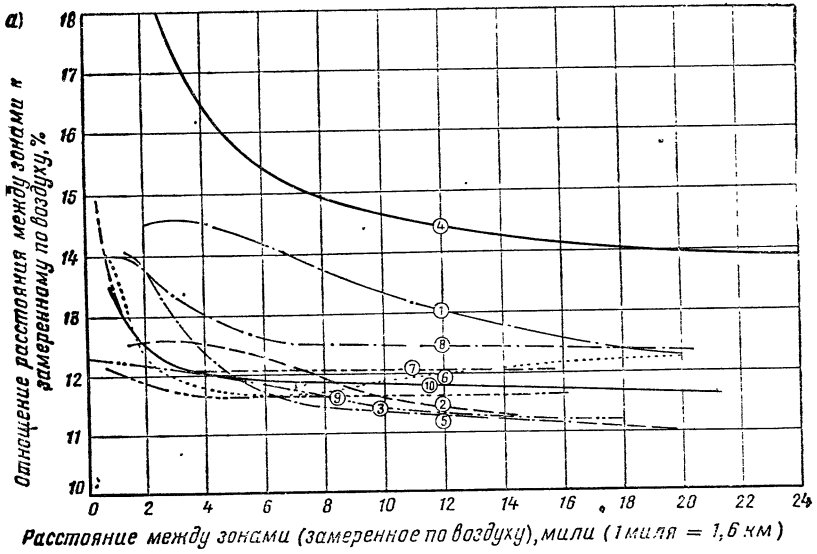


Рис. 5.8. Сравнение дальности поездок (б) и отношений (а) действительной дальности поездок к длине, замеренной по воздуху, для ряда городов США:

1 — Чикаго; 2 — Детройт; 3 — Вашингтон; 4 — Питтсбург; 5 — Сент-Луис; 6 — Хьюстон; 7 — Канзас Сити; 8 — Майами; 9 — Окленд; 10 — Шарлотт

Таблица 5.9

Приблизительная доля пассажироперевозок от общего их объема, осваиваемая общественным транспортом или автомобилями в часы пик в ряде городов

Транспортная система и город*	Доля от суточного объема пассажиро-перевозок, %		Доля интенсивности транспортно-го движения в час пик в основном направлении (в вечернее время), %	Доля перевезенных пассажиров в основном направлении за максимальный час пик от общего объема пассажиро-перевозок за сутки, %
	за 4 часа периода пик	за макси-мальный час пик		
Системы скоростного автобуса:				
Чикаго	49	—	—	—
Вашингтон (три основные линии)	53	16	79,0	12,6
Системы городских скоростных железных дорог:				
Бостон	44	—	—	—
Нью-Йорк (центральная часть)	49	14	86,5	12,1
Чикаго	58	16	80,5	12,9
Торонто	51	18	80,5	14,5
Кливленд	58	19	84,0	16,0
Филадельфия	58	17	77,0	13,1
Системы пригородных железных дорог:				
Чикаго	72	25	—	—
Вашингтон (линия Пенсильвания)	68	23	—	—
Филадельфия (линия Пенсильвания)	68	25	84,9	21,2
Системы скоростных автомагистралей:				
Дейтройт (автомагистраль «Лодж-Форд Экспрессвэй»)	28	7	57,4	4,0
Чикаго (магистраль «Конгресс Стрит»)	30	8	62,6	5,0
Вашингтон (мост Мемориал)	44	13	63,7	8,3
Бостон (дорога № 128)	29	9	—	—

* По данным 1959—1962 гг.

автомобили средней грузоподъемности осваивают 30% всех поездок на грузовых автомобилях. Грузовые автомобили малой грузоподъемности составляют 67%, средней грузоподъемности — 28 и большой грузоподъемности — 5% от общего числа грузовых автомобилей в городах.

Грузовое автомобильное движение концентрируется в основном в центральном деловом районе и прилегающих зонах.

Данные обследования грузового автомобильного движения в 11 городах США обобщены в табл. 5.10—5.12.

В табл. 5.10 приведены характеристики среднесуточного использования грузовых автомобилей. В среднем каждый грузовой автомобиль выполняет около четырех поездок в сутки.

Таблица 5.10

Характер использования грузовых автомобилей в среднем за сутки

Класс грузовых автомобилей	Грузовые автомобили, совершившие поездки		Поездки грузовых автомобилей за сутки		Выполненные автомобилем		Среднесуточный пробег, мили		
	Количество	Доля, %	Количество	Доля, %	Количество	Доля, %	На одну грузовой автомобиль	На одну поездку	Число поездок на один грузовой автомобиль за сутки*
Малой грузоподъемности	72 989	71,6	608 606	67,7	2 075 660	65,3	28,4	3,4	8,3
Средней и большой грузоподъемности	28 691	28,2	289 810	32,3	1 104 742	34,7	36,5	3,8	10,1
Итого	101 680	100	898 416	100	3 180 402	100	31,3	3,5	8,8

* Эти величины рассчитаны для грузовых автомобилей, совершающих свои поездки в будние дни. С учетом всех грузовых автомобилей, зарегистрированных в городе, среднее число поездок в сутки, приходящихся на один грузовой автомобиль, составляет 5,9, так как некоторая доля зарегистрированных автомобилей находится в любой из дней недели в простое.

Таблица 5.11

Характер использования грузовых автомобилей, %

Категория пользователей грузовыми автомобилями	Распределение грузовых автомобилей по грузоподъемности			Распределение поездок грузовых автомобилей в зависимости от их грузоподъемности			Распределение пробега грузовых автомобилей в зависимости от их грузоподъемности		
	малой	большой	всего	малой	большой	всего	малой	большой	всего
Коммунальное хозяйство:									
сельское хозяйство	1,8	2,1	1,9	1,5	1,4	1,5	1,7	1,8	1,8
строительство	20,2	12,5	17,6	11,1	6,9	9,7	20,2	11,7	17,3
промышленность	4,4	11,8	6,5	9,4	13,5	10,8	5,8	11,2	7,7
транспортное обслуживание	6,2	23,3	11,0	12,0	16,5	13,4	7,4	25,2	13,5
оптовая и розничная торговля	20,9	36,4	25,3	33,2	45,7	37,4	26,9	37,0	30,3
служба быта и индустрия отдыха	10,2	4,4	8,6	15,9	4,6	12,2	12,4	3,2	9,2
Правительственные учреждения	2,9	6,5	3,9	3,8	9,1	5,5	3,7	7,4	5,0
Личное пользование	33,4	3,0	25,2	13,1	2,4	9,6	21,9	2,5	15,2
Итого:	100	100	100	100	100	100	100	100	100

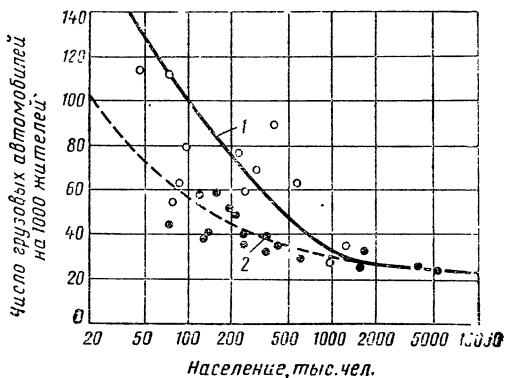
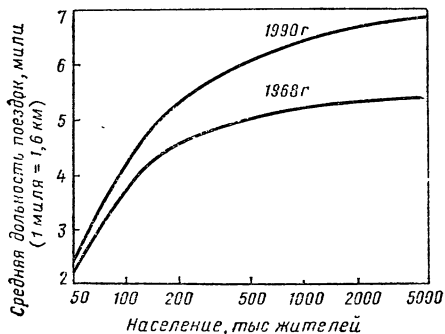


Рис. 5.9. Значение средней дальности поездок в городах с разной численностью населения

Рис. 5.10. Зависимость количества грузовых автомобилей в городах, приходящихся на одного жителя, от численности населения города (учтены только автомобили частного владения):

1 -- города на западе США; 2 — города на востоке США

В табл. 5.11 дано распределение общего числа поездок грузовых автомобилей в городах по целям назначения.

Приблизительно 30% от суммарного числа поездок грузовых автомобилей за сутки осуществляется для обслуживания предприятий оптовой и розничной торговли. 17% поездок обслуживают городское строительство и 15% обеспечивают индивидуальное обслуживание

В табл. 5.12 анализируются целевые назначения всех поездок грузового автомобильного транспорта. Наибольшее число грузовых автомобилей работает на развозочных маршрутах.

Таблица 5.12

Распределение поездок грузовых автомобилей по целевому назначению

Цели поездок или место назначения	Доля от общего числа поездок за сутки, %
Доставка товаров на дом	19,3
Персональное использование	9,1
Доставка грузов торговли:	41,1
розничная торговля	17,3
оптовая »	16,3
обслуживание рынков	7,5
Почта и телеграф	6,1
Строительство	4,9
Обслуживание и ремонт	8,0
Деловые поездки	7,2
Прочие цели	4,3
Итого:	100,0

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ ДЕЛОВЫХ РАЙОНАХ ГОРОДОВ

Центральный деловой район (ЦДР) представляет собой культурный, торговый и экономический центр города или городской агломерации, место, где концентрируются все виды транспорта. Он является зоной наибольшей интенсивности дорожного движения. Транспортное планирование в ЦДР должно базироваться на характере существующего и перспективного использования земельной территории, учете потребностей в транспортных поездках, обеспечении оптимального транспортного сообщения между всеми городскими зонами. Для оценки пропускной способности транспортной сети города, разработки программ по улучшению условий дорожного движения в центре необходимо иметь четкое представление о характере движения в ЦДР. Для городов США и Канады типичны следующие характеристики ЦДР.

большинство ЦДР расположены вблизи центров максимальной плотности населения в городе, за исключением тех городов, где этому мешают топографические условия. Эти районы занимают обычно территорию 2,5—4,0 км². Приблизительно половина всей территории ЦДР занята под улицы и автомобильные стоянки;

количество поездок в ЦДР на одного жителя города имеет тенденцию к падению при увеличении времени и расстояния от места жительства до центра города. По сравнению с другими видами поездок в ЦДР трудовые поездки остаются относительно на постоянном уровне при разных условиях;

в большинстве городов количество поездок в ЦДР растет более медленными темпами, чем общая численность поездок населения города. Это обычно происходит из-за уменьшения числа поездок между новыми периферийными районами и центром города и увеличением числа поездок из пригородных зон. Как следствие наблюдается общая тенденция увеличения средней протяженности поездок и уменьшения степени использования общественного транспорта;

в большинстве городов от половины до $\frac{2}{3}$ всего объема дорожного движения в часы пик проходит через центр.

Обобщенные зависимости между численностью городского населения и числом поездок, которые оканчиваются в ЦДР, приведены на рис. 5.11. Характеристики таких поездок по целевому назначению приведены на рис. 5.12. Из рис. 5.12 видно, что объем пассажироперевозок в ЦДР увеличивается с ростом численно-

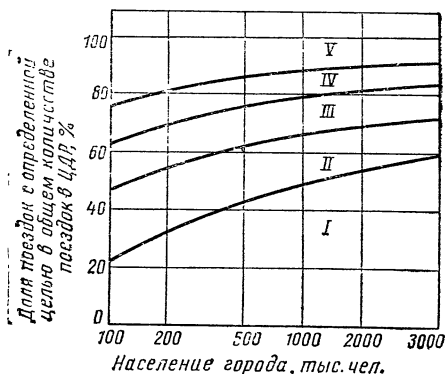
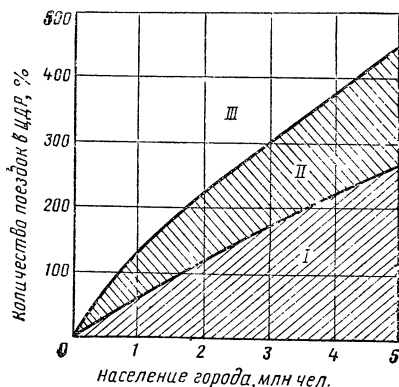


Рис. 5.11. Обобщенная зависимость количества поездок жителей города в ЦДР от численности населения города.

I — трудовые поездки; II — поездки с другими целями; III — все виды поездок

Рис. 5.12. Распределение поездок в ЦДР по целевому назначению:

I — на работу; II — за покупками; III — деловые поездки; IV — поездки с общественными целями и на отдых; V — поездки с разными целями

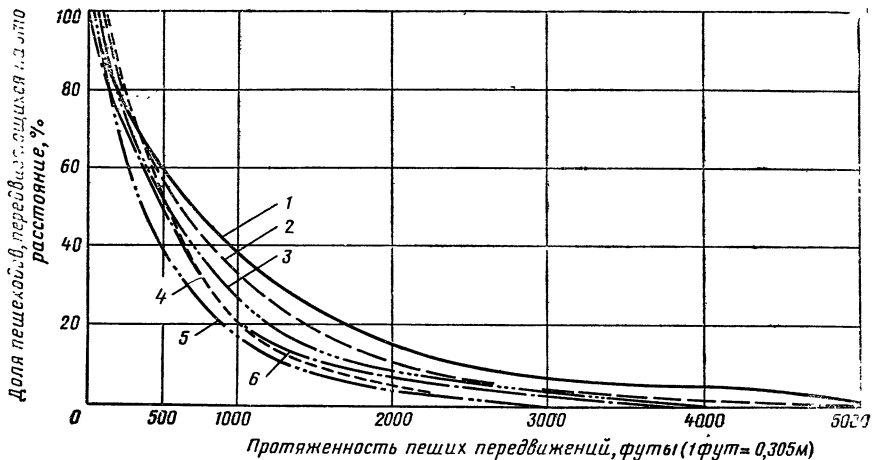


Рис. 5.13. Расстояния пеших передвижений в городах-центрах агломераций:
 1 — Сиэтл (между зданиями); 2 — Питтсбург; 3 — Даллас; 4 — Денвер; 5 — Атланта; 6 — Сиэтл (от автомобильных стоянок)

сти городского населения, но несколько замедленными темпами. Доля трудовых поездок в этот район также растет с увеличением размера (численности населения) города. Для городов с населением, превышающим 1 млн. чел., более половины всех поездок в ЦДР приходится на трудовые поездки.

Количество поездок жителей в ЦДР возрастает от 40 тыс. при численности городского населения менее 200 тыс. чел. до 225 тыс. при численности населения 2 млн. чел.

Доля трудовых поездок в ЦДР увеличивается от 33% для городов с населением 200 тыс. чел. до более чем 50% для больших городских агломераций. Это говорит о том, что при увеличении городской агломерации до определенных пределов город-центр агломерации становится центром мест приложения труда. В городских агломерациях с численностью населения около 2 млн. чел. приблизительно 55% всех поездок в ЦДР составляют трудовые поездки, 15% — поездки за покупками, 15% — деловые поездки и 15% — поездки с общественными целями, на отды и по другим делам.

Дальность пеших передвижений изменяется в зависимости от размера города и отражает характер расположения остановок общественного транспорта и автомобильных стоянок относительно крупных магазинов и учреждений. Расстояния пеших передвижений в основном одинаковы в городах приблизительно с одной и той же численностью населения (рис. 5.13). В городах среднего размера, подобно Далласу и Питтсбургу средняя дальность пешего передвижения составляет около 150 м и 80% всех владельцев автомобилей ходят к местам стоянки менее чем за 370 м.

Большинство пеших передвижений в ЦДР осуществляется на короткие расстояния, отражая желания жителей экономить время, затрачиваемое на передвижения, и избегать неудобства, связанные с этими передвижениями.

Пешие передвижения в ЦДР можно подразделить на две основные категории:

между остановками общественного транспорта или автомобильными стоянками и местами приложения труда;

между магазинами и учреждениями в торговых зонах ЦДР.

Обе категории передвижений должны рассматриваться при планировании движения в центре города. В городе-центре агломерации Сиэтл, например, 56% всех пеших передвижений осуществляется к остановкам общественного транспорта, 44% составляют передвижения между зданиями. Около 31% пеших передвижений выполнено за покупками в магазины.

Целевые назначения пеших передвижений зависят от места и времени дня, отражая комплексное влияние характера использования территории и размещения основных центров активности.

Пункты притяжения пеших передвижений концентрируются главным образом в магазинах и торговых зонах ЦДР. Сравнительно небольшая интенсивность пешеходного движения наблюдается между этими зонами и зонами концентрации вторичной активности, расположенными на границе ЦДР. По сравнению с пешими передвижениями между зданиями большее число пеших передвижений отмечено между автомобильными стоянками и зданиями. Таким образом, расположение основных автомобильных гаражей и стоянок оказывает большое влияние на распределение пеших передвижений по ЦДР. Как результат действия этих многочисленных факторов пешеходные потоки более локализованы, чем движение транспортных средств или средств общественного транспорта.

ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Количество, цель и частота передвижений населения в городах зависят от характера и интенсивности использования городской территории

При исследовании поездок населения обычно накладываются следующие ограничения:

- зарождение поездок происходит по месту жительства;
- пункты назначения поездок находятся вне мест жительства, а именно в магазинах, на заводах, в учебных заведениях или общественных учреждениях и зонах отдыха.

Для поездок, начинающихся вне мест жительства, различия между пунктами зарождения и тяготения (назначения) неопределенны.

Параметры процесса зарождения поездок зависят от следующих факторов: общей численности населения и распределения его по возрасту, полу, доходу и размеру семьи;

- количества семей;
- степени автомобилизации населения;
- численности работающего населения и распределения его на служащих и рабочих;
- численности учащихся.

Тяготение поездок определяется: численностью работающего населения с распределением его на служащих и рабочих;

- площадью помещений;
- характером использования территории;
- количеством школьников;
- привлекательностью зон отдыха.

Установление зависимости между целями поездок, с одной стороны, и характером использования земельной территории и социальноэкономическими показателями, с другой, производится методами регрессионного анализа.

Уравнения множественной регрессии широко применяются для определения числа поездок. Эти уравнения имеют вид

$$Y = A_1x_1 + A_2x_2 + A_3x_3 + \dots + A_nx_n + B.$$

В идеальном случае $B \rightarrow 0$ и $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ представляют собой входные переменные, желательные независимые.

Коллинеарность среди входных независимых переменных является общей, когда уравнения регрессии составлены на основе зон города и эти переменные соответствуют численности городского населения, числу учащихся школьного возраста, числу индивидуальных автомобилей и числу работающих. В наиболее заселенной зоне города обычно насчитывается большее число детей, обучающихся в школах, большее число рабочих и большее количество индивидуальных автомобилей. Анализ независимых переменных на корреляцию между собой необходим для распознавания и уменьшения распространения коллинеарности.

Для оценки влияния на городское движение нового строительства широко используется метод оценочного анализа. При этом методе все семь группиро-

ются по категориям и в каждой из категорий определяется степень подвижности. После того как разработана основная классификация, могут быть составлены уравнения регрессии

Исследования показали устойчивую тенденцию снижения подвижности населения при уменьшении ее плотности (как в разных городах, так и в разных зонах одного города). Показатель плотности населения, в свою очередь, обычно коррелируется с уровнем автомобилизации, возрастом города и со способами передвижений. На рис. 5.14 отражены различные зависимости между степенью использования общественного транспорта и показателем плотности населения. Почти в каждом случае высокая плотность населения (вместе с низким уровнем автомобилизации) ведет к увеличению степени использования общественного транспорта, но на эту зависимость также влияют такие факторы, как разница в комфорте передвижений и стоимости платы проезда, концентрация мест активности в ЦДР и сосредоточение мест жительства населения вдоль основных транспортных направлений, зависящих от планировочной структуры города.

Зависимости доли поездок на автомобиле в качестве водителя от плотности распределения мест погашения всех поездок приведены на рис. 5.15 для городов Пенн-Джерси 1, Питтсбурга 2 и Чикаго 3.

Из рис. 5.15 видно, что при плотности мест погашения поездок ниже 10 тыс. на 2,56 км² приблизительно 57% всех поездок будет совершено на автомобилях в качестве водителей. При плотности, превышающей это значение, наблюдается снижение этой доли до величины, зависящей от характера города и уровня автомобилизации населения.

Типичные зависимости между уровнем автомобилизации, размером города и способом передвижения приведены в табл. 5.13.

Члены семей, не имеющих в личном пользовании автомобиль, совершают в день менее одной поездки, члены семей, обладающих одним автомобилем, со-

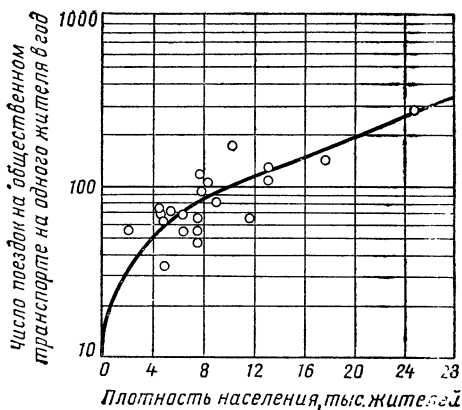


Рис. 5.14. Степень использования общественного транспорта в зависимости от плотности населения

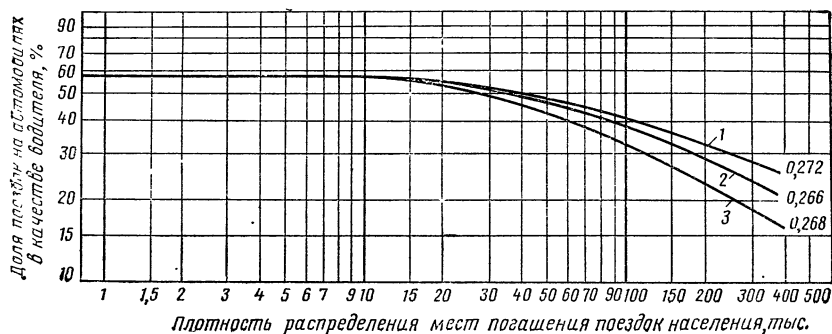


Рис. 5.15. Доля поездок в качестве водителя автомобиля в зависимости от плотности распределения мест погашения поездок (цифры у кривых обозначают число индивидуальных автомобилей на одного жителя данного города)

Обобщенные характеристики числа поездок на одного жителя города

Размер города и число поездок	Число автомобилей в семье		
	0	1	2 и более
Большие города:			
общее число поездок	1,0	2,0	3,0
число поездок на общественном транспорте	0,7	0,3	0,2
Города среднего размера:			
общее число поездок	1,0	2,3	3,3
число поездок на общественном транспорте	0,4	0,2	0,1
Небольшие города:			
общее число поездок	1,0	2,5	3,5
число поездок на общественном транспорте	0,3	0,1	0,1

вершают в день около двух поездок, и члены семей, обладающих несколькими автомобилями, — приблизительно три-четыре поездки в день. В противовес этому число поездок в сутки на общественном транспорте уменьшается приблизительно от 0,6 для членов семей, не имеющих автомобиль и живущих в больших городах, до 0,3 для членов семей, обладающих одним автомобилем, и менее 0,3 для членов семей, имеющих несколько автомобилей в личном пользовании.

В городах меньшей величины эти показатели относительного числа поездок жителей приблизительно одинаковы в пределах данного уровня автомобилизации. Однако доля поездок на общественном транспорте намного меньше даже среди членов семей, не имеющих автомобиля. Большая доля поездок жителей, не имеющих автомобиля, осуществляется ими в качестве пассажиров автомобилей. Это подразумевает зависимость от соседней семьи, имеющей в личном пользовании автомобиль, который может быть использован для поездок на работу или за покупками.

Таблица 5.14

Влияние уровня автомобилизации на среднее число поездок всех членов семьи с распределением поездок по целям

Цель поездки из дома	Семьи без автомобиля	Семьи с одним автомобилем	Семьи с несколькими автомобилями	Отношение числа семей с одним автомобилем к числу семей без автомобиля, %	Отношение числа семей с несколькими автомобилями к числу семей с одним автомобилем, %
На работу	0,62	1,66	2,49	2,68	1,50
За покупками	0,37	1,05	1,58	2,84	1,50
С культурно-бытовыми целями и на отдых	0,30	1,11	2,10	3,70	1,89
К месту учебы	0,17	0,44	1,04	2,59	2,36
С другими целями	0,32	0,87	1,58	2,71	1,81
Поездки не из дома	0,19	1,37	2,86	7,20	2,09
Все поездки	1,97	6,50	11,65	3,30	1,79

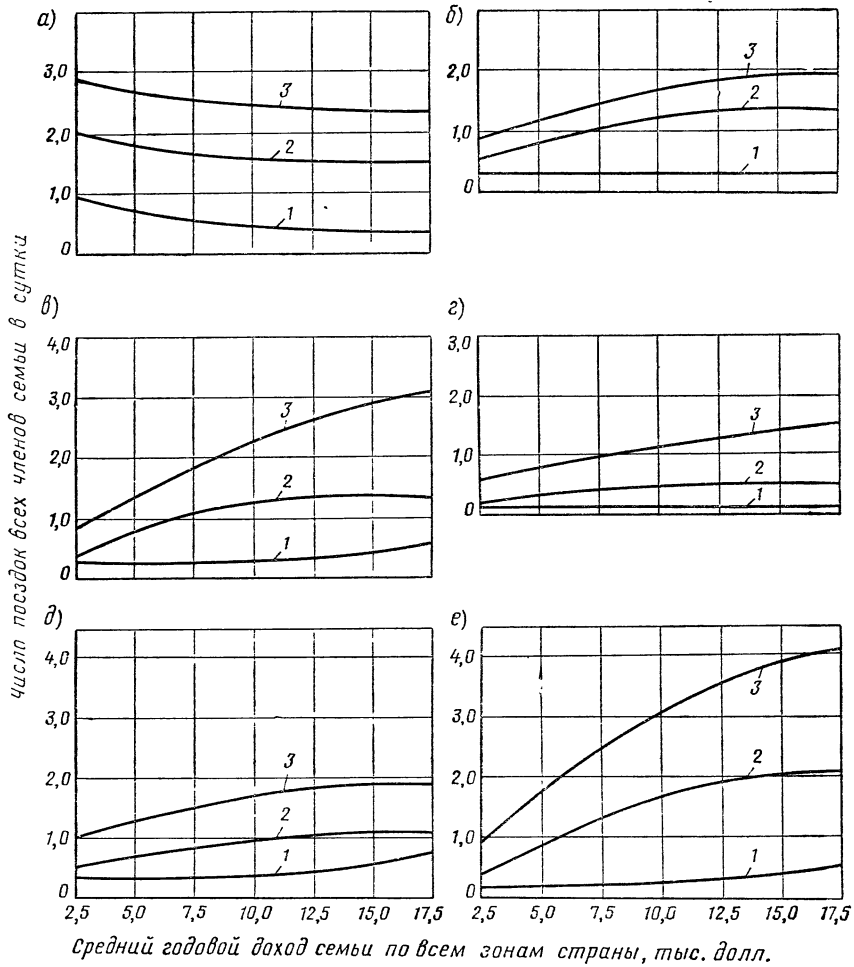


Рис. 5.16. Зависимость числа поездок всех членов семьи от уровня автомобилизации и суммарного годового дохода семьи:

а — поездки из дома на работу; б — поездки из дома за покупками; в — поездки из дома с общественными целями и на отдых; г — поездки из дома на учебу; д — поездки из дома с другими целями; е — поездки не из дома; 1 — для семей, не имеющих автомобиля; 2 — для семей, имеющих один автомобиль; 3 — для семей, имеющих два и более автомобиля

Различные показатели подвижности членов семей, имеющих 0; 1; 2 или более автомобилей в личном пользовании с разбивкой поездок по целям, показаны в табл. 5.14.

Из анализа данных табл. 5.14 очевидно, что увеличение уровня автомобилизации ведет к соответствующему увеличению числа поездок в качестве водителя автомобиля, особенно при нетрудовых поездках. Увеличение подвижности населения также зависит от размера семьи.

Влияние уровня автомобилизации и размера семьи на число поездок всех членов семьи за сутки показано в табл. 5.15. Чем больше размер семьи, тем больше подвижность всех ее членов при любом уровне автомобилизации. Также при любом заданном размере семьи число поездок на всех членов семьи увеличивается

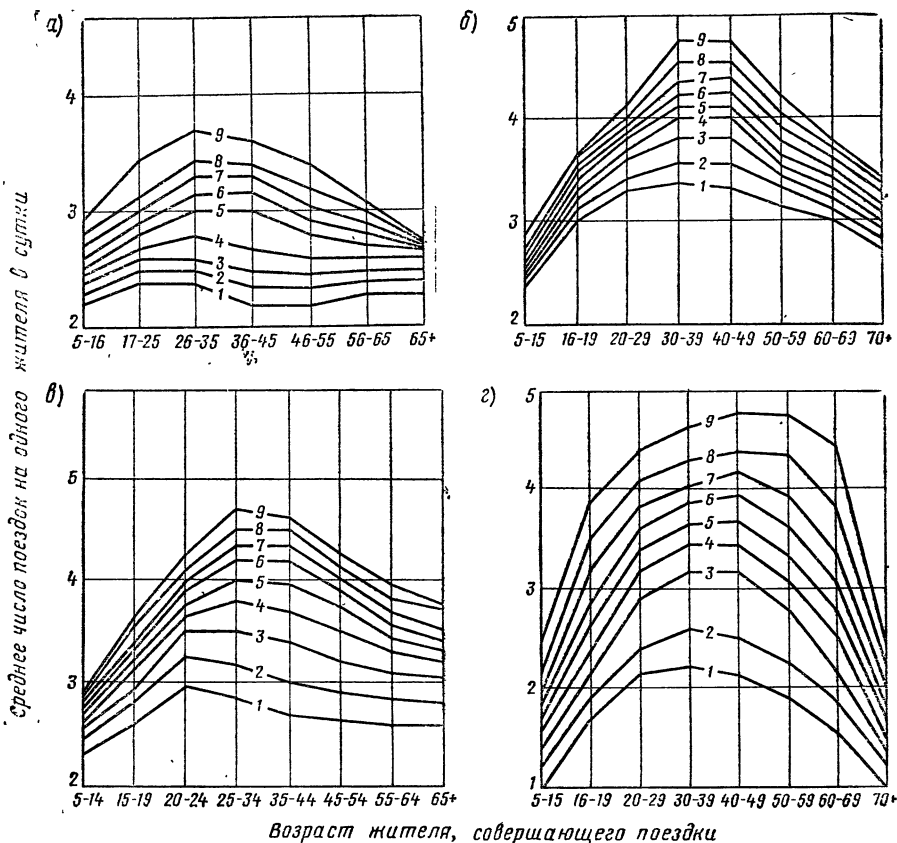


Рис. 5.17. Зависимость подвижности городских жителей от их возраста и годового дохода:

а — для Филадельфии (данные 1960 г.):

1 — годовой доход до 2 тыс. долл.; 2—8 — диапазон годового дохода в тыс. долл.: 2 — 2—3; 3 — 3—4; 4 — 4—6,5; 5 — 6,5—8; 6 — 8—10; 7 — 10—15; 8 — 15—25; 9 — годовой доход свыше 25 тыс. долл.;

б — для Бостона (данные 1963 г.):

1 — годовой доход до 4 тыс. долл.; 2—8 — диапазон годового дохода в тыс. долл.: 2 — 4—5; 3 — 5—6; 4 — 6—7; 5 — 7—8; 6 — 8—10; 7 — 10—15; 8 — 15—25; 9 — годовой доход более 25 тыс. долл.;

в — для Милуоки (данные 1964 г.):

1 — годовой доход до 2 тыс. долл.; 2—8 — диапазон годового дохода, тыс. долл.: 2 — 2—4; 3 — 4—6; 4 — 6—8; 5 — 8—10; 6 — 10—12; 7 — 12—14; 8 — 14—16; 9 — годовой доход более 16 тыс. долл.;

г — для Спрингфилда (данные 1964 г.):

1 — годовой доход до 4 тыс. долл.; 2—8 — диапазон годового дохода в тыс. долл.: 2 — 4—5; 3 — 5—6; 4 — 6—7; 5 — 7—8; 6 — 8—10; 7 — 10—15; 8 — 15—25; 9 — годовой доход более 25 тыс. долл.

с увеличением уровня автомобилизации. Число поездок на одного члена семьи обычно возрастает более резко при увеличении числа автомобилей в семье и более плавно при увеличении размера семьи.

На рис. 5.16 показан суммарный эффект годового дохода и уровня автомобилизации в каждой семье на число поездок всех членов семьи. При росте годового дохода семьи постепенно растет и число поездок всех ее членов на каждом уровне автомобилизации и для всех видов поездок, исключая трудовые.

Таблица 5.15

Среднесуточное количество поездок всех членов семьи в зависимости от уровня автомобилизации и количества членов в семье

Количество членов одной семьи	Число поездок в сутки на	Число автомобилей в семье					Среднее значение
		0	1	2	3	4 и выше	
1	Одну семью	0,9	3,2	3,5	4,6*	2,0*	1,8
2	То же	1,8	5,7	7,3	9,9	13,1*	5,5
3	Одного члена семьи	0,9	2,8	3,6	5,0	6,5	2,8
	Одну семью	3,5	7,8	10,2	11,1	14,1*	8,5
4	Одного члена семьи	1,2	2,6	3,4	3,7	4,7	2,8
	Одну семью	3,5	10,0	12,9	13,7	19,6	11,1
5	Одного члена семьи	0,9	2,5	3,2	3,4	4,9	2,8
	Одну семью	4,3	11,5	15,0	17,2	16,3	13,1
6—7(6,5)	Одного члена семьи	0,9	2,3	3,0	3,4	3,2	2,6
	Одну семью	4,0	12,6	17,2	18,6	22,0	14,6
8 и больше	Одного члена семьи	0,6	1,9	2,6	2,9	3,4	2,2
	Одну семью	3,9**	15,1	21,9	13,6*	29,3*	18,1
Итого	Одного члена семьи	0,5	1,8	2,7	3,9	3,6	2,3
	Одну семью	1,4	6,9	11,0	14,0	19,1	7,0

* На основе опроса не менее 25 семей в среднем.

** С учетом членов семьи в возрасте 4 лет и выше. Информация о числе поездок была собрана только для этой группы.

Специалистами в области транспортного планирования все большее внимание уделяется учету возраста жителей города при определении характера передвижений. Это создает основу для расчета потребностей в транспортном обслуживании и предоставлении специальных средств передвижений для престарелых жителей.

Показатель подвижности каждого из жителей города зависит от комбинированного действия двух факторов: возраста жителя и его годового дохода, причем максимальная подвижность регистрируется в возрастном диапазоне 30—49 лет. Типичные зависимости этого соотношения для городов Филадельфия, Бостона, Милуоки и Спрингфилда (штат Массачусетс) приведены на рис. 5.17.

Таблица 5.16

Распределение среднего числа поездок одного жителя в сутки по целям поездок

Возраст	Цели поездок				
	Трудовые	За покупками	На учебу	С другими целями	Общее число поездок
5—14	0,02	0,24	0,62	1,29	2,17
15—24	0,51	0,33	0,34	1,00	2,18
25—34	0,82	0,48	0,02	1,01	2,33
35—44	0,89	0,47	0,01	1,04	2,41
45—54	0,97	0,44	0	0,97	2,38
55—64	0,92	0,45	0	0,95	2,32
65 и более	0,38	0,66	0	1,23	2,27
Среднее значение	0,65	0,44	0,14	1,06	2,32

Таблица 5.17

Распределение среднего числа поездок на одного жителя
в сутки на общественном транспорте

Возраст	Цели поездок			Общее число поездок
	Трудовые	За покупками	С другими целями	
5—14	5,6	2,2	1,4	1,6
15—24	11,2	4,3	2,7	2,1
25—34	5,9	1,6	1,0	0,8
35—44	7,8	2,2	1,3	0,9
45—54	8,4	2,8	1,5	1,1
55—64	11,2	5,4	3,6	2,2
65 и более	11,3	8,2	6,9	2,7
Среднее значение	9,2	3,8	2,6	1,6

Таблица 5.18

Зависимость числа поездок от характера пункта назначения

Характер пункта назначения поездок	Число поездок в сутки на 92,9 м ² площади помещения	
	в Чикаго	в центральный деловой район Питтсбурга
Магазины розничной торговли	7,0	8,1
Служба быта	5,4	5,2
Общественные здания	3,5	3,9
Жилые дома	3,2	2,4
Заводы, фабрики и т. п.	2,1	1,0
Транспортные устройства	1,9	4,0
Магазины оптовой торговли	1,5	1,2
Все виды помещений в среднем	3,3	4,9

Таблица 5.19

Число мест погашения поездок в сутки в зависимости от характера использования территории в ряде городов США

Характер использования территории	Число мест погашения поездок в среднем за сутки на 0,4 га территории			
	Чикаго	Филадельфия (Пенн-Джерси)	Детройта	Питтсбурга
Жилой район	48	26	29	24
Торговый район	181	238	269	158
Промышленный район	49	26	37	26
Транспортная зона	9	20	Нет данных	9
Район общественных зданий	53	35	33	46
Незастроенные зоны	4	7*	3	2
В среднем	38	30	36	27

* Поездки в разные места, исключая улицы и неосвоенные зоны.

Факторы генерации поездок на автомобилях в зависимости от характера использования городской территории

Характер использования территории	Плотность	Относительное число поездок на автомобилях в сутки	Диапазон значений
Жилые районы	Число жилищ на 0,4 га территории	Число поездок в данное место на 0,4 га территории	Число поездок в данное место на одно жилище
Низкая плотность застройки (дома на одну семью)	1—5	5—65 (40)	7—12 (9)
Средняя плотность застройки	5—15	40—150 (75)	5—8 (7)
Высокая плотность застройки (многоквартирные дома)	15—60	85—400 (180)	3—7 (5)
Торговые зоны	Площадь и характер зоны	Число поездок в данную зону на 0,4 га территории	Число поездок в данную зону на 1000 кв. футов (93 м ²) площади помещений
Магазины розничной торговли:			
Ближайшие магазины (супермаркеты)	10 акров (4 га)	800—1400 (1000)	70—240 (130)
Государственные магазины (универмаги)	10—30 акров (4—12 га)	700—1800 (900)	60—140 (80)
Региональные магазины (региональный торговый центр)	30 акров (12 га)	400—700 (600)	30—50 (40)
Торговая зона в центре города	Высокая плотность застройки	600—1300 (900)	10—50 (40)
Торговля на автомагистралях (мотели, станции обслуживания)	Низкая плотность застройки	100—300 (240)	4—12 (10)
Торговые зоны	Отношение площади помещений к площади зоны	Число поездок в данную зону на 0,4 га территории	Число поездок в данную зону на 1000 кв футов (93 м ²) площади помещений
Обслуживание торговли			
Одноэтажные здания с наземной автостоянкой	0,5 : 1	120—1200 (300)	6—60 (14)
Двухэтажные здания с наземной автостоянкой	1 : 1	240—2400 (600)	6—60 (14)
3—4-этажные здания с платформенной стоянкой	2 : 1	360—6000 (1200)	6—60 (14)

Торговые зоны	Отношение площади помещений к площади зоны	Число поездок в данную зону на 0,4 га территории	Число поездок в данную зону на 1000 кв. футов (93 м ²) площади помещений
<p>3—6-этажные здания с отдельной конструкцией автостоянки</p> <p>Многоэтажные здания контор с отдельным зданием автостоянки более 10 ярусов</p>	5 : 1	1200—12 000 (2600)	6—60 (14)
	10 : 1	2400—20 000	6—60 (14)
Промышленные зоны	Число работающих на 0,4 га территории	Число поездок в данную зону на 0,4 га территории	Число поездок в данную зону на 1000 кв. футов (93 м ²) площади помещений
<p>Высокоавтоматизированное производство; низкая плотность работающих (нефтеочистительные заводы, склады)</p> <p>Местное производство; занимает один участок (лесопилки)</p> <p>Промышленные зоны (5 акров—2 га); машиностроительные заводы</p> <p>Зоны управления производством; научно-исследовательские центры</p> <p>Смешанное производство; небольшие предприятия</p>	5	2—8 (4)	0,2—1,0 (0,6)
	5—20	6—30 (16)	0,4—1,2 (0,8)
	20—100	30—160 (70)	0,6—4,0 (2,0)
	100	150—200 (170)	3—8 (4)
	Переменное	10—100	1—4
Зоны и помещения общественного и полупубличного использования	Переменные показатели	Число поездок в данную зону на 0,4 га территории	Диапазон значений
<p>Школы и колледжи</p> <p>Места массового тяготения жителей (театры, стадионы, залы заседаний и собраний)</p> <p>Административные здания (учреждения городского муниципалитета, государственные учреждения, почта)</p> <p>Зоны отдыха (парки, зоопарки, пляжи, площадки для игры в гольф)</p>	Число студентов	Для колледжей: 7—600 (60)	0,4—1,0 (0,8) поездок на одного студента
	<p>Число посещений</p> <p>Отношение площади помещений к площади территории зоны</p>	<p>—</p> <p>70—600 (200)</p> <p>Парки: 1 : 10 (4)</p>	<p>Стадион: 2 поездки на каждые 4 места</p> <p>10—60 (20) поездок на 1000 кв. футов (93 м²) площади</p> <p>Площадки для гольфа: 2—10 (8) поездок на 1 акр (0,4 га)</p>

Зоны и помещения общественного и полуообщественного использования	Переменные показатели	Число поездок в данную зону на 0,4 га территории	Диапазон значений
Вокзалы и конечные станции магистрального транспорта (автостанции, аэропорты)	—	3—30 (15)	Местный аэропорт: 6—12 (8) поездок на один рейс самолета 6—16 поездок посетителей на одну койку
Больницы	Число коек	16—70 (40)	

Примечание Цифры в скобках означают наиболее типичные значения.

Возраст жителей имеет непосредственное влияние на процент поездок в ЦДР города (рис. 5.18 и табл. 5.16). По мере увеличения возраста жителей ЦДР становится все более доминирующим местом тяготения.

Количество трудовых поездок увеличивается по мере увеличения возраста жителей, но после наступления пенсионного возраста резко падает. Поездки за покупками растут с возрастом, и особенно резкий их рост наблюдается в престарелом возрасте. Число поездок на учебу уменьшается с увеличением возраста очень быстро, становясь почти что равным нулю при достижении 25 лет. Поездки с разными целями достигают своего минимума при среднем возрасте жителей и затем быстро растут с увеличением возраста.

Наибольший уровень использования общественного транспорта во всех городах имеется в возрастной группе жителей 65 лет и выше (табл. 5.17).

Объем пассажироперевозок и интенсивность городского движения зависят от характера использования городской территории, а именно от вида и плотности

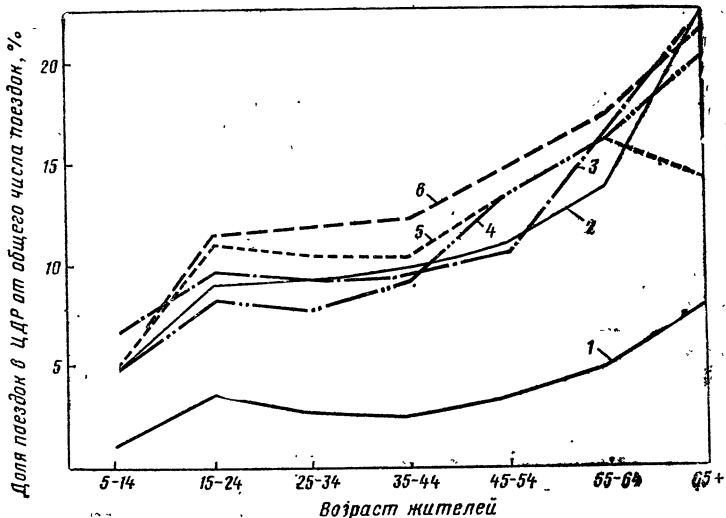


Рис. 5.18. Процент поездок жителей городов всеми видами транспорта из дома в ЦДР в зависимости от их возраста:

1 — Милуоки; 2 — Огаста; 3 — Олбани; 4 — Колумбус; 5 — Саваннах; 6 — Мейкон

застройки. Территория, застроенная в основном предприятиями, содержит более 150 мест погашения поездок на 1 акр (0,4 га) площади, в то время как незастроенные зоны — менее 5 мест погашения поездок на 1 акр.

В табл. 5.18 и 5.19 приведены данные, характеризующие распределение числа мест погашения поездок.

Факторы, влияющие на генерацию поездок и используемые при оценке перспективного развития городов, перечислены в табл. 5.20. Эти факторы представлены в виде показателя числа мест погашения поездок на 1 акр территории городских зон, различающихся характером их использования. Факторы также выражены через число мест погашения поездок на одну квартиру, единицу площади помещений магазинов или на одну койку в больницах.

Глава 6

ГЕНРИ Д. КВИНБИ

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

КЛАССИФИКАЦИЯ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Существуют следующие типы общественных транспортных средств:

1. Автобус особо малой вместимости. Это небольшой автобус, использующийся, как правило, для местных челночных перевозок в центральном деловом районе Вашингтона.

2. Автобус средней вместимости. Это немного увеличенная модель автобуса малой вместимости.

3. Пригородный автобус для транзитных перевозок «город—пригород». Типовой одноэтажный автобус городского типа.

4. Междугородный автобус. Автобус, используемый для междугородных дальних автобусных сообщений.

5. Троллейбус. Обычно сходен с соответствующими автобусами, характеристики которых приводятся в данной главе.

6. Трамвай. Рельсовый одинарный вагон или вагоны, соединенные в состав. Часть пути трамваев может пересекаться или дублировать другие транспортные пути.

7. Новые нерельсовые скоростные транспортные средства, используемые для скоростного сообщения.

8. Межрегиональный скоростной общественный транспорт для транзитных перевозок. Включает существующие транспортные средства для линии «Метролайнер» Вашингтон—Нью-Йорк, линии «Нью-Токайдо» Токио—Осака, а также другие перспективные транспортные средства для обслуживания суперрегиональных или других транспортных систем.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОГ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Требования к дороге для различных типов транспортных средств находятся в зависимости от факторов, рассмотренных ниже и в табл. 6.1. В частности, в отношении станций и остановок общественного транспорта эти требования значительно варьируются в различных условиях и при различной степени использования. Общие типовые минимальные требования к прямолинейным участкам дорог также приводятся в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Основные характеристики путей сообщений и сооружений
для некоторых видов общественного транспорта**

Показатели	Автобусы	Скоростной трамвай		Скоростные транспортные средства		
		С центральным расположением путей	На обособленном полотне	Метро	Транспортная система Канада	Транспортная система залив Сент-Франсуа, Ко
Контроль въезда	Полный	Частичный	Полный	Полный	Полный	Полный
Число полос или путей для движения	2	2	2	2	2	2
Характеристики дорог:						
наличие разделительной полосы	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
минимальная ширина обочины, м	0,8	»	»	»	»	»
высота бордюра или ограждения, м	0,6	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3
Минимальные требования к ширине пути*, м:						
горизонтальный участок	9,5	—	7,3	7,9	7,9	7,9
наклонный участок	9,5	6,7	9,1	9,8	9,8	12,2
подземный	11,9	—	11,6	12,2	—	12,2
Геометрические размеры сооружений**, м:						
ширина боковой платформы	3,0	1,8	3,7	3,7	—	3,7
ширина центральной платформы	—	—	7,3	7,3	4,9	5,8
длина платформы	61	122	122	152	122	213
Расчетная скорость, км/ч	97	64	97	97	97	129
Минимальный горизонтальный радиус кривой в плане, м	122	61	152	122	149	152
Максимальный уклон, %	4,0	10,0	5,0	4,0	4,4	4,0

* Минимальные требования основываются только на нормальных требованиях, предъявляемых к конструкции. При этом не принимаются во внимание трубопроводы, откосы дороги, опорные стены на выемках и насыпях и любые вентиляционные устройства для метро. Размеры даны для прямых участков дороги без станций, а также без полос для разгона и замедления и без карманов для автобусных путей.

** Типовые автобусные станции. В центральной части города требования, предъявляемые к автобусным станциям, могут быть более жесткими, а ширина платформ для рельсового транспорта обычно больше. Полосы разгона и замедления, а также карманы исключены из показателей величин автобусных дорог.

Автобусы можно успешно эксплуатировать на автомагистралях с полным ограничением въезда, на автомагистралях с разделительной полосой, на магистральных дорогах транзитного движения на большие расстояния с большими скоростями, на внутригородских дорогах и улицах местного значения.

Особое внимание при проектировании дорог необходимо обращать на габаритную высоту двухэтажных автобусов.

Полосы движения, используемые исключительно для автобусов. В табл. 6.1 приводятся основные характеристики путей сообщения, используемых исключительно для движения автобусов, трамваев и других транспортных средств.

Для автобусных остановок обычно требуется полоса для посадки и высадки пассажиров, отдельная от магистральной дороги в обоих направлениях движения.

Пассажировместимость общественного транспорта

Транспортные средства	На один салон			На весь состав	
	число мест для сидения	число мест для стояния	общая пассажировместимость	число вагонов в составе	общая пассажировместимость
Автобусы:					
малой вместимости	15—25	10—20	25—45	—	—
пригородные	30—55	10—50	45—100	—	—
» сочлененные	35—75	30—120	100—170	—	—
пригородные двухэтажные	50—85	15—30	65—100	—	—
междугородные	30—50	10—25	40—70	—	—
школьные	20—65	—	20—65	—	—
Рельсовый транспорт:					
трамвай с одним вагоном	20—60	40—80	80—140	6	480—890
сочлененный трамвай (два и более вагонов)	30—180	120—190	120—450	2—4	440—900
скоростной трамвай (пригородный)	40—85	50—250	100—330	10	1000—3300
Пассажирская электрифицированная железная дорога	100—130	50—125	100—240	15	1500—3600
Междугородный сверхскоростной транспорт	30—110	0—50	30—160	18	1300—2900

При выборе проекта такой полосы могут рассматриваться параллельные, зубцеобразные или диагональные площадки для посадки пассажиров. Все они имеют различные геометрические и эксплуатационные характеристики. Количество площадок на маршруте для посадки пассажиров зависит от объема перевозок, минимальных интервалов между следующими друг за другом автобусами, типов и месторасположения остановочных пунктов и других факторов.

Для автобусных остановок зачастую требуются полосы разгона, полосы замедления и концевые конусообразные площадки.

Автобусные остановки в центральной деловой части города требуют более продуманного оборудования и большей территории, чем остановки, расположенные в каком-либо другом районе.

Пассажировместимость различных видов транспортных средств. В табл. 6.2 приведены данные о количестве мест для сидения, мест для стояния и общего количества пассажиров в различных видах общественного транспорта. Кроме того, в табл. 6.2 даны величины максимального количества вагонов в составе и соответствующее общее количество пассажиров в тех транспортных средствах, которые могут использоваться в перевозках.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ускорение и замедление. Максимальная величина ускорения, замедления и величина изменения ускорения и замедления (рывка) при нормальной работе пассажирского транспорта должны рассчитываться с учетом возможностей стоящего пассажира, не держащегося за какой-либо поручень. Подобные условия

Скорости различных видов общественного транспорта, км/ч

Транспортные средства	Максимальная скорость	Скорость сообщения
<i>Автобусы</i>		
Городской	80—105	13—23
» с ограниченным числом остановок	80—105	19—29
Городской — экспресс	80—105	26—51
Междугородный	97—120	40—88
Школьный	80—113	16—32
<i>Трамваи</i>		
Городской	64—97	13—24
Скоростной	80—105	24—56
Городской транспорт — экспресс	80—105	24—56
Пригородный транспорт — экспресс	113—137	56—88
Пассажирская железная дорога	113—145	40—105
Суперрегиональный транспорт — экспресс	193—257	129—193

на пассажирском транспорте возникают тогда, когда у пассажиров руки заняты свертками и (или) когда такие пассажиры не могут дотянуться до поручня или когда поручня нет рядом. Величина изменения ускорения или замедления является показателем удобства пассажиров, но при этом фактическая величина ускорения и замедления также представляет интерес.

Величины ускорения и замедления от 1,3 до 1,5 м/с² считаются допустимым верхним пределом для стоящих пассажиров, не пользующихся поручнями. Предпочтительная величина изменения ускорения считается равной 0,9 м/с² и допустимая максимальная величина изменения ускорения обычно считается равной 1,3 м/с².

Коэффициент сцепления. Величина сопротивления качению ошинованных колес на сухой асфальтобетонной дороге в 2—4 раза превышает эту же величину для стальных колес, движущихся по стальным рельсам и колеблется в пределах от 0,35 до 0,65. Коэффициенты сцепления, определенные для легковых, грузовых автомобилей и автобусов, эксплуатируемых на автомагистралях, не могут быть непосредственно применены к общественному транспорту, где условия эксплуатации другие. Режим работы общественного транспорта связан с частыми переходами от ускорения к замедлению на одной и той же территории, например при заезде и выезде с остановки, где налет резины или масла на дорожном покрытии отрицательно влияет на величину коэффициента сцепления. Однако необходимо заметить, что коэффициенты могут быть сравнимы, если поверхность остается сухой и чистой.

Обычной допустимой величиной коэффициента сцепления стальных колес со стальным рельсом считается 0,18, но на практике допускают более широкий диапазон значений коэффициентов сцепления, что делает невозможным применение стандартной величины для какой-либо определенной системы.

Скорости. В табл. 6.3 представлены диапазоны максимальных скоростей и скоростей сообщения различных видов общественного транспорта. Максимальной скоростью называется максимально возможная скорость автомобиля на горизонтальном участке дороги при заполненных местах для сидений. Скорость сообщения определяется отношением длины данного маршрута к суммарному времени, затраченному на движение, посадку и высадку пассажиров на промежуточных остановках. Кроме того, существует также понятие эксплуатационная скорость.

Эксплуатационная скорость — это отношение длины данного маршрута к суммарному времени, затраченному на движение и стоянки на промежуточных и конечных остановочных пунктах. Эксплуатационная скорость обычно на 5—15% ниже скорости сообщения, если только простои на конечных остановках не слишком продолжительны. Для расчета эксплуатационной скорости может быть использована формула

$$S = \frac{D}{T + \frac{D}{C} + C \left(\frac{1}{2a} + \frac{1}{2d} \right)}, \quad (6.1)$$

где S — скорость сообщения общественного транспорта; T — время простоя на промежуточных станциях или на остановках; C — максимальная скорость; a — норма ускорения; d — норма замедления; D — среднее расстояние между станциями или остановками.

Вышеприведенная формула применима только для тех случаев, когда действительно достигается максимальная скорость, а ускорение и замедление остаются в заданных пределах. Скорости общественного транспорта подвержены влиянию задержек, вызванных заторами в уличном движении, количеством пассажиров на остановках и в салоне общественного транспорта и прочими факторами.

ОСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Расстояние между остановками, их месторасположение, планировка и эксплуатация (как промежуточных остановок на линии, так и конечных остановок) оказывают огромное влияние на работу общественного транспорта и всей системы в целом. Понятие «остановка» включает в себя и станции. Расстояние между остановками в значительной степени являются решающим фактором при определении графика работы общественного транспорта, а также скорости сообщения. Месторасположение остановок и расстояние между ними также влияют на время доставки пассажиров к месту назначения.

Расстояния между остановками. Типовые пределы расстояний между остановками у различных типов транспортных средств и видов обслуживания представлены в табл. 6.4. Из-за общей тенденции к предельному уменьшению времени нахождения пассажира транспортного средства в пути между остановками и увеличению скоростей сообщения, а также к увеличившемуся спросу на общественный транспорт увеличиваются расстояния между остановками на наземных маршрутах в ряде муниципальных районов и планируются новые службы общественного транспорта-экспресса.

Было проведено исследование по определению оптимального расстояния между остановками для общественного транспорта-экспресса. На рис. 6.1 представлен желательный результат по отношению ко времени нахождения пассажира в пути.

В системах транспорта-экспресса иногда используется график движения, предусматривающий пропуск отдельных остановок на пути следования для ускорения обслуживания пассажиров, особенно в тех случаях, где остановки расположены относительно близко друг к другу. Половина поездов на каком-то определенном отрезке пути пропускает определенные станции (не делает остановок на определенных станциях), а вторая половина поездов пропускает другие станции. Все поезда делают остановки в центральной деловой части города и остановки в основных пересадочных и конечных пунктах за чертой центральной деловой части. Минимальные промежутки между движением двух поездов на линии могут быть значительно увеличены по графику с пропуском определенного количества остановок. Однако для некоторых пассажиров это создает неудобство, так как им приходится делать пересадку на станции, где останавливаются все поезда.

Месторасположение остановок. Автобусные остановки в пределах улиц города обычно расположены на краю тротуара для непосредственного и безопасного доступа к ним пассажиров. Должны ли эти остановки находиться вблизи или вдали от перекрестков, зависит от различных факторов. Автобусные остановки,

расположенные на скоростных автомагистралях с ограниченным въездом, могут размещаться на пересекающихся участках дорог.

Трамвайные остановки вдоль улиц обычно располагаются на специально защищенных «островках безопасности» вдоль трамвайных путей, если территория, на которой расположены трамвайные пути, приспособлена для движения автомобилей. Если, это является более предпочтительным, трамвайные пути вдоль улиц расположены на специально отведенной для этих целей полосе или на разделительной полосе, в таком случае и трамвайные остановки располагаются там же.

Время на посадку и высадку пассажиров. В табл. 6.5 приведено время, требующееся для посадки и высадки пассажиров через каждый отдельный дверной проем в автобусах. Это время можно применить и для трамваев, имеющих ступени.

Для поездов-экспрессов, имеющих двери на одном уровне с платформой (т. е. не имеющих ступеней между полом вагона и платформой), требуется в среднем от 1,5 до 2 с для каждой посадки и высадки пассажиров через каждый отдель-

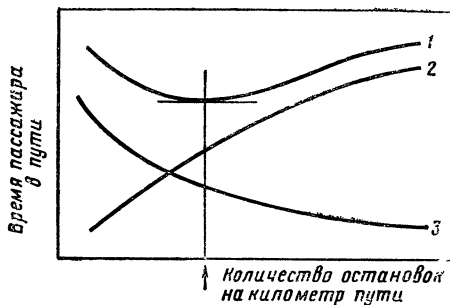


Рис. 6.1. Время нахождения пассажира в пути в зависимости от расстояния между остановками по всему маршруту:

1 — общее время пассажира в пути; 2 — время пребывания пассажира в транспортном средстве; 3 — время, затрачиваемое пассажиром на подъезды. Стрелка означает оптимальный интервал между остановками

Таблица 6.4

Расстояния между остановками

Транспортные средства	Расстояния между остановками, м		
	В деловом центре города	Вне пределов делового центра города	
		Северная Америка и другие страны	Современная тенденция в странах
Городской автобус	122—243	152—243	304—456
То же, с ограниченным числом остановок	122—243	365—912	608—1520
Городской автобус-экспресс	152—304	1216—9120	2—50 км
Междугородный автобус	1*	2*	2*
Городской трамвай	122—243	152—243	304—456
Скоростной »	182—457	—	608—1520
Пригородный транспорт-экспресс	608—912	—	1824—9120
Городской транспорт-экспресс	304—608	517—1064	1064—2432
Пассажирская железная дорога	1*	1216—4560	2432—9120

1* Обычно останавливается на одной или двух конечных остановках центральной деловой части города.

2* Широко варьируется

Таблица 6.5

Время на посадку и высадку пассажиров

Операции	Условия оплаты и перевозки	Время на один дверной проем на одного пассажира, с
Посадка	Оплата одной монетой или жетоном	2,0—3,0
	» несколькими мелкими монетами	3,0—4,0
	» по зонам, проезд по заранее купленным билетам, проверка билетов в автобусе	4,0—6,0
	Оплата по зонам наличными деньгами, проверка билетов в автобусе	6,0—8,0
Высадка	Небольшое количество ручного багажа	1,5—2,5
	Среднее количество ручного багажа или много пересадок	2,5—4,0
	Значительное количество багажа в багажных отсеках (междугородный маршрут)	4,0—6,0

ный дверной проем. Если оборудование для сбора платы за проезд расположено непосредственно у входа, как в автобусах, это время приближается к величинам, указанным в табл. 6.5.

Значительное или очень большое скопление пассажиров внутри транспортного средства или непосредственно перед ним может заметно увеличить время посадки и высадки пассажиров, указанное в табл. 6.5.

Время на остановку транспортного средства. Время на остановку общественного пассажирского транспорта включает в себя время на открывание и закрывание дверей (обычно от 1 до 4 с на каждую операцию), время на посадку и высадку пассажиров и иногда и время на ожидание у светофора, выезд обратно на полосу движения для автобусов или ожидание пока освободится территория автобусной остановки для правильной установки автобуса на остановке.

В часы пик на общественном транспорте часто наблюдается неправильное распределение пассажиров между дверными проемами и частями транспортного средства (особенно в поездах). Этот фактор должен приниматься во внимание

Таблица 6.6

Минимальная рекомендуемая протяженность автобусных посадочных зон

Примерное число мест для сидения в автобусе	Длина автобуса, м	Длина посадочной зоны, м					
		для одного автобуса			для двух автобусов		
		протяженность зоны въезда	протяженность зоны выезда	середина посадочной полосы	протяженность зоны въезда	протяженность зоны выезда	середина посадочной полосы
30 и менее	7,6	27,4	19,8	38,1	36,6	27,4	45,7
35	9,2	29,0	21,3	39,6	39,6	30,5	48,8
40—45	10,6	30,5	22,9	41,2	42,7	33,5	51,8
51—53	12,2	32,0	24,4	42,7	45,7	36,6	54,9

при расчете на компьютере затрат времени на остановки и (или) при расчете потенциальных возможностей прохода (входных и выходных сквозных дверей).

Пропускная способность автобусных остановок. Количество автобусов, которые может принимать автобусная остановка, расположенная на краю тротуара, без чрезмерного скопления автобусов в очереди (и соответственно дополнительной протяженности автобусных зон) значительно варьируется в зависимости от вида обслуживания (посадка или высадка), времени, выделенного для каждого автобуса, и в меньшей степени от положения автобуса при посадке. Дополнительное пространство для посадки (или дополнительная протяженность автобусных зон) увеличивает пропускные возможности остановок.

Существует следующее правило: интервал времени между прибывающими друг за другом автобусами на автобусную остановку, расположенную у края тротуара должен в 2 раза превышать среднюю величину времени пребывания каждого автобуса на остановке. Автобусная остановка с продолжительным временем обслуживания, расположенная на любой автомагистрали, вызовет затор. Однако этого можно избежать, если для каждого отдельного автобусного маршрута сделать свою остановку при условии, что будет оставлено место для обгона одного автобуса другим. Магистрали могут быть разделены примерно надвое (частота обслуживания увеличивается вдвое) размещением чередующихся групп остановок, расположенных достаточно далеко друг от друга, чтобы не вызвать столкновения автобусов при входе и выходе из зоны посадки или высадки при условии, если ровно половина автобусов будет закреплена за каждой группой остановок и будет строго соблюдаться график движения.

В табл. 6.6 приведены минимальные размеры автобусных остановок, расположенных у края тротуара.

Размеры автобусных остановок, расположенные на скоростных магистралях, предназначенных только для движения автобусов, имеют такую же пропускную способность, как и посадочные площадки автобусной остановки, расположенные на краю тротуара. Здесь опять размер (длина) остановки и возможность обгона для автобусов представляют значительную важность.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Виды маршрутов. Наиболее часто мы встречаемся с местными маршрутами общественного транспорта, которые пролегают по улицам городов и имеют остановки общественного транспорта приблизительно на расстоянии одного или двух кварталов одна от другой и обслуживают всю городскую территорию. Такие маршруты типично радиальные, расходящиеся от делового центра города; они могут или оканчиваться там, или обычно (но не всегда) проходить через этот деловой центр. Другие местные маршруты, которые не достигают делового центра и располагаются в поперечном направлении, служат в качестве подъездных путей. Те и другие маршруты обычно составляют основной вид пассажирских перевозок в черте города.

Когда протяженность местных дорог превышает расстояние 5 км от делового центра, а количество пассажиров достаточно велико (в особенности при поездках более чем средней протяженности), организуется движение с ограниченным количеством остановок или вводится экспрессное обслуживание пассажиров, которое выполняет местные маршруты вдоль этих же дорог и за их пределами. Часто маршруты с ограниченным числом остановок или экспрессные маршруты функционируют только в период пиковых нагрузок. Иногда это обслуживание бывает круглосуточным, так например, между центром города и крупным аэропортом или же между двумя центрами тяготения в пределах территории одного города. Общественный транспорт, следующий по маршрутам с ограниченным количеством остановок, обычно обеспечивает перевозки пассажиров по улицам города с остановкой только на основных пересадочных пунктах за пределами центра города. Экспрессное обслуживание создает более быстрые темпы перевозки пассажиров с еще меньшим количеством остановок за пределами центра города, и эти остановки, как правило, делаются на крупных магистралях, идущих

параллельно с дополняющими их местными дорогами или маршрутами, идущими по тому же направлению.

Общественный транспорт городских скоростных маршрутов обычно работает с ограниченным числом остановок или экспрессным методом. Во многих городах района скоростной внеуличный транспорт также используется для перевозок с ограниченным числом остановок или экспрессным способом. В этом случае функции местных или подъездных перевозок выполняет обычный уличный транспорт, такой, как автобус. Однако необходимо отметить, что такая форма транспортного обслуживания связана с большим количеством пересадок с уличного транспорта и на внеуличный, экспрессный. На тех маршрутах, где не существует скоростного внеуличного транспорта, его функции по экспрессному обслуживанию может взять на себя обычный транспорт, хотя в часы пик на загруженных маршрутах, скорость сообщения остается невысокой.

Трамвайные маршруты. Наблюдается повышенный интерес к трамвайным перевозкам, обладающим большой эффективностью. При расстоянии между трамвайными остановками от 300 до 450 м за пределами ЦДР города и применении современных средств организации движения трамваи смогут обеспечить как местные перевозки, так и дальние с ограниченным количеством остановок или экспрессные маршруты. Общее время, затрачиваемое на поездку в трамвае от «двери до двери» на расстояние приблизительно 13—24 км, в условиях города (в зависимости от скорости и других факторов) может быть несколько меньше, чем время затраченное пассажиром на поездку в другом виде скоростного общественного транспорта, имеющего сравнительно частые остановки. Обычно скоростной общественный транспорт требует дополнительных пересадок с местных маршрутов и его станции удалены от жилых зон.

Исключительное и преимущественное право проезда. Скорость, высокая провозная способность и надежность экспрессных автобусных перевозок и перевозок автобусами с ограниченным количеством остановок могут быть обеспечены различными путями, такими, как выделение отдельной полосы на участках улиц, магистралей и скоростных дорог для движения автобусов, регулирование въезда на автомагистраль с предоставлением приоритета для автобусов, выделение улиц и проездов, предназначенных исключительно для автобусов; автоматическое включение зеленого сигнала автобусам, строительство специальных дорог исключительно для автобусного движения.

Довольно часто специально отведенные полосы движения и другие преимущества, предусмотренные исключительно для пассажирских перевозок, как было отмечено выше, используются только в часы пик, или при относительно высокой интенсивности движения.

Проверить правильность решения о выделении специальных полос для движения общественного транспорта можно опытным путем. Для этого необходимо отменить приоритет в движении общественного транспорта и подсчитать количество перевезенных за то же время пассажиров до и после эксперимента. Этим же способом можно определить скорость сообщения и время задержек общественного транспорта.

Вспомогательные перевозки включают в себя перевозки внутри делового центра, в аэропортах, университетских комплексах, правительственных учреждениях, а также в других крупных и менее крупных центрах тяготения. Эти перевозки также обеспечивают подвоз пассажиров в указанные центры с близлежащих автомобильных стоянок и конечных остановок общественного транспорта. На этих маршрутах обслуживание пассажиров может быть организовано в форме регулярных автобусных маршрутов или с использованием микроавтобусов, а возможно и в форме специальных микроавтопоездов.

Специальные механические устройства для транспортировки людей, такие, как скоростные тротуары, автоконвейеры, монорельсовые пути и другие, должны быть отделены от уличного движения. Хотя переброска людей непрерывным потоком при помощи скоростного тротуара и подобных средств передвижения достаточно удобна, однако к недостаткам этого вида транспорта можно отнести сравнительно малую скорость, а также весьма небольшую пропускную способность и трудность подхода пассажиров к этим средствам передвижения. Более высокая пропускная способность обычно требует существенно большего пространства, в частности ширины, а также и больших размеров используемых в этом

Таблица 6.7

Расстояния, проходимые пассажирами до остановки или станции общественного транспорта в городской черте, км

Способ передвижения	Расстояние проходимое большей частью пассажиров, км	Расстояние, проходимое отдельными пассажирами, км
Пешком	0,6—1,0	1,0—1,6
На велосипеде	1,6—3,2	3,2—4,8
Местным транспортом и на мопеде	3,2—6,4	6,4—13,0
Индивидуальным транспортным средством с возвращением его в свой гараж и на автомобиле-такси	4,8—6,4	6,4—9,7
Индивидуальным транспортным средством с оставлением его на стоянке	6,4—9,7	9,7—16,0

случае транспортных средств. При этом предпочтительнее транспортировка отдельными партиями, чем непрерывным потоком.

Другие виды пассажирских перевозок. К другим видам пассажирских перевозок можно отнести специальные перевозки, которые осуществляются только в периоды пиковых нагрузок к местам тяготения людей, таким, как крупные зрелищные мероприятия, или к местам концентрации рабочих и служащих за пределами делового центра, студентов университетов и т. д.; междугородные дальние перевозки; специализированное транспортное обслуживание; экскурсионные перевозки.

Система маршрутов. В целом на конфигурацию сети пассажирских маршрутов в черте города оказывают влияние многие факторы. Эти факторы следующие:

1. Обслуживаемая территория.
2. Размещение промышленных и жилых зон и зон отдыха.
3. Расположение основных пунктов концентрации пассажиров.
4. Наличие улиц и дорог, пригодных для пассажирских перевозок.
5. Наличие дорог, используемых исключительно для пассажирского транспорта.
6. Виды пассажирского транспорта.
7. Провозная способность транспортных систем.
8. Взаимодействие систем дальней и ближней перевозок пассажиров.
9. Обслуживаемые пассажиропотоки и их изменения по времени.
10. Графики движения.
11. Эксплуатационные и экономические характеристики перевозок.
12. Использование различных методов маршрутизации пассажирских перевозок.
13. Размещение остановок общественного транспорта.
14. Сочетание различных типов маршрутов.
15. Размещение и функционирование конечных станций.
16. Возвращение пассажирского транспорта с линии (т. е. возвращение некоторых транспортных средств или составов транспорта с маршрута, не доезжая до конечной остановки). Использование подъездных путей и ответвлений.

Приводимый перечень не является вполне исчерпывающим, однако он охватывает основные положения в развитии системы пассажирских перевозок в городских условиях.

Зона обслуживания. Для того чтобы доехать до остановки общественного транспорта, расположенной в черте города, пассажир обычно должен преодолеть расстояние, равное приблизительно тому, которое приведено в табл. 6.7. Сравнительно немногим пассажирам приходится преодолевать значительно большие расстояния, чем те, которые приводятся в указанной таблице, однако эти случаи нельзя считать типичными. На время, которое приходится затрачивать пассажиру

**Минимальные интервалы между автомобилями или поездами
в одном направлении в течение пиковых 15 мин в часы пик¹**

Транспортные средства	Наличие остановок на участке дороги	Интервал между движущимися транспортными средствами, с	Число автомобилей или поездов в час
Автобусы в смешанном транспортном потоке	Есть	40—60	90—60
Автобусы на улице, предназначенной только для движения автобусов	»	30—50	120—72
Автобусы в смешанном транспортном потоке на скоростной автомагистрали с полным ограничением въезда	»	40—60	90—60
То же	Нет ⁷	10—30	360—120
Автобусы на полосе, предназначенной только для движения автобусов	Есть ⁸	25—35	144—103
То же	Нет	10—30	360—120
Трамваи в смешанном уличном транспортном потоке²	Есть	25—40	144—90
То же^{3 10}	»	50—60	72—60
Трамваи на улицах с разделительной полосой²	»	25—40	144—90
То же³	»	50—60	72—60
Трамваи на полосе, предназначенной только для движения трамваев с ограниченным въездом^{2 4}	»	20—40	180—90
То же^{3 5 11}	»	50—60	72—60
То же^{2 4 12}	Нет ⁷	10—30	360—120
То же^{3 5}	»	60—80	60—45
Городской транспорт-экспресс⁶	Есть	90—120	40—30
То же⁶	Нет ⁷	60—80	60—45
Пассажирская железная дорога⁶	Есть	120—240	30—15
Суперрегиональный скоростной транспорт	»	240—360	15—10

¹ Для более подробного разбора и применения величин, указанных в табл. 6.8, см. подраздел «Интервалы движения» и «Провозная способность транспорта».

² Отдельные трамваи и трамвайные составы длиной до 43 метра. На участках дороги с остановками средний интервал приблизительно меньше 40 с (около 90 машин или поездов в час) не должен применяться, когда длина отдельных транспортных единиц составляет от 34 до 43 м.

³ Трамвайные составы длиной от 43 до 85 м. На участках дороги с остановками средний интервал приблизительно меньше 55 с (приблизительно 65 поездов в час) не должен применяться, если длина отдельных транспортных единиц составляет 70—85 м.

⁴ Максимальные скорости приблизительно до 56 км/ч.

⁵ Максимальные скорости приблизительно более 56 км/ч.

⁶ На дороге, предназначенной только для движения этого вида транспорта.

⁷ Очень обширные громоздкие станции, расположенные в большинстве своем в центре, делают нижние пределы этих диапазонов непрактичными или просто недостижимыми в специфических условиях.

⁸ Интервалы менее 30 с (около 20 транспортных единиц в час) не должны применяться для сочлененных автобусов.

⁹ Нижний предел этого интервала (и верхний предел частоты движения транспортных единиц) не является практичным или даже недостижимым в определенных условиях, так как требует приобретения земель для полос отчуждения для использования автобусным транспортом.

¹⁰ Использование трамвайных составов длиной от 43 до 85 м и более в смешанном транспортном потоке снижает пропускную способность прилегающих полос. Такие трамвайные составы могут применяться только в исключительных случаях.

¹¹ Интервал и соответствующее количество транспортных единиц или поездов в час в основном зависят от длины транспортного средства, максимальной скорости на линии и маневрирования транспортных средств в районе станций и на подходе к ним, а также от других факторов.

¹² На участках дороги без остановок величины интервала ниже 20 с (около 180 поездов в час) не должны применяться, если длина транспортных единиц составляет от 34 до 43 м.

для подхода к остановке общественного транспорта, оказывают влияние заторы на улицах, скорость движения транспортных средств, погодные условия, расположение и тип остановок, а также и другие факторы. Общее время, затраченное при подъезде или подходе к остановке (в два конца одной поездки), может занять больше времени, нежели сама поездка на пассажирском транспорте, в особенности если он сравнительно быстрый и не требующий пересадки.

График движения. При составлении графика движения общественных транспортных средств приходится учитывать многие факторы. Перечислим некоторые из них:

1. Критерии загрузки (включая отношение общего количества мест к площади для каждого стоящего пассажира, если таковые имеются).

2. Правила, регламентирующие интервалы между автомобилями (во внепиковые часы), когда они не определяются только количеством пассажиров.

3. Различные данные (фактические или расчетные) о количестве пассажиров, распределенных по времени, расстоянию перевозок и другим аспектам.

4. Время, которое требуется для осуществления оборотного рейса одного автобуса или трамвая на данном маршруте и дополнительное время на остановки и транспортные задержки для того, чтобы выдерживать график движения, на отдых экипажа и соблюдение интервалов.

5. Возможные изменения, которые могут произойти с графиком пассажирского движения в различное время дня, в особенности с транспортными средствами, которые следуют в потоке других транспортных средств или пересекают его.

6. Координация графика движения по различным маршрутам (в особенности там, где имеются узкие места на дорогах или участках главных магистралей).

7. Соблюдение симметрии в расписании (включая регулярные интервалы) для облегчения его запоминания.

8. Требования по обслуживанию на обратном пути.

9. Возможности успешного машинного расчета части или всего процесса составления графика.

10. Соображения по уменьшению эксплуатационных и (или) капитальных затрат.

Минимальные интервалы движения. Интервалы между движущимися друг за другом транспортными средствами находятся в зависимости от ряда факторов, а именно: пассажиропотока, типа транспортного средства, геометрии дороги, типа транспортной системы, эксплуатационных характеристик подвижного состава, пассажироместности, количества остановок, систем управления и прочих характеристик, описанных в других разделах данной главы. В дополнение сюда также можно отнести время простоя на остановках, количество имеющихся независимых друг от друга площадок для посадки пассажиров, взаимодействие с другими видами общественного транспорта, пути которых могут пересекаться с данным транспортным средством на одной и той же полосе движения, минимальное безопасное расстояние для остановки (включая определенную дистанцию безопасности) между задней частью остановившегося транспортного средства и передней частью непосредственно следующего за ним транспортного средства, движущегося по той же самой полосе или рельсовому пути на максимальной скорости и при определенных заданных климатических условиях и коэффициенте сцепления, расстояние между остановками, принятые величины ускорения и замедления, максимальная длина транспортной единицы или состава, прочие взаимосвязанные факторы, учитываемые при определении максимальных расстояний между движущимися друг за другом транспортными средствами.

В табл. 6.8 представлены величины минимальных интервалов, встречающихся на практике между движущимися друг за другом транспортными средствами. Так как на интервалы между движущимися друг за другом транспортными средствами оказывают влияние вышеперечисленные факторы, возможны вариации этих величин в указанных пределах. Поэтому величины, приведенные в табл. 6.8, не являются абсолютно минимальными расстояниями между движущимися транспортными средствами и могут быть получены лишь при наиболее жестких условиях, если, например, время простоя и взаимодействие с другими транспортными средствами, в смешанном потоке движения было сокращено до минимума в интересах уменьшения этих интервалов. Условия движения в районе остановок общественного транспорта (даже больше, чем условия движения на дороге) почти

всегда определяют минимальный интервал на определенном отрезке пути между идущими друг за другом транспортными средствами, состоящими из одной транспортной единицы.

Факторы, определяющие минимальные интервалы при определенных условиях на остановке или на маршруте, изложены выше. Наибольшее значение минимального интервала, наблюдаемого на определенном отрезке маршрута, представляет собой фактическую величину минимального интервала между идущими друг за другом транспортными средствами для всего маршрута.

Скорости сообщения. В табл. 6.3 были приведены максимальные скорости и скорости сообщения в часы пик для выбранных типов транспортных средств и видов перевозок. Средние скорости сообщения и эксплуатационные скорости представляют собой наибольший интерес при оценке работы системы общественного транспорта. Средние скорости сообщения являются в основном функциями простоя на остановках, расстояний между остановками и геометрии пути, частоты ускорения и замедления, максимально допустимых безопасных скоростей движения, интервалов и прочих факторов, в то время как на эксплуатационную скорость общественного транспорта влияют продолжительность простоя на конечных остановках, необходимого для перерыва и отдыха экипажа и ожидания момента отправления по графику.

Средние скорости сообщения и эксплуатационные скорости общественного транспорта играют важную роль в экономике системы. В течение ряда лет наблюдались многочисленные случаи, когда снижение эксплуатационной скорости на маршруте, вызванное «пробками», значительно ухудшало экономические показатели. Разница в 1,6 или 3,2 км/ч в эксплуатационной скорости интенсивно работающей наземной транспортной системы может значительно повлиять на финансирование и эксплуатационное функционирование системы.

Время нахождения в пути. Общее время, проведенное пассажиром в поездке или поездках, можно представить как время доставки пассажира от пункта отправления до пункта назначения. Составляющими этого времени являются: время, требующееся на то, чтобы добраться до остановки общественного транспорта, время, необходимое для ожидания общественного транспорта, время, требующееся на поездку в общественном транспорте, время, необходимое на пересадку (ожидание и возможно пеший переход) в случае, если пассажир пользуется несколькими маршрутными линиями за одну поездку и время, требующееся для высадки из транспортного средства и на то, чтобы добраться до пункта назначения. Кроме того, должен иметься допуск по времени на переход с одной станции на другую при пересадках и на конечных остановках, а также на пользование эскалатором и лестницей для того, чтобы попасть на нужную станцию пересадки на платформе. Смена вида транспорта на этих станциях также включает в себя дополнительное время, требующееся для того, чтобы добраться от пункта отправления или прибытия нужного вида транспорта и наоборот. Способы, которыми пассажир добирается до остановки или с остановки или станции до места назначения, могут быть различными:

пешком; на собственном автомобиле (в качестве водителя или пассажира), поставленном на стоянку у остановки общественного транспорта; на автомобиле, не оставленном на стоянке у остановки общественного транспорта (в качестве попутчика); на автомобиле-такси; на местном общественном транспорте; на велосипеде; на мотоцикле.

Время проезда на общественном транспорте включает в себя время, требующееся на ускорение движения транспортного средства, на развитие технической скорости и замедление, на время простоя на остановке для высадки и посадки пассажиров, на любые задержки на линии и в пути, которые могут нарушить нормальную работу и (или) создать дополнительные задержки (остановки).

Работа общественного транспорта в смешанном транспортном потоке особенно подвержена задержкам. Более того, общественному транспорту требуется довольно много времени на ускорение, замедление, остановку и простояние, особенно когда остановки расположены относительно близко друг от друга. И наоборот, в региональных и суперрегиональных перевозках на большие расстояния на транспорте-экспрессе значительно больше времени отводится на развитие технической скорости и меньше на ускорение, замедление и простояние на остановках; задержки здесь обычно минимальные.

Распределение транспортных задержек на примере
«Сент Луис Паблик Сервис Ко»

Причины задержки	Время задержки от общего времени задержки, %	Время задержки от общего времени нахождения пассажира в пути, %
Транспортные задержки:		
сигналы светофора	30,7	9,1
дорожные знаки	1,9	0,6
прочие транспортные задержки	7,2	2,1
Всего	39,8	11,8
Остановки для посадки и высадки пассажиров	60,2	17,9
Всего	100,0	29,7

В табл. 6.9 классифицируются задержки общественного транспорта, **вызванные** светофорами и прочими остановками в пути, а также остановками для посадки и высадки пассажиров, причем последние являются наиболее частой причиной задержки после светофоров.

В табл. 6.10 приводятся примеры влияния типов поездов, времени и расстояния (или с пересадочных станций или остановок) на общую скорость и время доставки пассажиров к месту назначения (с места отправления до места назначения) с пересадками. Интересно отметить, что, например, если расстояние скоростной линии большой протяженности составляет 12,9 км и если средняя скорость обычно равна 32 км/ч, фактическая скорость доставки пассажира к месту назначения варьируется в пределах от 17,4 до 27,0 км/ч в зависимости от того, **каким** образом пассажир добирается от остановки до места назначения и расстояний, выбранных из семи примеров, приведенных в табл. 6.10.

Если расстояние скоростной транзитной линии составляет 64,4 км и средняя скорость равна 97 км/ч, тогда фактическая скорость доставки пассажира к месту назначения варьируется в пределах от 60,7 до 72,9 км/ч в зависимости от тех же типичных примеров.

В нескольких примерах (например, автомобилем 8 км, рейсовым транспортом 6,4 км) скорость доставки пассажира к месту назначения выше, чем скорость рейсового транспорта; в других примерах она составляет не больше половины.

Интервалы движения. Обычно, когда пассажиры знают, что общественный транспорт, которым они пользуются имеет интервал движения 10 мин или менее по графику, они зачастую идут на остановку, не сверяясь с расписанием. Поэтому среднее время ожидания между интервалами движения может быть принято за 10 мин или меньше. Если интервал движения общественного транспорта больше обычных 10 мин, многие пассажиры пользуются расписанием и прибывают на остановку или платформу за 2—3 мин до прихода общественного транспорта. Когда интервал движения общественного транспорта превышает 15 мин, почти все пассажиры следуют вышеуказанному времени ожидания.

Расписание движения общественного транспорта с постоянными интервалами в основное время дня (предпочтительный интервал от 2,5 до 10 мин) более легко запоминается пассажирами и снижает до минимума потребность в использовании расписания и время ожидания на остановках. Хорошо налаженный график движения (особенно если исключена возможность прибывать раньше графика, а также сведены до минимума опоздания) способствует уменьшению времени, проводимого пассажирами на остановке в ожидании транспорта. Такая надежность

Скорость и время доставки пассажиров к месту назначения общественным транспортом

Способы доставки пассажиров и расстояния от остановки до места жительства ¹	Протяженность маршрута, км					
	6,4	12,9	19,3	25,7	32,2	4,0
	Скорость сообщения, км/ч					
	16	32	48	64	80	97
Пешком ² , 305 м	11,3/37,5	21,6/37,5	31,8/37,5	42,1/37,5	52,0/37,5	72,9/53,5
Пешком ² , 610 м	10,3/43	19,3/43	28,2/43	37,2/43	46,2/43	59/43
Пешком ² , 914 м	9,5/48,7	17,4/48,7	25,3/48,7	33,1/48,7	41,2/48,7	60,7/64,7
Велосипедом ³ , 3,2 км	12,7/47	20,9/47	29,1/47	37,3/47	45,5/47	64,7/63
Железной дорогой ⁴ , 3,2 км	12,4/48	20,4/48	28,5/48	36,5/48	44,6/48	63,7/54
Автомобилем ⁵ , 3,2 км	14,6/41	24,0/41	33,5/41	42,8/41	52,3/41	71,4/57
Автомобилем ⁶ , 8 км	18,8/47	27,0/47	35,2/47	43,4/47	51,8/47	69,2/63

П р и м е ч а н и е. В числителе дано значение скорости в километрах в час, а в знаменателе — время в минутах.

- ¹ Каждый пример включает 5,5 мин ходьбы на расстояние 305 м в конце поездки (у пункта назначения) плюс 2,5 мин ожидания транспорта на маршруте, при этом исключается пересадка с одного маршрута на другой (кроме случая, когда касается железнодорожной ветки).
- ² В среднем при скорости 0,9 м/с.
- ³ В среднем при скорости 16 км/ч плюс 3 мин на пересадку с одного вида транспорта на другой.
- ⁴ В среднем при скорости 19 км/ч плюс 3 мин ожидания, если это железнодорожная ветка или подъездной путь.
- ⁵ При скорости 32 км/ч в среднем, плюс 3 мин на смену вида транспорта.
- ⁶ При скорости 40 км/ч в среднем, плюс 3 мин на смену вида транспорта.

Часовая провозная способность полосы дороги или рельсового пути в одном направлении в течение наиболее напряженных 15 мин часа пик¹

Вид общественного транспорта в условия перевозки	Места для сидения	Общее число мест ²
1. Автобус малой вместимости: в смешанном транспортном потоке на полосе с ограниченным въездом	900—2 300 1 100—3 000	1 500—4 000 1 800—5 400
2. Одинарный пригородный автобус: в смешанном транспортном потоке на полосе с ограниченным въездом » смешанной полосе с ограниченным въездом ² То же ^{3 10} на полосе, предназначенной только для движения автобусов ² То же ³	1 800—5 000 2 200—6 600 1 800—5 000 3 600—19 800 3 100—7 900 3 600—19 800	2 700—9 000 3 200—12 000 2 700—9 000 5 400—36 000 4 600—14 400 5 400—36 000
3. Сочлененный пригородный автобус: в смешанном транспортном потоке на полосе с ограниченным въездом » смешанной полосе с ограниченным въездом ² То же ^{3 10} на полосе, предназначенной только для движения автобусов ² То же ³	2 100—6 700 2 500—9 000 2 100—6 700 4 200—27 000 3 600—9 000 4 200—27 000	6 000—15 300 7 200—20 400 6 000—15 300 12 000—61 200 10 300—20 400 12 000—61 200
4. Двухэтажный пригородный автобус: в смешанном транспортном потоке на уличной полосе, предназначенной только для движения автобусов на смешанной полосе с ограниченным въездом ² на полосе автострады, предназначенной только для автобусов ²	3 000—6 700 3 600—9 000 3 000—6 700 5 200—10 800	3 900—8 100 4 700—10 800 3 900—8 100 6 700—1 300
5. Междугородный автобус: в смешанном транспортном потоке на смешанной полосе, предназначенной только для движения автобусов на полосе с ограниченным въездом, предназначенной только для движения автобусов	1 800—4 500 1 800—4 500 3 100—7 200	2 400—6 300 2 400—6 300 4 100—10 100
6. Школьный автобус: в смешанном транспортном потоке » » потоке на полосе, предназначенной только для движения автобусов	1 200—5 800 1 200—5 800	1 200—5 800 1 200—5 800

Вид общественного транспорта и условия перевозки	Места для сидения	Общее число мест ⁹
7. Одиночный трамвай:		
в смешанном транспортном потоке ⁴	5 400—16 200	21 600—37 800
То же ^{5 11}	7 800—23 400	31 200—54 600
на специально отведенной раздельной полосе ⁴	5 400—16 200	21 600—37 800
То же ⁵	7 800—23 400	31 200—54 600
на полосе с ограниченным въездом только для трамваев ^{2 4 6}	5 400—16 200	21 600—37 800
То же ^{2 5 7}	7 800—23 400	31 200—54 600
То же ^{3 5 6}	10 800—32 400	43 200—75 600
То же ^{3 5 7}	5 400—21 600	21 600—50 400
8. Трамвай, соединенный в состав:		
в смешанном транспортном потоке ⁴	5 400—16 200	21 600—40 500
» » » потоке ^{5 11}	7 800—23 400	31 200—58 500
на специально отведенной раздельной полосе ⁴	5 400—16 200	21 600—40 500
то же ⁵	7 800—23 400	31 200—58 500
на полосе с ограниченным въездом только для трамваев ^{2 4 6}	5 400—16 200	21 600—40 500
то же ^{2 5 7}	7 800—23 400	31 200—58 500
то же ^{3 4 6}	10 800—32 400	43 200—81 000
то же ^{3 5 7}	5 400—21 600	21 600—54 000
9. Скоростной рельсовый транспорт типа «город—пригород»:		
в смешанном транспортном потоке ^{2 8}	12 000—34 000	30 000—132 000
то же ^{3 8}	18 000—51 000	45 000—198 000
10. Электропоезд⁹	22 500—585 000	22 500—108 000
11. Межрегиональный скоростной общественный транспорт⁸	4 500—29 700	4 500—43 500

¹ Данные заимствованы из табл. 6.2 и 6.8 и округлены до 100 пассажиров.

² Включая остановки вдоль рассматриваемых отрезков пути.

³ Без остановок, расположенных вдоль рассматриваемых отрезков пути или влияющих на данные отрезки пути.

⁴ Отдельные трамвай или трамвайные составы длиной приблизительно до 43 м.

⁵ Трамвайные составы длиной около 43—85 м.

⁶ Максимальные скорости приблизительно до 56 км/ч.

⁷ Максимальные скорости свыше 56 км/ч.

⁸ На полосе с ограниченным въездом.

⁹ Верхние границы в каждом диапазоне, приведенные в данной колонке цифр, представляют собой максимальную провозную способность при оптимальном распределении пассажиров и оптимальном размере дверных проемов в транспортном средстве и размере платформы, а также приемных возможностях платформы (включая подходы, эскалаторы, лестницы и оборудование для взимания платы, способ, которым пассажиры добираются до остановки и пр.). Если подобные оптимальные условия не могут быть обеспечены, но условия, приближающиеся к подобным, могут быть достигнуты в разумных пределах, то для практических целей наибольшие величины каждого диапазона, представленные в данной колонке цифр, могут быть умножены на коэффициент в пределах от 0,7 до 0,9 в зависимости от обстоятельств, вида транспорта и дорожных условий при отсутствии определенных данных при таких приблизительных условиях обычно применяется коэффициент 0,75.

¹⁰ Верхние границы диапазона провозной способности, представленные для подобных условий, предполагают большие затраты на приобретение земли для полосы отчуждения для автобусов и поэтому практически не могут быть достигнуты на практике.

¹¹ Эксплуатация трамваев длиной около 43—85 м или более в смешанном транспортном потоке требует больших затрат на приобретение земли для полосы отчуждения и поэтому возможна только в тех случаях, когда приобретение земли представляется практически осуществимым.

Дорожно-транспортные происшествия на пассажирском транспорте США

Виды транспорта	Число ДТП		
	на миллион километров пробега	на миллион перевезенных пассажиров	со смертельным исходом
Рельсовый транспорт-экс-пресс	0,68	7,52	—
Весь наземный пассажирский транспорт	39,40	7,79	—
Всего	—	—	150

выгодна для пассажиров и достигается постоянным, внимательным контролем за соблюдением графика.

Провозная способность общественного транспорта. В табл. 6.11 приведена провозная способность полосы дороги или рельсового пути в почасовых нормах при поездке в одном направлении в течение 15 наиболее загруженных минут часа пик. В табл. 6.11 приводятся диапазоны провозной способности основных видов общественного транспорта, эксплуатирующегося в различных дорожных условиях.

Провозная способность ТПГ различных транспортных комбинаций может быть рассчитана на ЭВМ, с использованием величин из табл. 6.11 и сходных с ней таблиц 6.2 и 6.8, а также с применением других факторов и величин, которые рассматриваются в данной главе и этих таблицах.

Факторы, влияющие на провозную способность. Отношение общего количества пассажиров к сидящим пассажирам в часы пик и на пиковых направлениях может быть выбрано по следующим показателям: если на этом виде транспорта не предусмотрены места для стояния и стоять в проходе не разрешено, то отношение принимается равным 1 или меньше 1; если число стоящих пассажиров составляет примерно половину от числа мест для сидения — отношение принимается равным 1,5 (эта величина характерна для часов пик и для пиковых направлений большинства маршрутов автобусного сообщения США); на городском транспорте-экс-прессе в часы пик принимают отношение от 1,5 до 6,5 (величины больше 2 принимают, когда в салоне транспортного средства число мест для стояния значительно превышает число мест для сидения; величины больше 3 обычно характерны для условия переполненного транспорта).

Почасовая пропускная способность, наблюдаемая в 15-минутный период пик, может быть пересчитана в пропускную способность за полный час пик, умножением первой величины на 0,7—0,95.

Трамваи могут эксплуатироваться как единичные, не соединенные в состав, так и соединенные в состав. В табл. 6.2, 6.8 и 6.11 самый длинный трамвайный состав составляет 85 м, хотя возможны и более длинные составы. Это ограничение длины связано с взаимными помехами трамвая и других транспортных средств на пересечении в одном уровне. Применение трамвайных составов длиной от 43 до 85 м и более в смешанном транспортном потоке снижает пропускную способность прилегающих полос для движения и может применяться только в исключительных случаях. Необходимо отметить, что в табл. 6.8 и 6.11 представлены величины для отрезков пути, на которых нет ни одной остановки и движение на которых не подвержено их влиянию.

Безопасность пассажирских перевозок. В течение 3 лет (с 1970 по 1972 г.) отрасль пассажирских перевозок США зарегистрировала 2558 случаев потери трудоспособности на миллион человеко-часов (коэффициент частоты) и 777 полностью оплачиваемых рабочих дней по причине производственных травм на миллион человеко-часов (коэффициент тяжести травм).

Эти величины включают в себя смертельные случаи и длительные потери трудоспособности. В свете все увеличивающегося числа травм автомобильный

транспорт США в 1972 г. находился на 38 месте в списке основных 41 отрасли США. В 1972 г. коэффициент тяжести травм на автомобильном транспорте составлял 784; для наиболее безопасной отрасли — Воздушно-Космических Сообщений эта величина равняется 143, а для наиболее опасной отрасли — подземные угольные разработки коэффициент тяжести характеризуются величиной 4272 (уровень 1971 г.).

В табл. 6.12 представлены сравнительные данные о дорожно-транспортных происшествиях, совершенных на пассажирском транспорте в 1970 г. по Соединенным Штатам Америки.

ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Шумовые помехи. Ниже представлены данные по уровням внешних и внутренних шумов для некоторых видов транспортных средств и условий перевозок.

Приведенные данные, однако, могут существенно изменяться в различных пространственных ситуациях и зависят от ускорения и замедления движения и скорости движения транспортных средств:

<i>Уровень внешнего шума</i>	<i>ДБ</i>
Улица ночью, движение малой интенсивности	30
» днем, интенсивное уличное движение	75
Троллейбус на расстоянии 6 м	79±4
Улица с неудовлетворительным состоянием покрытия и интенсивным движением	80
Грузовой автомобиль малой грузоподъемности на расстоянии 6 м	82±4
Легковые автомобили на расстоянии 6 м	82±4
Электропоезд на расстоянии 6 м	88±3
Автобус с дизельным двигателем при разгоне	88±3
Паровоз на расстоянии 6 м	91±4
Дизельный или паровой поезд на расстоянии 30 м	91±6
Грузовой автомобиль большой грузоподъемности при разгоне	93±5
Поезд метро на расстоянии 6 м	94±3

Уровень внутреннего шума

Цельнометаллический вагон железной дороги при скорости 113 км/ч	67—71
Вагон-ресторан при скорости 113 км/ч	80
Тамбур пассажирского железнодорожного вагона при скорости 113 км/ч	93—100
Вагон метро при скорости 24 км/ч	89
То же 40 км/ч	95
» 56 »	99
» 72 »	100

Загрязнение воздуха. В табл. 6.13 приведены данные о составе газов, выбрасываемых карбюраторными и дизельными двигателями. Данные выражены в процентах по объему.

Эти данные могут значительно колебаться в зависимости от различных режимов эксплуатации, марки автомобилей, нагрузки, качества ремонта и ухода за ними, характера дороги, а также других условий.

Автотранспортные средства или железнодорожные поезда, работающие от электричества, не вырабатывают или практически не создают каких-либо загрязняющих воздух веществ.

**Состав отработавших газов карбюраторных и дизельных двигателей,
% по объему**

Состав газов	Карбюраторные двигатели				Дизельные двигатели	
	Полная нагрузка	Средняя нагрузка	Холостой ход	Разгон	Полная нагрузка	Средняя нагрузка
Азот	84—86	85—86	≤86	≤85	≤86	≤86
Углекислый газ	8—14	10—13,5	9—12	2—2,5	≤12	1—10
Оксид углерода	0,2—5,5	0,2—4,5	3—9	4—5	≤1	≤0,2
Водород	0—8	0—3	1,5—4,5	—	≤0,5	≤0,1
Метан	0—0,4	0—0,4	—	—	—	—
Карбид водорода или различные карбогидраты	1—3	1—3	1—15	Свыше 60	≤0,5	—
Сернистый газ	≤0,004	≤0,004	√0,004	≤0,004	≤0,06	≤0,06

ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Любой усовершенствованный метод пассажирских перевозок должен пройти испытания прежде, чем его можно будет рекомендовать к практическому применению. Обычно рекомендуется испытывать какой-либо метод или вид транспорта в сравнении с лучшими одобренными методами или видами транспорта (одним или несколькими) в их наиболее совершенной форме, уже получившей практическое применение. Такие испытания проводятся в следующей последовательности, в которой рекомендуемый метод или транспортные средства, подлежащие испытанию, будут равны или превосходить (или покажут многообещающие виды на будущее) один или несколько опытных образцов и критериев: строгая оценка концепции; детальный анализ и экономическая оценка; моделирование испытаний, если это необходимо; доводка и испытание макета системы; создание экспериментального образца системы и всесторонние ее испытания. Действительная ценность и перспективные выгоды должны быть достаточно наглядно продемонстрированы на каждом этапе для того, чтобы убедительно доказать целесообразность проведения следующего этапа испытаний. Только при получении положительных результатов на всех этапах испытаний можно рекомендовать то или иное нововведение в практику.

Критерии, по которым следует проводить испытания, должны, кроме того, включать безопасность, надежность, провозную способность, скорость, универсальность, экономичность, срок службы, уровень шума, загрязнение среды, удобство и комфорт, возможность поэтапного развития и другие факторы.

При проведении испытаний следует выполнить широкие исследования с точки зрения социально-экономических аспектов, эффективности произведенных затрат, анализа коэффициента окупаемости с широким учетом и охватом всех указанных выше факторов.

Важнейшие нововведения в общественном транспорте, осуществляемые за последние годы и находящиеся на различных стадиях исследования, испытания и демонстрации перечислены ниже:

1. Транспортные средства с остановками по требованию или работающие на принципе варьирования маршрутов и графика движения.

2. Небольшие автомобили, курсирующие по магистралям с преимущественным правом проезда, автоматически направляемые с первоначального пункта до

места назначения через систему отведенной сети дорог, обслуживающих главным образом малонаселенные районы города.

3. Транспортные средства небольших или средних размеров, которые могут двигаться собственным ходом и управляться водителем или автоматизированной системой индивидуально или в составе поездов.

4. Платформы, перевозящие обычные автомобили, микроавтобусы и грузы по автоматизированным автомагистралям.

5. Новые транспортные средства на центральных улицах городов: непрерывнодвигающийся ленточный транспортер, система капсульных перевозок в виде подвесных устройств непосредственно над улицей в городских районах и др.

Этот перечень не является исчерпывающим. Другие виды нововведений в области организации пассажирских перевозок и конструкции транспортных средств, а также и их комбинации, будут развиваться и разрабатываться дальше.

Глава 7

ДЖ. УОТЛВОРТ

ТЕОРИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Теория транспортных потоков является одной из новейших областей теории организации дорожного движения. Однако, несмотря на то, что эта область зародилась недавно, с ее помощью получены существенные результаты.

По-видимому, наиболее полезным результатом разработки теории транспортных потоков является установление соотношений между такими переменными транспортного потока, как интенсивность движения, скорость и плотность. Эти соотношения нашли применение во многих разделах теории организации дорожного движения.

В результате развития теории транспортных потоков были созданы реальные модели задержки движения, практически использовавшиеся для изучения ситуаций, возникающих на въездах и выездах с автомагистралей при слиянии потоков, на пешеходных дорожках, у знаков «Стоп» и в местах сужения проезжей части. Помимо этого, теория транспортных потоков позволила глубже изучить поведение отдельных автомобилей, двигающихся в общем потоке. Вероятностные модели, разработанные на базе этой теории, явились полезным инструментом, который инженеры по организации движения использовали при изучении различных дорожных ситуаций. Еще одним важным применением теории транспортных потоков является моделирование. Теория транспортных потоков внесла много нового в сам процесс моделирования, а также в процесс построения логических моделей, представляющих собой ядро более общих моделей.

Как недостаток следует отметить отставание практического применения некоторых результатов теории транспортных потоков, полученных теоретическим путем. Это отставание заслуживает сожаления, однако оно вполне объяснимо. Отставание вызвано тем, что многие специалисты, работающие над проблемами теории транспортных потоков, являются математиками, физиками или представителями других дисциплин, а не специалистами в области организации дорожного движения. В самом деле, инженеры по организации дорожного движения многим обязаны этим специалистам, внесшим значительный вклад в разработку теории. Теоретик дорожного движения занят главным образом изучением основных соотношений (почему это имеет место), в то время как инженер по организации дорожного движения интересуется больше тем, что имеет место. Этим, следовательно, и объясняется тот факт, что необходимо время, прежде чем результаты теории найдут практическое применение. Результаты теории транспортных пото-

ков, наиболее быстро нашедшие практическое применение, были получены инженерами по организации дорожного движения, разрабатывающими эту теорию с целью решения конкретной задачи.

Переменные, характеризующие интенсивность движения.

Интенсивность движения q — количество автомобилей, проходящих через данное сечение дороги за единицу времени. Интенсивность обычно выражается количеством автомобилей в час, однако могут использоваться более короткие периоды наблюдения.

Объем движения Q — это количество автомобилей, пересекших выбранное сечение за данный период времени T . Объем движения определяется фактическим подсчетом числа автомобилей и выражается в «автомобилях».

Часовой объем движения — количество автомобилей, прошедших через сечение дороги за час. В отличие от интенсивности объем движения не может быть основан на измерениях, выполненных за более короткий период наблюдения.

Временной интервал h_i — время между двумя последовательными пересечениями автомобилями данного сечения дороги; обычно временной интервал выражается в секундах.

Средний временной интервал \bar{h}_i — среднее арифметическое всех измеренных временных интервалов h_i . Средний временной интервал выражается в секундах на автомобиль и может быть определен с использованием объема движения Q или его интенсивности q :

$$\bar{h}_i = \frac{3600T}{Q} = \frac{3600}{q}. \quad (7.1)$$

Переменные, характеризующие скорость транспортного потока.

Средняя временная скорость u_t — скорость, получаемая усреднением скоростей движения отдельных автомобилей. Средняя временная скорость выражается в километрах в час (км/ч) или в метрах в секунду (м/с).

Время поездки — время, затрачиваемое отдельным автомобилем на прохождение единицы длины дороги.

Суммарный пробег TT — сумма путей всех автомобилей за данный период времени (или части автомобилей, имеющих некоторые общие характеристики).

Суммарное время поездки TTT — сумма времени поездки всех рассматриваемых автомобилей.

Средняя пространственная скорость u_s — скорость, получаемая усреднением времени проезда участка дороги автомобилями. Средняя пространственная скорость выражается в километрах в час или в метрах в секунду. В любой транспортной системе средняя пространственная скорость в данный период времени равна отношению суммарного пробега всех автомобилей системы к суммарному времени поездки, т. е.

$$u_s = \frac{TT}{TTT}. \quad (7.2)$$

Переменные, характеризующие плотность потока.

Плотность k — количество автомобилей на километре дороги, но можно использовать также и участки дороги меньшей длины. Плотность определяют на всю ширину дороги (на все полосы движения) или на одну полосу движения.

Пространственный интервал h_d — расстояние между передними бамперами двух следующих друг за другом автомобилей в данный момент времени. Пространственный интервал выражается в метрах.

Средний пространственный интервал \bar{h}_d — среднее значение всех пространственных интервалов h_d между автомобилями на дороге. Средний пространственный интервал выражается в метрах на автомобиль, в условиях постоянной скорости движения может быть определен с использованием плотности k или среднего временного интервала \bar{h}_i :

$$\bar{h}_d = \frac{1000}{k} = \bar{h}_i u. \quad (7.3)$$

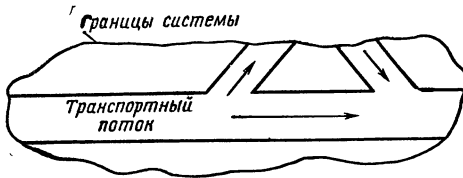


Рис. 7.1. Системный метод измерения

Виды измерений характеристик транспортных потоков Движение транспортного потока определяется тремя переменными: интенсивностью, скоростью и плотностью. Соотношение между этими тремя основными величинами описывается основным уравнением транспортного потока:

$$q = ku,$$

где q — интенсивность потока, авт/ч; k — плотность потока, авт/км; u — скорость потока, км/ч.

Компоненты этого уравнения определяются с использованием одного из трех основных способов измерения.

Измерения в сечении — это такие измерения, которые проводятся в сечении, обозначаемом линией, перпендикулярной к направлению дороги и пересекающей всю ее ширину.

Измерения на участке. Такие измерения производятся на участке, заключенном между двумя сечениями дороги. Расстояние между сечениями обозначается через dx .

Системные измерения бывают двух типов:

1. При физических или геометрических системных измерениях дорога рассматривается как система или некое целое. Рассматриваемый элемент дороги отделяется границей, и в дальнейшем входные и выходные характеристики системы измеряются на этой границе (рис. 7.1).

2. Определенная группа автомобилей также может рассматриваться как система. Измерения проводятся по отношению к количеству автомобилей N по мере их продвижения по дороге.

Если измерения производятся в автомобилях, в часах и километрах, то при использовании основного уравнения ($q = ku$) осуществляются следующие наблюдения:

	<i>Наблюдаемая величина</i>	<i>Измерено</i>
q , авт/ч	в сечении
k , авт/км	на участке
u , км/ч	в сечение или на участке

Само по себе основное уравнение $q = ku$ противоречиво, если отдельные его компоненты измерены различными путями. Поэтому выполняют анализ каждого из трех типов измерений характеристик движения транспортного потока, устраняющий кажущуюся противоречивость основного уравнения.

Среднюю интенсивность движения \bar{q} можно определить из выражения

$$\bar{q} = \frac{N}{T}, \tag{7.4}$$

где N — количество автомобилей, проходящих через заданное сечение, авт; T — продолжительность периода наблюдения, ч.

Объем движения Q за время T определяется по формуле

$$Q = \int_0^T q(t) dt, \tag{7.5}$$

где t — время; q — интенсивность движения.

После интегрирования получаем

$$Q = qT. \tag{7.6}$$

Воспользовавшись уравнением (7.4), получим

$$Q = N \quad (7.7)$$

Средний временной интервал \bar{h}_t рассчитывают для \bar{h}_t в часах на автомобиль:

$$\bar{h}_t = \frac{T}{N}, \quad (7.8)$$

а из уравнения (7.4) получаем

$$\bar{h}_t = \frac{1}{q}. \quad (7.9)$$

При расчетах \bar{h}_t в секундах на автомобиль (с/авт) уравнения (7.8) и (7.9) соответственно принимают вид:

$$\bar{h}_t = \frac{3600T}{N} \quad (7.10)$$

или
$$\bar{h}_t = \frac{3600}{q}. \quad (7.11)$$

Среднюю временную скорость u_i находят из выражения

$$u_i = \frac{\sum_{i=1}^N u_i}{N}, \quad (7.12)$$

где u_i — скорость i -го автомобиля.

Плотность k невозможно определить для сечения, поскольку по определению

$$\text{плотность} = \frac{\text{количество автомобилей}}{\text{единица длины дороги}}. \quad (7.13)$$

Для сечения существует аналогичная плотности характеристика — занятость. Она определяется как продолжительность времени присутствия автомобиля в рассматриваемом сечении.

$$\text{Занятость} = \frac{\sum_{i=1}^N dt_i}{T}, \quad (7.14)$$

где dt_i — период времени, в течение которого i -й автомобиль находится в данном сечении.

Занятость нельзя использовать в основном уравнении $q = ku$ вместо плотности k , поскольку она безразмерна.

Средний пространственный интервал \bar{h}_d в данном случае практически неизмерим, поскольку плотность не может быть определена в сечении, т. е.

$$\bar{h}_d = \frac{1000}{k}. \quad (7.15)$$

Оценка для \bar{h}_d может быть получена с использованием среднего временного интервала \bar{h}_t при условии, что средняя скорость потока u_t постоянна:

$$\bar{h}_d \text{ (приблиз.)} = \frac{1000}{3600} \bar{h}(t) u_t \quad (7.16)$$

(для \bar{h}_t в секундах, u_t в километрах в час и h_d в метрах).

Измерения на коротком участке.

Средняя интенсивность движения технически неопределима на участке (рис. 7.2), поскольку

$$\bar{q} = \frac{N}{T} \text{ для } N, \text{ получаемого в сечении.} \quad (7.17)$$

Объем движения Q в момент T практически нельзя определить для участка дороги, поскольку

$$Q = N \text{ для } N, \text{ определенного в сечении.} \quad (7.18)$$

Средний временной интервал \bar{h}_t практически невозможно определить на участке дороги, так как

$$\bar{h}_t = \frac{T}{N} \quad (7.19)$$

$$\text{и } \bar{h}_t = \frac{1}{\bar{q}}, \text{ а } \bar{q} \text{ и } N \text{ нельзя определить на участке,} \quad (7.20)$$

Среднюю временную скорость u_t находим из выражения

$$u_t = \frac{\sum_{i=1}^N u_i}{N}. \quad (7.21)$$

Скорость u_i на коротком участке пути dx равна:

$$u_i = \frac{dx}{dt_i}, \quad (7.22)$$

где dt_i — время, необходимое i -му автомобилю для прохождения пути dx .

Подставляя (7.22) в (7.21), получаем

$$u_t = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{dx}{dt_i}}{N} = \frac{dx}{N} \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{dt_i} \right). \quad (7.23)$$

Среднюю пространственную скорость u_s определяем из соотношения

$$u_s = \frac{dx}{dt_i}. \quad (7.24)$$

Поскольку

$$\frac{1}{dt_i} = \frac{\sum_{i=1}^N dt_i}{N}, \quad (7.25)$$

уравнение (7.24) принимает вид

$$u_s = \frac{dx}{\frac{\sum_{i=1}^N dt_i}{N}} = \frac{N dx}{\sum_{i=1}^N dt_i}. \quad (7.26)$$

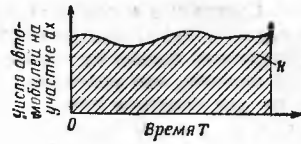
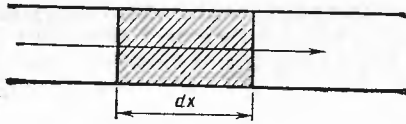


Рис. 7.2 Измерения на участке дороги протяженностью dx (за время T участок пересекает N автомобилей)

Рис. 7.3. Зависимость числа автомобилей на участке протяженностью dx от времени

Среднюю плотность \bar{k} за период времени T (рис. 7.3) находим из выражения

$$\bar{k} = \frac{\text{среднее количество автомобилей на пути } dx}{dx}. \quad (7.27)$$

Вероятность того, что i -й автомобиль находится на участке dx , равна

$$P(i\text{-й автомобиль на } dx) = \frac{dt_i}{T}. \quad (7.28)$$

Воспользовавшись уравнением (7.28), получим: среднее количество автомобилей на участке

$$dx = \sum_{i=1}^N 1P(i\text{-й автомобиль на } dx) \quad (7.29)$$

или

$$dx = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N dt_i. \quad (7.30)$$

Подставляя (7.30) в (7.27), получаем

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^N dt_i}{T dx}. \quad (7.31)$$

Пример: $T=10$ мин = 600 с; $dx=3$ м; $N=100$ авт.; $\overline{dt_i}=0,1$ с.
Используя уравнение (7.31), получаем:

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^N dt_i}{T dx} = \frac{N (\overline{dt_i})}{T dx} = \frac{(100 \text{ авт}) (0,1 \text{ с}) (1000 \text{ м/км})}{600 \text{ с} (3 \text{ м})}.$$

$$\bar{k} = 5,5 \text{ авт/км}.$$

Средний пространственный интервал \bar{h}_d нельзя определить на участке, так как

$$\bar{h}_d = \frac{1000}{k} \quad (\text{в некоторый момент времени}), \quad (7.32)$$

где k является функцией времени $k(t)$; $N(t)$ — количество автомобилей в системе в момент времени t ;

$$k(t) = \frac{N(t)}{dx}. \quad (7.33)$$

Системные измерения в системе с неподвижными границами. Интенсивность движения или объем движения за время T и средний временной интервал можно определить только на границах системы. Внутри системы их определить нельзя по той причине, что уравнения (7.17), (7.18), (7.19) и (7.20) составлены для сечений, а не для участков дорог.

Среднюю временную скорость находим из выражения

$$u_t = \frac{\sum_{i=1}^N u_i}{N}. \quad (7.34)$$

Для системы уравнение (7.34) примет вид

$$u_t(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N(t)} u_i(t)}{N(t)}, \quad (7.35)$$

где $u_t(t)$ — средняя временная скорость в системе в момент времени t ; $N(t)$ — количество автомобилей в системе в момент времени t ; $\sum_{i=1}^N u_i(t)$ — сумма скоростей (u_i) автомобилей из $N(t)$.

Среднюю пространственную скорость u_s за короткий промежуток времени dt определяем из выражения

$$u_s = \frac{\sum_{i=1}^N dx_i}{Ndt}, \quad (7.36)$$

где dx — расстояние, пройденное i -м автомобилем за время dt .

Средняя пространственная скорость на отрезке пути имеет размерность автомобиле-километр в автомобиле-час.

Среднюю пространственную скорость u_s' за период времени T вычисляем следующим образом:

$$u_s' = \frac{\text{расстояние в километрах, пройденное автомобилями за время } T}{\text{время поездки в часах, затраченное автомобилями за время } T} \quad (7.37)$$

или

$$u_s' = \frac{\text{суммарная дальность поездки}}{\text{суммарное время поездки}}. \quad (7.38)$$

Уравнение (7.38) в сокращенном виде записываем в следующем виде:

$$u_s' = \frac{TT}{TTT}. \quad (7.39)$$

Плотность k в момент времени t для всей системы определяем по формуле

$$k(t) = \frac{N(t)}{M}, \quad (7.40)$$

где M — длина системы, км.

Среднюю плотность \bar{k} за период времени T находим из уравнения (7.27)

$$\bar{k} = \frac{1}{MT} \int_0^T N(t) dt, \quad (7.41)$$

где $\frac{1}{T} \int_0^T N(t) dt$ — среднее количество автомобилей в системе за время T ;

M — полная протяженность системы, км.

Средний пространственный интервал \bar{h}_d в момент времени t для системы определяем следующим образом:

$$\bar{h}_d = \frac{\text{общая длина системы}}{\text{количество автомобилей в системе в момент } t} = \frac{M}{N(t)}. \quad (7.42)$$

Воспользовавшись уравнением (7.40), получаем

$$\bar{h}_d = \frac{1}{k(t)}. \quad (7.43)$$

Системные измерения характеристик группы автомобилей. Интенсивность, объем движения за время T и средний временной интервал для группы из N автомобилей по причинам, высказанным при составлении уравнений (7.17), (7.18), (7.19) и (7.20), можно определить только на границах системы.

Среднюю скорость u потока за короткий временной интервал dt находим из соотношения

$$u(t) = \frac{\text{суммарное расстояние, пройденное группой автомобилей за время } dt}{\text{суммарное время поездки группы автомобилей за время } dt} \quad (7.44)$$

или

$$u(t) = \frac{\sum_{i=1}^N dx_i}{Nd'}. \quad (7.45)$$

Уравнения (7.36) и (7.45) эквивалентны, следовательно,

$$u(t) \text{ группы автомобилей} = u_s \text{ системы} = \frac{\sum_{i=1}^N dx_i}{Ndt}. \quad (7.46)$$

Плотность k в момент времени t для группы из N автомобилей вычисляем по формуле

$$k(t) = \frac{\text{количество автомобилей в группе}}{\text{общая длина группы в момент времени } t} \quad (7.47)$$

или

$$k(t) = \frac{N-1}{x_1 - x_N}, \quad (7.48)$$

где x_1 и x_N — сечения на дороге, соответствующие положениям 1-го и N -го автомобилей.

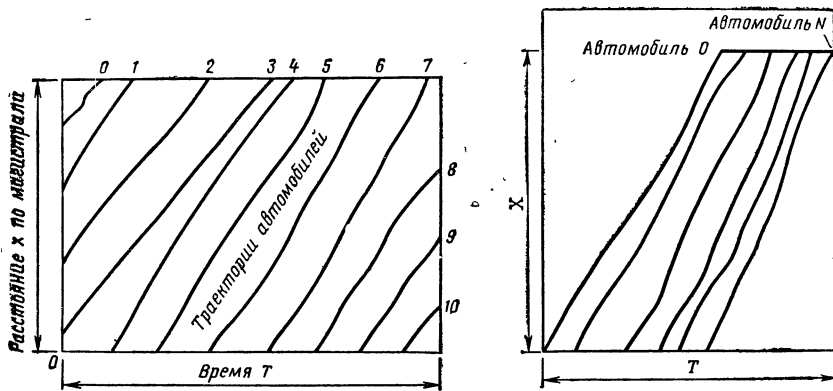


Рис. 7.4. Траектории автомобилей на пространственно-временной диаграмме. Площадь рассматриваемого участка пространственно-временной диаграммы равна xT ; 1, 2, 3... любые автомобили

Рис. 7.5. Траектория движения группы из N автомобилей на участке дороги длиной X

Средний пространственный интервал \bar{h}_d для группы из N автомобилей определяем по формуле

$$\bar{h}_d = \frac{\text{полная длина группы в момент времени } t}{\text{количество автомобилей в группе} - 1}. \quad (7.49)$$

Уравнение (7.49) можно записать в виде

$$\bar{h}_d = \frac{x_1 - x_N}{N - 1} \quad (7.50)$$

и, воспользовавшись уравнением (7.42), получить

$$\bar{h}_d = \frac{1}{k(t)}. \quad (7.51)$$

Возвращаясь к основному уравнению транспортного потока $q = ku$, видим из уравнения (7.4), что

$$\bar{q} = \frac{N}{T}. \quad (7.52)$$

а из уравнения (7.31) находим \bar{k} :

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^N dt_i}{T dx}. \quad (7.53)$$

Подставив уравнения (7.52) и (7.53) в уравнение $q = ku$, определяем, какую скорость нужно использовать в этом уравнении:

$$\frac{N}{T} = \frac{\sum_{i=1}^N dt_i u}{T dx}. \quad (7.54)$$

Соотношение (7.54) можно записать в виде

$$u = \frac{Ndx}{\sum_{i=1}^N dt} \quad (7.55)$$

Уравнение (7.55) идентично уравнению (7.26) для средней пространственной скорости. Таким образом, основное уравнение $q=ku$ непротиворечиво в том и только в том случае, если в качестве скорости u используется средняя пространственная скорость u_s .

НЕЗАВИСИМЫЕ ОТ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Встречаются случаи, когда три описанных выше метода измерения характеристик движения транспортного потока непригодны. Это справедливо при движении колонн автомобилей, перемещающихся как в пространстве, так и во времени, а также при достаточно протяженных участках дорог dx . Л. Эдай разработал методы, позволяющие распространить приведенные выше определения на более общие случаи. Комбинированием определений, сформулированных для сечений, участков и систем, можно получить уравнения, описывающие движение потока автомобилей как движение сплошной среды. Эти уравнения не зависят от способа измерения и применимы к движению колонн автомобилей и к протяженным участкам автомобильных дорог.

Уравнения для протяженных участков дорог. Пространственно-временная диаграмма, изображающая траектории движения автомобилей в пространстве и во времени, показана на рис. 7.4.

Интенсивность q транспортного потока определяем по формуле

$$q = \frac{\sum X_i}{A}, \quad (7.56)$$

где X_i — расстояние, пройденное i -м автомобилем, движущимся в рассматриваемом участке пространственно-временной диаграммы; A — площадь рассматриваемого участка.

Плотность k транспортного потока находим из выражения

$$k = \frac{\sum t_i}{A}, \quad (7.57)$$

где t_i — время, затраченное i -м автомобилем на прохождение рассматриваемого участка пространственно-временной диаграммы

Скорость u транспортного потока описывается формулой

$$u = \frac{\sum X_i}{\sum t_i}, \quad (7.58)$$

где X_i и t_i — определенные выше величины, которые не зависят от методов измерения, поскольку не зависят от конфигурации пространственно-временной области с площадью A .

Уравнения (7.56)—(7.58) не зависят от вида статистических расчетов, используемых для анализа, и поэтому приводят к непротиворечивым результатам. Кроме того, они имеют уменьшенную чувствительность к случайным ошибкам, неизбежным при измерениях в сечениях и на коротких участках (здесь ошибки обусловлены самой процедурой измерения)

Для применения этих уравнений с целью комбинирования N значений q_i , k_i и u_i , полученных для участков с площадью a_i , используют следующие идентичные уравнения:

$$q = \frac{\sum a_i q_i}{\sum a_i}; \quad k = \frac{\sum a_i k_i}{a_i}; \quad u = \frac{\sum a_i q_i}{\sum a_i k_i}. \quad (7.59)$$

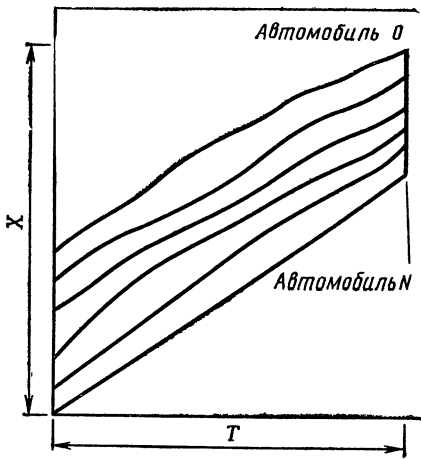


Рис. 7.6. Траектории движения группы из N автомобилей за время T

Уравнения для группы автомобилей. Пространственно-временная диаграмма для группы из N автомобилей, движущихся по дороге длиной X , показана на рис. 7.5. Границами области служат траектории автомобилей O и N , а также концы дороги. Пренебрегая кривизной траекторий для автомобилей O и N , площадь области определяем по формуле

$$A = TX - \frac{X^2}{2} \left(\frac{1}{u_0} + \frac{1}{u_N} \right), \quad (7.60)$$

где T — суммарное время поездки; u_0 — средняя скорость автомобиля O ; u_N — средняя скорость автомобиля N .

Используя уравнения (7.56), (7.57) и (7.58), к группе автомобилей применяем следующие уравнения:

$$q = \frac{\sum X_i}{A} = \frac{NX}{TX - \frac{X^2}{2} \left(\frac{1}{u_0} + \frac{1}{u_N} \right)}; \quad (7.61)$$

$$k = \frac{\sum t_i}{A} = \frac{X \sum \frac{1}{u_i}}{TX - \frac{X^2}{2} \left(\frac{1}{u_0} + \frac{1}{u_N} \right)}; \quad (7.62)$$

$$u = \frac{\sum X_i}{\sum t_i} = \frac{N}{\sum \frac{1}{u_i}}. \quad (7.63)$$

Пространственно-временная диаграмма для группы из N автомобилей, ограниченная периодом времени T и траекториями автомобилей O и N , показана на рис. 7.6. В этом случае площадь области и характеристики транспортного потока вычисляем по следующим формулам:

$$A = XT - \frac{X^2}{2} (u_0 + u_N); \quad (7.64)$$

$$q = \frac{\sum X_i}{A} = \frac{\sum u_i T}{XT - \frac{X^2}{2} (u_0 + u_N)} = \frac{\sum u_i}{X - \frac{T}{2} (u_0 + u_N)}; \quad (7.65)$$

$$k = \frac{\sum t_i}{\Delta} = \frac{N}{X - \frac{T}{2}(u_0 + u_N)}; \quad (7.66)$$

$$a = \frac{\sum X_i}{\sum t_i} = \frac{\sum u_i}{N}. \quad (7.67)$$

При суммировании по расстоянию, времени и скорости в уравнениях (7.61)—(7.63) и (7.65)—(7.67) под знак суммы включены данные только для одного (или усредненные) из двух автомобилей (нулевого и N -го), траектории которых ограничивают площадь области.

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

При рассмотрении соотношений между интенсивностью, плотностью и скоростью транспортного потока используется детерминированный подход. Анализ размерности этих переменных указывает на существование следующего соотношения:

$$q = uk, \quad (7.68)$$

где q — средняя интенсивность движения, авт/ч; u — средняя пространственная скорость, км/ч; k — средняя плотность, авт/км.

Если известны любые две из трех переменных, то третья определяется однозначно.

Среди этих переменных нет такой, которая бы зависела только от одного параметра, однако поскольку интенсивность и скорость легче поддаются измерению, то их считают независимыми переменными, а плотность — зависимой. Соотношение (7.68) можно изобразить наглядно в виде поверхности и трехмерном пространстве, описываемой этим уравнением (рис. 7.7).

Кроме упомянутых выше, следует определить следующие величины:

q_m — максимальная интенсивность движения;

u_f — скорость движения в свободных условиях (уровень обслуживания A);

u_m — скорость, при которой интенсивность движения максимальна ($q = q_m$);

k_j — плотность затора или плотность, при которой движение уже невозможно ($u = 0$);

k_m — плотность, при которой интенсивность движения максимальна ($q = q_m$).

Зависимость интенсивность — плотность (рис. 7.8) называется основной диаграммой состояния транспортного потока. С ростом плотности потока интенсивность

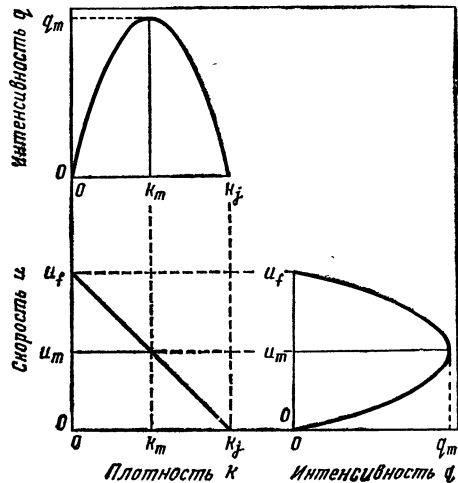


Рис. 7.7. Соотношение между интенсивностью, скоростью и плотностью

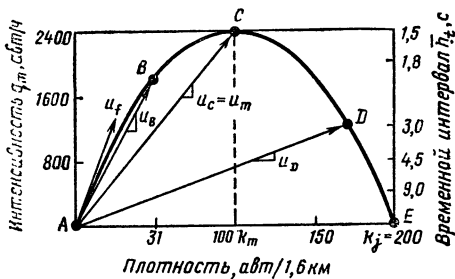


Рис. 7.8. Основная диаграмма транспортного потока (влево от вертикальной пунктирной линии показаны нормальные условия движения без образования заторов, вправо — условия движения при заторах)

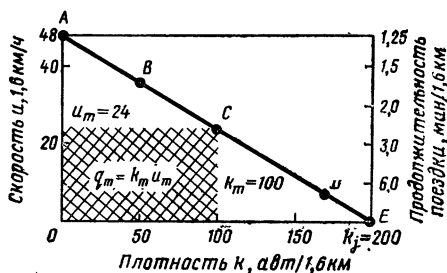


Рис. 7.9. Зависимость скорости потока от его плотности

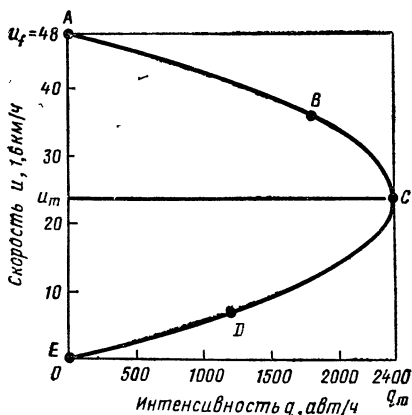


Рис. 7.10. Зависимость скорости потока от его интенсивности (зона выше горизонтальной прямой линии члустрирует свободные условия движения, а зона ниже этой линии — движение в условиях затора)

увеличивается до тех пор, пока не станет равной пропускной способности дороги. Точка C на рис. 7.8 соответствует пропускной способности дороги или максимальной интенсивности q_m . Начиная с этой точки, интенсивность уменьшается по мере роста плотности. Этот процесс продолжается до тех пор, пока плотность не станет равной плотности затора k_j , а интенсивность не обратится в ноль.

Тангенс угла наклона радиус-вектора, проведенного из начала координат в какую-либо точку на кривой, характеризует скорость потока u в условиях движения, соответствующих данной точке.

Кроме того, тангенс угла наклона вектора может характеризовать продолжительность поездки, измеряемую в минутах на километр.

Тангенс угла наклона касательной к кривой в точке A характеризует скорость u_f движения в свободных условиях. Можно показать, что с использованием уравнений (7.1) и (7.3) средние временные и пространственные интервалы \bar{t}_f и \bar{h}_d выражаются соответственно как функции интенсивности и плотности потока. При плотностях потока, меньших k_m , точки на кривой соответствуют нормальным условиям движения, а при больших плотностях наблюдается возникновение заторов.

Точка B является характерной для условий движения транспортных средств без заторов. Из рис. 7.8 можно также определить, что интенсивность в данном случае равна 1800 авт/ч, плотность — 31 авт/км, а скорость (тангенс угла наклона радиус-вектора AB) — 58 км/ч.

Точка D является типичной точкой, соответствующей условиям движения при заторах. Из рис. 7.8 можно определить, что интенсивность в точке D равна 1224 авт/ч, плотность — 106 авт/км, а скорость — 11 км/ч. В точке A интенсивность, плотность и скорость равны нулю по определению.

Взятые для данного примера данные не являются типичными

для реальных условий движения транспортных средств. Выбор их объясняется только простотой расчетов.

Зависимость скорости потока от его плотности. На рис. 7.9 представлена зависимость скорости потока от его плотности. Для простоты зависимость предполагается линейной. Обычно при увеличении плотности скорость движения уменьшается. Аналогично с ростом плотности уменьшается средний пространственный интервал h_a . Скорости u_f движения в свободных условиях соответствует точка A . Эта скорость обычно определяется геометрией и состоянием дороги. Зависимость не пересекает вертикальную ось, а приближается к ней асимптотически.

Интенсивность также может интерпретироваться на диаграмме «скорость — плотность». Для заданной точки на рис. 7.8 скорость u и плотность k известны. Поскольку $q = ku$, то интенсивность будет представлять собой площадь прямоугольника, одна вершина которого находится в начале координат, а противоположная — в заданной точке графика, причем две стороны прямоугольника совпадают с осями координат. На рис. 7.9 эта площадь построена для точки C .

Точки A, B, C, D и E на зависимости интенсивности от плотности соответствуют аналогичным точкам на основной диаграмме транспортного потока.

Зависимость скорости потока от его интенсивности. На рис. 7.10 представлена зависимость скорость—интенсивность. Форма этой кривой аналогична основной диаграмме транспортного потока. При увеличении интенсивности до максимального значения q_m скорость уменьшается. В соответствующей загорным условиям движения ветви кривой уменьшается как интенсивность, так и скорость. Точки A, B, C, D и E на кривой интенсивность—плотность соответствуют аналогичным точкам на кривой скорость—плотность. Тангенс угла наклона вектора, проведенного из начала координат в какую-либо точку кривой, равен $1/k$, т. е. обратно пропорционален плотности k в этой точке. Часть кривой скорость—интенсивность, лежащая выше точки C , соответствует нормальным условиям движения без образования заторов, а нижняя часть кривой — заторовым условиям движения транспортных средств.

МАКРОМОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Установление связи между различными парами основных характеристик транспортного потока основывается на: экспериментальных данных и построенных по ним кривым; на выводах, сделанных при анализе граничных условий, и на физических аналогиях. Развитие этих трех подходов привело к созданию макромоделей транспортного потока, в которых движение предполагается однородным.

Экспериментальные данные и построенные по ним зависимости. В 1935 г. Б. Гриншидс построил экспериментальную зависимость скорости u от плотности k для одноподпотока и предположил, что экспериментальные данные хорошо аппроксимируются линейной зависимостью следующего вида (рис. 7.11, а):

$$u = u_f - \frac{u_f}{k_j}(k) = u_f \left(1 - \frac{k}{k_j} \right). \quad (7.69)$$

Подставив зависимость (7.69) в уравнение (7.68), получим

$$q = ku_f \left(1 - \frac{k}{k_j} \right) = u_f \left(k - \frac{k^2}{k_j} \right). \quad (7.70)$$

откуда следует, что q является параболической функцией k (рис. 7.11, б). Из рис. 7.11, б видно, что в точке максимальной интенсивности тангенс угла наклона касательной равен нулю и $k = k_m$; следовательно, дифференцируя уравнение (7.70) по k и приравнявая полученное выражение к нулю, имеем:

$$\frac{dq}{dk} = u_f \left(1 - \frac{2k_m}{k_j} \right) = 0.$$

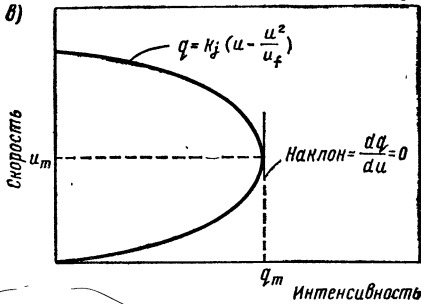
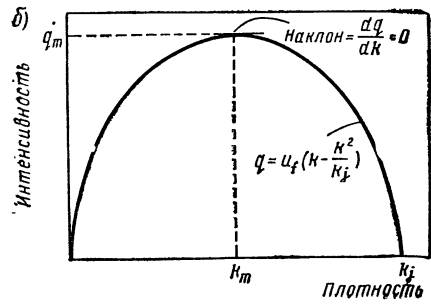
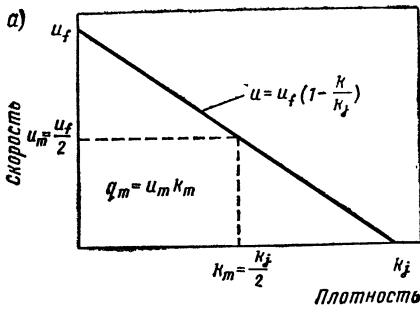


Рис. 7.11. Зависимость между основными характеристиками транспортного потока для линейной модели «скорость — плотность»

Поскольку u_f не может быть равным нулю, то

$$1 - \frac{2k_m}{k_j} = 0$$

или

$$k_m = \frac{k_j}{2}.$$

Теперь найдем выражение для q как функции u . Из зависимости (7.69) имеем

$$u - u_f = u_f \frac{k}{k_j},$$

откуда

$$k = k_j \left(1 - \frac{u}{u_f}\right).$$

Подставляя это выражение для k в уравнение (7.68), получаем

$$q = u k_j \left(1 - \frac{u}{u_f}\right) = k_j \left(u - \frac{u^2}{u_f}\right), \quad (7.71)$$

из которого видно, что q — параболическая функция u . График этой функции показан на рис. 7.11, в. Дифференцируя уравнение (7.71) по u и приравнявая полученное выражение к нулю, получаем

$$\frac{dq}{du} = k_j \left(1 - \frac{2u}{u_f}\right) = 0,$$

Поскольку k_j не может быть равным нулю при $q = q_m$, то

$$1 - \frac{2u_m}{u_f} = 0,$$

откуда

$$u_m = \frac{u_f}{2}.$$

Следовательно,

$$q_m = u_m k_m = \frac{u_f}{2} \cdot \frac{k_j}{2} = \frac{u_f k_j}{4}, \quad (7.72)$$

что показано на рис. 7.11, а в виде прямоугольника максимальной площади.

Анализ экспериментальных зависимостей скорости от плотности показывает, что во всем диапазоне наблюдений строго линейный характер зависимости не соблюдается. Большая часть известных данных лучше описывается кривой, изображенной на рис. 7.12. Линейная модель приемлема лишь для центральной части кривой, однако экспериментальные данные наводят на мысль о возможности использования других моделей, которые учитывали бы явную кривизну в диапазоне малых и высоких плотностей. Это привело к разработке моделей, основанных на других подходах.

Дедуктивный метод построения модели. Д. Дрю показал, что если уравнение (7.68) дифференцируется по k , то

$$\frac{dq}{dk} = k \frac{du}{dk} + u.$$

При $k = k_m$ $\frac{dq}{dk} = 0$, следовательно, $k_m \frac{du}{dk} + u = 0$.

Разделяя переменные и интегрируя обе части, получаем $\ln u = \frac{k}{k_m} + c$,

где c — постоянная интегрирования.

Используя граничное условие $u = u_f$ при $k = 0$, имеем

$$\ln u_f = -\frac{0}{k_m} + c,$$

откуда

$$c = \ln u_f$$

$$\text{и } k = k_m \ln \frac{u_f}{u}. \quad (7.73)$$

Подстановка выражения для k в уравнение (7.68) приводит к следующему результату

$$q = uk_m \ln \frac{u_f}{u}. \quad (7.74)$$

При $k = k_m$ и $u = u_m$ уравнение (7.73) преобразуется в уравнение вида

$$k_m = k_m \ln \frac{u_f}{u_m},$$

откуда

$$\ln \frac{u_f}{u_m} = 1,$$

а

$$u_m = \frac{u_f}{e}.$$

При $dq/dk=0$, $u=u_m$.

Следовательно, $k \frac{du}{dk} + u_m = 0$ или $du + u_m \frac{dk}{k} = 0$.

Интегрируя, получаем $u = -u_m \ln k + c$.

Использование граничного условия $u=0$ при $k=k_j$ дает $0 = -u_m \ln k_j + c$ и $c = u_m \ln k_j$.

Следовательно.

$$u = u_m \ln \frac{k_j}{k}. \quad (7.75)$$

Подстановка значений $u=u_m$ и $k=k_m$ в уравнение (7.75) приводит к выражению вида

$$u_m = u_m \ln \frac{k_j}{k_m}, \quad \ln \frac{k_j}{k_m} = 1.$$

откуда

$$k_m = \frac{k_j}{e}.$$

Л. Эдай пришел к тому же результату, дифференцируя уравнение (7.1) по u . Он предположил, что существуют два режима движения транспортного потока: режим свободного движения и режим с образованием заторов (заторовый режим). Кроме того, он допустил, что для свободного режима движения транспортного потока можно использовать экспоненциальную зависимость скорости от плотности, а для режима с заторами можно использовать уравнение (7.75), ибо последний приводит к появлению разрывов в устойчивом состоянии движения.

В подтверждение метода, учитывающего наличие разрывов, А. Мей определил три зоны: 1 — зону постоянной скорости, 2 — зону постоянной интенсивности и 3 — зону постоянного изменения интенсивности в зависимости от плотности. В зоне 1 скорость автомобиля определяется состоянием самой дороги, а интенсивность соответствует предъявляемым к дороге требованиям. Зона 2 представляет собой зону, в которой ожидаются «сбои» в режиме движения; средняя скорость падает, в то время как интенсивность можно поддерживать на высоком уровне. В зоне 3 скорость и интенсивность падают, что само по себе может служить определением затора.

Р. Андервуд предложил следующую экспоненциальную зависимость скорости от плотности:

$$u = u_f e^{-k/k_m}.$$

Многие из приведенных выше результатов были получены с помощью метода физических аналогий.

Метод физических аналогий. Для движения транспортного потока можно найти подходящие аналогии, например, в движении потока жидкости или потока тепла.

Модели, приведенные ниже, являются в основном гидродинамическими моделями. В основе их лежит движение одномерного потока сжимаемой жидкости. При построении таких моделей следует допустить наличие двух условий. Первое условие состоит в том, что транспортный поток ведет себя как консервативная система, т. е. если интенсивность с расстоянием уменьшается, то плотность со временем должна расти.

Этот принцип называется уравнением неразрывности и математически выражается следующим образом:

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial k}{\partial t} = 0. \quad (7.76)$$

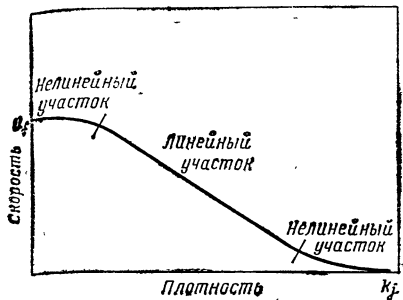


Рис. 7.12. Экспериментальная кривая «скорость — плотность»

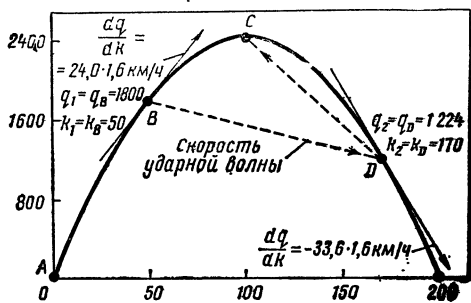


Рис. 7.13. Определение характеристик кинематической и ударной волн при помощи основной диаграммы транспортного потока. Скорость ударной волны равна:

$$\frac{q_2 - q_1}{k_2 - k_1} = \frac{1224 - 1800}{170 - 50} = -4,8 \cdot 1,6 \text{ км/ч}$$

Второе условие состоит в том, что водители регулируют скорость движения автомобилей в соответствии со сложившейся обстановкой на дороге, т. е. если плотность с расстоянием увеличивается, то скорость с течением времени уменьшается. Этот факт предполагает, что скорость может быть отрицательной. По этой причине было бы более логично выразить уравнение движения через ускорение, а не через скорость, благодаря чему знак (положительный или отрицательный) мог бы указывать на возрастание или уменьшение скорости, а не на изменение направления движения (вперед или назад). Математически уравнение движения записывается в следующей форме:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{c^2}{k} \cdot \frac{\partial k}{\partial x}. \quad (7.77)$$

В 1959 г. Х. Гринберг исходя из уравнения неразрывности (7.76) и уравнения движения (7.77) получил следующее соотношение между скоростью и плотностью:

$$u = u_m \ln \frac{k_j}{k}. \quad (7.78)$$

Общепринято называть это выражение моделью Гринберга, но следует отметить, что оно идентично уравнению (7.75), полученному с использованием граничных условий.

Д. Дрю, используя предложенный Х. Гринбергом гидродинамический подход к движению транспортного потока, решает эту задачу в более общем виде и предлагает следующее соотношение между скоростью и плотностью:

$$u = a_f \left(1 - \frac{k}{k_j} \right)^{\frac{n+1}{2}} \text{ для } n > -1. \quad (7.79)$$

Д. Дрю обсуждает также случай для $n=0$, когда соотношение (7.79) превращается в выражение вида

$$u = a_f \left[1 - \left(\frac{k_j}{k} \right)^{1/2} \right]. \quad (7.80)$$

На это выражение часто ссылаются как на параболическую модель. Подставляя в обобщенную модель Дрю значения $n=1$ и $n=-1$, видим, что уравнение

(7.79) соответственно переходит в линейную модель Гриншилдса (уравнение 7.69) и в экспоненциальную модель Гринберга (уравнение 7.78).

Дж. Дрейк, А. Мэй и Дж. Шофер в своих работах используют колоколообразную кривую, позволяющую получить удовлетворительные результаты при измерениях зависимости скорости от плотности. Математически эту модель можно представить в следующем виде:

$$u = u_f e^{-1/2 (k/k_m)^2} \quad (7.81)$$

Метод кинематических волн. Используя метод кинематических волн, М. Лайтхилл и Г. Уитэм предлагают иную форму зависимости между интенсивностью и плотностью. Согласно этой гипотезе небольшие изменения интенсивности движения распространяются вдоль потока автомобилей в виде «кинематических волн», скорость которых относительно полотна дороги равна тангенсу угла наклона касательной к соответствующей точке основной диаграммы транспортного потока (рис. 7.13). Эти волны могут накладываться друг на друга, что вызывает появление «ударных волн», в которых создаются большие перепады скоростей в сторону ее уменьшения. Скорость движения ударной волны определяется тангенсом угла наклона линии, соединяющей две заданные точки основной диаграммы. Ударные волны, распространяющиеся против движения, часто образуются вблизи узких мест дороги, представляющих собой участки с пониженной пропускной способностью. Такая ситуация может быть изображена графически (см. рис. 7.13), где точка *B* соответствует условиям образования ударной волны, направленной против движения, а точка *D* — условиям образования ударной волны в направлении движения транспортного потока. Скорость распространения ударной волны численно равна тангенсу угла наклона линии, соединяющей эти точки. Ударные волны могут создаваться также в конце потока автомобилей повышенной плотности. Эти области повышенной плотности движутся со скоростью несколько меньшей, чем средняя скорость автомобилей, и поэтому автомобили, проходящие через эти участки, вынуждены резко уменьшать свою скорость при входе в этот участок (у переднего фронта ударной волны) и постепенно увеличивать ее только после выхода из этого участка. Участки повышенной плотности постепенно рассасываются вдоль дороги и затем исчезают совсем. Поскольку узкие места (сужение дорог) можно рассматривать как фиксированные по своему положению, то для рассасывания ударной волны интенсивность движения в течение некоторого периода времени должна быть достаточно малой. Проблема еще больше усложняется в том случае, когда область повышенной плотности проходит через узкое место.

На рис. 7.13 точкой *D* представлены характеристики группы автомобилей, следующих за медленно движущимся (со скоростью 12 км/ч) грузовым автомобилем в условиях запрещения обгона. Точка *B* соответствует свободным условиям движения. Граничная линия (ударная волна), разделяющая участок со свободными условиями движения *B* и участком с повышенной плотностью *D*, будет перемещаться против хода движения со скоростью 8 км/ч. Если грузовой автомобиль уйдет с дороги, то условия движения потока будут соответствовать точке *C* и ударная волна будет перемещаться в обратном направлении со скоростью 27 км/ч.

Описание движения транспортного потока с учетом энергии и количества движения потока. Используя уравнения неразрывности, движения и момента количества движения вместе с законом сохранения энергии, Д. Дрю получил выражения для оптимальной интенсивности, скорости и плотности транспортного потока, которые могут служить основой при определении уровня обслуживания.

Количество движения потока жидкости аналогично интенсивности транспортного потока и поэтому определяется выражением ku . Кинетическая энергия E определяется как αku^2 , где α — безразмерная константа. «Шум ускорения» σ рассматривается как отклонение скорости автомобиля от постоянной скорости равномерного движения и представляет собой меру плавности движения транспортного потока. Внутренняя энергия I или потери энергии представлены шумом ускорения. Закон сохранения энергии для транспортного потока на участке дороги

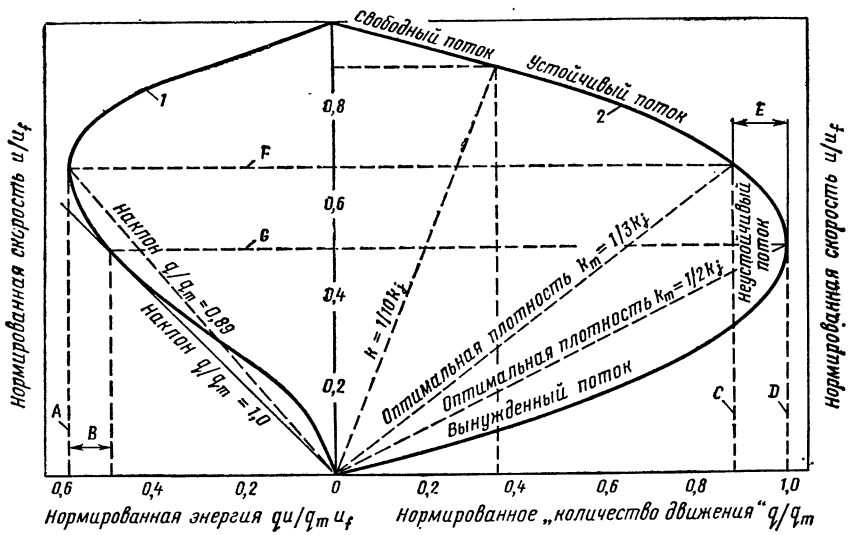


Рис. 7.14. Количественный подход к уровню обслуживания с использованием энергетической модели транспортного потока:

A — максимальная энергия как критерий для оптимальной интенсивности; *B* — внутреннее трение на уровне пропускной способности; *C* — оптимальный уровень обслуживания; *D* — максимальное количество движения (поток) при возможной пропускной способности; *E* — фактор безопасности или неиспользуемая пропускная способность при оптимальном уровне обслуживания; *F* — оптимальная скорость ($u_m = 2/3u_f$), основанная на максимизации кинетической энергии транспортного потока; *G* — оптимальная скорость ($u_m = 1/2u_f$), основанная на максимизации «момента» транспортного потока;

I — нормированная энергия $\frac{qu}{qm u_f} = 4 \left[\left(\frac{u}{u_f} \right)^2 - \left(\frac{u}{u_f} \right)^3 \right]$; *2* — интенсивность движения

$$\frac{q}{qm} = 4 \left[\left(\frac{u}{u_f} \right) - \left(\frac{u}{u_f} \right)^2 \right]$$

характеризуется суммой кинетической и внутренней энергии (эта сумма называется полной энергией), т. е.

$$T = E + I = aku^2 + \sigma. \quad (7.82)$$

На основе этих принципов с учетом геометрических соображений и взаимодействия автомобилей в транспортном потоке была разработана модель, включающая в себя шум ускорения, количество движения и энергию. С помощью этой модели были получены следующие параметры:

Нормированная кинетическая энергия $\frac{E}{T} = \frac{27}{4} \left[\left(\frac{u}{u_f} \right)^2 - \left(\frac{u}{u_f} \right)^3 \right] \quad (7.83)$

Нормированная внутренняя энергия $\frac{I}{T} = 1 - \frac{E}{T} \quad (7.84)$

Нормированная интенсивность $\frac{q}{qm} = 4 \left[\frac{u}{u_f} - \left(\frac{u}{u_f} \right)^2 \right] \quad (7.85)$

Оптимальная скорость . . . $u_0 = \frac{2}{3}u_f = \frac{4}{3}u_m$ основана на максимизации *E* и минимизации *I* (7.86)

Оптимальная интенсивность движения, соответствующая

определенному уровню удобства движения

$$q_0 = \frac{8}{9} q_m \quad (7.87)$$

Оптимальная плотность

$$k_0 = \frac{2}{3} k_m \quad (7.88)$$

Эти параметры определяют четыре уровня обслуживания: свободный, устойчивый, неустойчивый и вынужденный. Рис. 7.14 иллюстрирует разработанную Д. Дрю концепцию.

С дальнейшим развитием макромоделей можно легко ознакомиться в специальной литературе.

МИКРОМОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

При микроскопическом подходе, иногда называемом также теорией следования за лидером, рассматривается дистанция между автомобилями и их скорость, в то время как макроподход исследует средние значения интенсивности, плотности и скорости потока.

Применимость моделей следования за лидером. Теория следования за лидером применима к движению без обгонов. При этом рассматриваются пары автомобилей, один из которых называют ведущим, а следующий за ним ведомым. На практике же некоторые водители даже при движении в потоке разумной плотности не следуют за едущими впереди него автомобилями, а обгоняя их, сами становятся лидерами отдельных групп автомобилей. Именно к таким группам автомобилей, движущимся в зависимости друг от друга, и применима теория следования за лидером.

Критерий для определения того, будет ли один автомобиль следовать за другим, очень трудно точно сформулировать. Введено понятие «свободной зоны», в которой два автомобиля практически не зависят друг от друга, а также понятие «зоны влияния», где движение автомобилей является связанным. Переходный интервал по времени между этими зонами по данным измерений составляет 9 с. На основании результатов измерений, проведенных в Австралии, этот переходный интервал определен в 6 с. Статистически вычисленный соответствующий ему пространственный интервал равен 67 м.

Теория следования за лидером используется для математического списания процесса движения по дороге колонны автомобилей при наличии изменения (нарушения) скорости лидера. Усилится ли это возмущение при своем распространении по колонне автомобилей или «рассосется»? При усилении возмущения могут возникнуть аварийные ситуации или образоваться узкие места. Знать все это очень важно.

Законы режима движения следования за лидером в общем виде формулируются таким образом: реакция водителя = чувствительность водителя × стимул.

Реакцией водителя ведомого автомобиля чаще всего является изменение ускорения. Стимул зависит от расстояния между автомобилями, скорости и других характеристик движения лидера и ведомого автомобиля. Чувствительность водителя может выражаться в различной форме.

Линейная модель следования за лидером. А. Решель и Л. Пайпс сформулировали уравнение для пары движущихся друг за другом автомобилей:

$$x_n - x_{n+1} = L + D(x_{n+1}), \quad (7.89)$$

где x_n — положение лидирующего автомобиля; x_{n+1} — положение ведомого автомобиля; \dot{x}_{n+1} — скорость ведомого автомобиля; L — дистанция между автомобилями в условиях затора (когда все автомобили стоят); D — константа пропорциональности, имеющая размерность времени.

Уравнение (7.89) можно переписать в следующем виде:

$$\dot{x}_{n+1} = \frac{1}{D} (x_n - x_{n+1} - L). \quad (7.90)$$

Это уравнение утверждает, что скорость ведомого автомобиля пропорциональна относительному положению ведущего и ведомого автомобилей.

Реакцией, имеющей место в режиме следования за лидером, является в основном ускорение ведомого автомобиля. Выражение для ускорения ведомого автомобиля можно получить, дифференцируя уравнение (7.90) по времени:

$$\ddot{x}_{n+1} = \frac{1}{D} (x - \dot{x}_{n+1}). \quad (7.91)$$

Из уравнения (7.91) видно, что ускорение ведомого автомобиля в любой момент времени прямо пропорционально разности скоростей ведущего и ведомого автомобилей. Ведомый автомобиль будет увеличивать скорость, если он движется медленнее лидера и наоборот.

Уравнение (7.91) предполагает, что реакция (ускорение) в ответ на воздействие (изменение относительной скорости) возникает мгновенно.

Модель, учитывающая задержку T между воздействием и реакцией, списывается формулой

$$\ddot{x}_{n+1}(t+T) = \lambda [\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)], \quad (7.92)$$

где $\ddot{x}_{n+1}(t+T)$ — реакция (ускорение) $(n+1)$ -го автомобиля после задержки T (порядка 1,5 с для 50% водителей, а вообще изменяется в пределах от 1,0 до 2,2 с); $\dot{x}_n(t)$ — скорость n -го автомобиля (лидирующий автомобиль) в момент времени t ; $\dot{x}_{n+1}(t)$ — скорость $(n+1)$ -го автомобиля (ведомого) в момент времени t ; λ — коэффициент чувствительности.

Общая формулировка модели следования за лидером. Явным недостатком линейной модели является тот факт, что реакция (ускорение) ведомого автомобиля зависит только от относительной скорости автомобилей и не зависит от расстояния между ними.

Д. Гезис, Р. Герман и Р. Потс допустили, что коэффициент чувствительности λ обратно пропорционален расстоянию между автомобилями:

$$\lambda = \frac{a_1}{x_n(t) - x_{n+1}(t)}. \quad (7.93)$$

При этом условии уравнение (7.92) принимает вид:

$$\dot{x}_{n+1}(t+T) = \frac{a_1}{x_n(t) - x_{n+1}(t)} [\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)]. \quad (7.94)$$

Далее Д. Гезис, Р. Герман и Р. Ротери предложили более общее выражение для коэффициента чувствительности λ :

$$\lambda = a \frac{\dot{x}_{n+1}^m(t+T)}{[x_n(t) - x_{n+1}(t)]^l}. \quad (7.95)$$

В этом случае общее выражение для микромоделей будет иметь вид:

$$\dot{x}_{n+1}(t+T) = a \frac{x_{n+1}^m(t+T)}{[x_n(t) - x_{n+1}(t)]^l} [x_n(t) - x_{n+1}(t)]. \quad (7.96)$$

Можно видеть, что при $m=0$ и $l=0$ общее уравнение (7.96) переходит в уравнение (7.92) (линейная модель), а условие $m=0$ и $l=1$ превращает общее уравнение в уравнение (7.94).

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ МИКРО- И МАКРОМОДЕЛЯМИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Выше описана обобщенная модель движения колонны автомобилей в режиме следования за лидером и определена ее связь с различными микромоделями. Эта модель позволяет сравнивать различные микромодели, используя для этого в качестве критерия характеристики движения транспортного потока и статистические данные.

При построении макромоделей рассматривается устойчивое движение транспортного потока, следовательно, время реакции T равно нулю.

Использование общего выражения для показателя чувствительности из уравнения (7.95) «стимул — отклик» позволяет произвести сравнительную оценку существующих моделей.

Для выяснения взаимосвязи микро- и макромоделей построена матрица, элементами которой являются зависимости скорости потока от его плотности. Номер элемента матрицы определяется соответствующими значениями m и l (табл. 7.1). Исследование матрицы позволяет установить, что в ней можно разместить все ранее описанные и некоторые другие возможные микро- и макромодели. Модели Решеля, Пайпа, Чендлера, Германа и Монтролля получаются при $m=0$ и $l=0$. Модели Гринберга, Гезиса, Германа и Потта получаются при $m=0$ и $l=1$. При $m=0$ и $l=\frac{3}{2}$ возникает модель Дрю. Модель Гриншильда получается при $m=0$ и $l=2$, а модели Эдая и Андервуда при $m=1$ и $l=2$. Колоколообразная кривая, предложенная Дрейком, Мзем и Шофером может быть построена при $m=1$ и $l=3$.

Подбором определенных комбинаций m и l можно получить множество различных по форме зависимостей скорости потока от его плотности (рис. 7.15). Сохраняя постоянной одну из величин m или l , можно проследить некоторые характерные тенденции изменения формы этих кривых. Поскольку можно использовать нецелые значения m и l , то получающиеся в результате выражения более точно соответствуют фактическим зависимостям. На рис. 7.16 для постоянного $m=1$ представлено изменение формы кривой при ступенчатом изменении значения l с шагом в $2/10$. Из рис. 7.16 хорошо видно, как постепенно экспоненциальная модель ($m=1, l=2$) переходит в модель с кривой колоколообразной формы ($m=1, l=3$).

Таблица 7.1

Матричное представление соотношений между макро- и микромоделями транспортного потока

Микропараметры	Макропараметры	
$l \backslash m$	$m=0$	$m=1$
$l=0$	$u = a \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k_j} \right)$	—
$l=1$	$u = u_0 \ln \left(\frac{k_j}{k} \right)$	—
$l=1,5$	$u = u_f \left[1 - \left(\frac{k}{k_j} \right)^{1/2} \right]$	—
$l=2$	$u = u_f \left[1 - \left(\frac{k}{k_j} \right) \right]$	$u = u_f e^{-(k/k_0)}$
$l=3$	—	$u = u_f e^{-1/2(k/k_0)^2}$

Использование матрицы значений m и l позволяет сравнивать существующие модели при помощи заданных критериев. Основой для оценки модели служит m, l — плоскость. При этом применяются два типа процедур. Одна процедура — статистический анализ, основанный на минимизации средних отклонений данных для точек, изображенных на рис. 7.17 от определенной кривой регрессии. Предпочтение, отдаваемое этому методу, объясняется его ясностью. И хотя для него характерны очень малые различия в средних отклонениях для определенных комбинаций m и l , он оказался очень эффективным.

Другая процедура использует для оценки модели характеристики движения транспортного потока. Она является очень полезной, поскольку позволяет прове-

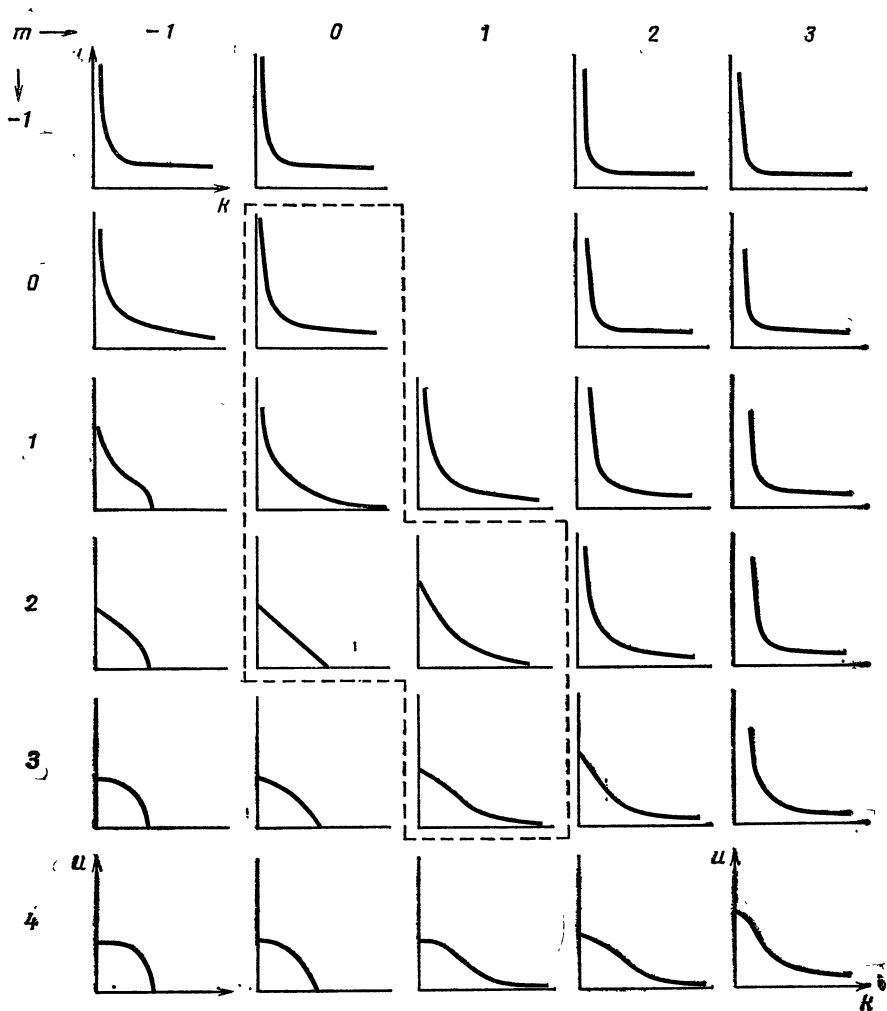


Рис. 7.15. Характер изменения зависимости скорости потока от его плотности для различных комбинаций m и l , являющихся параметрами обобщенного уравнения модели следования за лидером

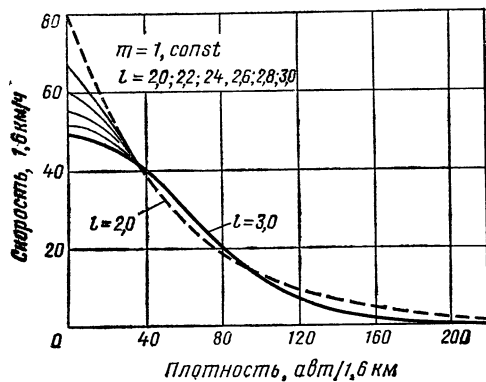


Рис. 7.16. Влияние дробных показателей на форму зависимости скорости потока от его плотности

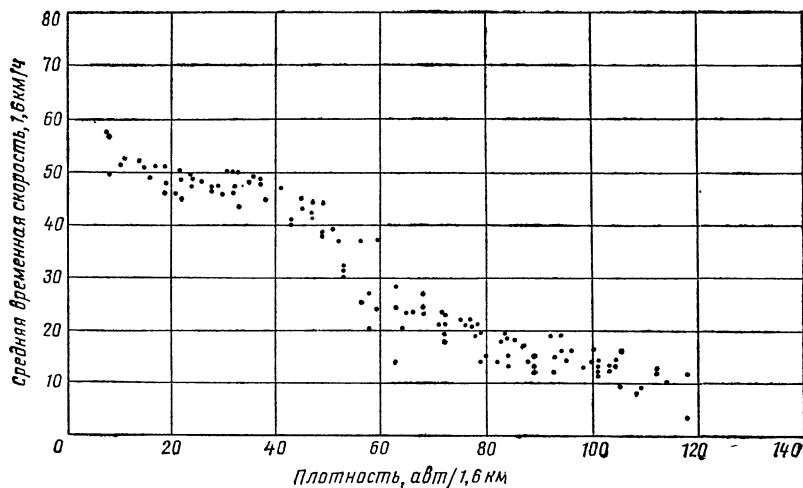


Рис. 7.17. Данные экспериментального исследования зависимости скорости потока от его плотности

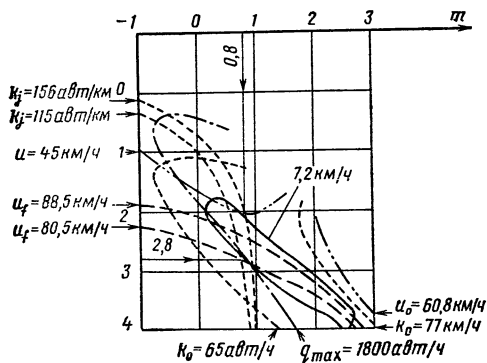


Рис. 7.18. Наложение оценочных критериев

речь некоторые из налагаемых на транспортный поток ограничений. Можно, например, предварительно оценить значение скорости движения в свободных условиях, плотность затора и пропускную способность модели с целью проверки ее практической применимости.

Графическое наложение результатов обеих оценок позволяет сделать вывод о соответствии моделей транспортных потоков заданным критериям и определить те значения m и l , которые наиболее близко согласуются с экспериментальными данными (рис. 7.18).

Комбинация $m=8$ и $l=2,8$ удовлетворяет всем требованиям оценочных критериев, среднему отклонению, скорости движения в свободных условиях, плотности затора, оптимальной скорости, оптимальной плотности и максимальной интенсивности. Проведенная оценка показывает, что область между линиями, соответствующими $m=0,5$, $l=2,5$ и $m=2,5$, $l=3,5$, содержит модели, хорошо согласующиеся с заданными критериями, но с максимальной интенсивностью движения, меньшей 1800 авт/ч. Модели с максимальной интенсивностью, превышающей 1800 авт/ч, находятся в области, лежащей ниже этой линии. Как видно из рис. 7.15, в этой области форма зависимости скорость—плотность близка к колоколообразной.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ТЕОРИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Статистические распределения оказались полезным инструментом для описания ряда процессов, изучаемых инженерами по организации дорожного движения.

Задержка транспортного и пешеходного потоков на перекрестке. Минимизация задержек автомобилей и пешеходов на перекрестках является одной из главных проблем теории транспортных потоков.

Если перекресток нерегулируемый, то автомобили и пешеходы со второстепенной улицы для пересечения основной магистрали должны ожидать, пока на основной улице в транспортном потоке не образуется достаточный по величине интервал между автомобилями, позволяющий пересечь улицу. Если же перекресток регулируемый, то автомобили и пешеходы должны ожидать, пока красная фаза светофора не изменится на зеленую, при появлении которой образовавшаяся очередь рассасывается. Ниже дается общее представление о методах описания очередей на перекрестках. Пешеходные модели отличаются от моделей транспортных потоков тем, что пешеходы используют разрывы в движении сразу группами (при появлении разрыва должной величины рассасывается вся очередь), а автомобили — по одному или весьма немногочисленной группой.

Нерегулируемый перекресток. Д. Дрю разработал модель задержек движения на въездах на скоростные магистрали, которую можно с успехом использовать для рассмотрения пересечения транспортного потока пешеходами и автомобилями на перекрестке. Применимость модели объясняется тем, что она рассматривает задержку первого автомобиля очереди при ожидании приемлемого интервала в пересекаемом потоке. Другими словами, она не учитывает время, проведенное автомобилем в очереди.

Модель Дрю основана на эрланговском распределении интервалов в пересекаемом транспортном потоке. Предполагается, что приемлемый интервал для всех водителей имеет постоянную величину T , т. е. что все водители используют интервал, больший или равный T и не принимают интервалы меньше T . Величина приемлемого интервала не зависит от времени ожидания. Модель дает следующее выражение для средней задержки первого автомобиля:

$$E(t) = \frac{eaqT - \frac{(aqT)^l}{l}}{qT - \frac{(aqT)^l}{l}}, \quad (7.97)$$

где T — приемлемый интервал; q — интенсивность движения в пересекаемом потоке.

В случае когда распределение интервалов в пересекаемом потоке характеризуется отрицательным экспоненциальным распределением ($a=1$), средняя задержка имеет вид:

$$E(t) = q^{-1} (e^{qT} - 1 - qT). \quad (7.98)$$

Интенсивность обслуживания в этом случае определяется выражением следующего вида:

$$\mu = \frac{1}{E(t)} = [q^{-1} (e^{qT} - 1 - qT)]^{-1} = \frac{q}{e^{qT} - 1 - qT}.$$

Интенсивность поступления заявок λ равна интенсивности движения на второстепенной, примыкающей к перекрестку улице. Среднее время пребывания в системе для одноканальной очереди равно

$$E(v) = \frac{e^{qT} - 1 - qT}{q - \lambda (e^{qT} - 1 - qT)}, \quad (7.99)$$

где q — интенсивность движения потока на главной улице; λ — интенсивность движения на второстепенной улице; T — приемлемый интервал.

Регулируемый перекресток. На подходах к регулируемым перекресткам очередь образуется во время красной фазы светофора, причем чем более транспортная нагрузка приближается к пропускной способности подхода, тем большая образуется очередь.

Ф. Вебстер получил уравнение для средней задержки автомобиля на подходе к регулируемому перекрестку:

$$d = \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0,65 \left(\frac{c}{q^2} \right)^{1/3} x^{(2+5\lambda)}, \quad (7.100)$$

где d — средняя задержка на подходе к перекрестку, с/авт; c — продолжительность цикла, с; λ — доля зеленой фазы для данного подхода в цикле, т. е. g/c (продолжительность зеленой фазы/продолжительность цикла); q — интенсивность движения на подходе, авт/ч; x — степень насыщения на подходе, $g/\lambda s$; s — поток насыщения, авт/ч.

Было установлено, что достаточно хорошая и более простая формула для средней задержки на один автомобиль имеет вид:

$$d = 0,9 \left[\frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} \right]. \quad (7.101)$$

Если d — средняя задержка на один автомобиль, то среднюю длину очереди на подходе к перекрестку можно определить по формуле

$$E(n) = \frac{qd}{3,600}, \quad (7.102)$$

где $E(n)$ — ожидаемая длина очереди на подходе к перекрестку; q — интенсивность движения на подходе, авт/ч; d — среднее ожидание на один автомобиль, с/авт.

Разумеется, длина очереди может сильно отличаться от средней длины из-за периодического характера изменения интенсивности обслуживания.

Глава 8

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ДОРОГ

Общие положения. Пропускная способность дороги по своей сути является показателем обслуживания транспортного потока, на величину которого влияют параметры проезжей части дороги, технико-эксплуатационные характеристики автомобилей, тип и количество технических средств регулирования дорожного движения, отдельные элементы совокупности окружающей среды и др. Очень важным в этом отношении является также выбор водителями транспортных средств характера управления, принимаемого ими с учетом перечисленных факторов и иных конкретных условий.

Если допустить, что транспортный поток состоит из автомобилей с однородными техническими характеристиками, а водители этих автомобилей обладают одинаковыми навыками вождения, то при идеальном состоянии дорожного покрытия пропускная способность одной полосы проезжей части дороги должна достигать примерно 2400 легковых автомобилей в час. Такая интенсивность движения реализуется при интервале времени между движущимися друг за другом автомобилями 1,5 с.

Сочетание условий, обеспечивающих возможность движения с такой высокой интенсивностью, встречается исключительно редко, поэтому при возникновении подобной ситуации транспортный поток становится чрезвычайно нестабильным. А отсюда, в свою очередь, следует, что указанный параметр максимальной пропускной способности практически имеет чрезвычайно малое значение. Учитывая это Управление автодорожных исследований считает целесообразным под пропускной способностью понимать максимальное число автомобилей, которые могут пройти через сечение дороги в единицу времени с максимальной скоростью, обеспечивающей безопасность движения и определяемой в каждом конкретном случае состоянием проезжей части дороги, плотностью движения и иными дорожными условиями. При этом необходимо отметить, что на величину пропускной способности практически не влияют такие факторы, как совершенствование технических характеристик автомобилей и улучшение подготовки водителей.

Данные пропускной способности дорог различных классов, определенные непосредственными наблюдениями, приведены в табл. 8.1.

П р и м е ч а н и е. За идеальные условия движения приняты следующие:

- непрерывный поток транспортных средств свободен от боковых помех;
- в потоке движутся только легковые автомобили;
- ширина полосы движения — 3,6 м Дорога имеет твердые обочины. На расстоянии 1,8 м от кромки проезжей части отсутствуют неподвижные предметы;
- видимость не ограничена. Геометрические элементы дороги обеспечивают безопасное движение со скоростями более 113 км/ч.

Но даже данные, приведенные в табл. 8.1, для инженера по организации движения имеют ограниченное значение по крайней мере по двум причинам. Во-первых, все условия, необходимые для поддержания интенсивности движения на уровне, равном пропускной способности дороги, обычно не реализуются, и чаще приходится определять пропускную способность, когда некоторые параметры не достигают «идеальных» значений. Во-вторых, при интенсивности движения, равной пропускной способности дороги, для водителей автомобилей создаются усло-

Пропускная способность дорог при идеальных условиях движения

Тип дороги	Пропускная способность, автомобиль/ч
Две полосы проезжей части и более в одном направлении	В среднем 2000 на полосу проезжей части
Две полосы проезжей части в обоих направлениях	2000 в обоих направлениях
Три полосы проезжей части в обоих направлениях	4000 в обоих направлениях
Одна полоса проезжей части при старте автомобилей с места	1500

вия, неудовлетворительные с точки зрения безопасности, возможностей маневрирования и выбора скорости движения.

Периодичность изменения и измерения интенсивности дорожного движения. Известно, что интенсивность движения транспортных средств характеризуется определенной цикличностью изменения. Можно, например, выделить суточные, недельные и сезонные ее колебания. Данные о годовой пропускной способности дороги, определяемой из расчета максимальной интенсивности движения в течение 8760 ч, никакой практической ценности не представляют, поскольку реально такая ситуация невозможна. Максимальная интенсивность движения транспортных средств на дорогах наблюдается в течение последовательных более коротких периодов. Для них и следует рассчитывать пропускную способность дорог. В практике США этот период обычно равен часу.

Для определения интенсивности движения за более длительные отрезки времени (сутки, неделю и т. д.) используют поправочные коэффициенты, описанные в гл. 13 «Планирование транспортных систем в масштабе региона».

Интенсивность движения транспортных средств в пределах 1 ч имеет определенные колебания, вызванные взаимосвязью дороги с элементами транспортной системы в целом.

Установлено, что за последовательные десять шестиминутных или четыре пятнадцатиминутных интервала времени равная интенсивность движения автомобилей практически не наблюдается. Интенсивность движения в указанные периоды колеблется в определенных пределах, причем в один из отрезков времени она принимает максимальное значение. Для учета характеристики явления разброса значений интенсивности движения за внутрис часовые отрезки времени используется коэффициент внутрис часового неравномерности дорожного движения f_6 . Он определяется как отношение фактической часовой интенсивности движения к максимально возможной, т. е. рассчитанной из предположения, что во все рассматриваемые внутрис часовые периоды времени наблюдения интенсивность движения одинакова и равна максимально зафиксированной. Например, если в течение часа интенсивности движения за десять последовательных шестиминутных (0—6 мин) интервалов времени соответственно равны 15, 16, 18, 17, 21, 25, 23, 16, 13 и 11 автомобилей, то коэффициент внутрис часового неравномерности дорожного движения определяется выражением

$$f_6 = \frac{15 + 16 + 18 + 17 + 21 + 25 + 23 + 16 + 13 + 11}{10 \cdot 25} = \frac{175}{250} = 0,70.$$

В США коэффициент внутрис часового неравномерности дорожного движения для скоростных дорог определяют по данным интенсивностей движения за 5- или 6-минутные, а для городских регулируемых дорог — по данным за 15-минутные интервалы времени.

Доказано, что средняя величина коэффициента внутрис часового неравномерности дорожного движения хорошо коррелируется с численностью населения города

Таблица 8.2

Коэффициенты f_5 на скоростных магистралях, рассчитанные по данным интенсивности движения за пятиминутные интервалы времени

Население города с пригородами, чел.	Коэффициент внутри-часовой неравномерности дорожного движения f_5	Население города с пригородами, чел.	Коэффициент внутри-часовой неравномерности дорожного движения f_5
100 000	0,77	1 000 000	0,85
500 000	0,80	5 000 000	0,88

и его пригорода. В табл. 8.2 приведены усредненные для скоростных дорог 31 города США величины коэффициентов внутричасовой неравномерности дорожного движения. Среднее квадратическое отклонение значения коэффициента составляет 0,05.

Значения коэффициентов внутричасовой неравномерности дорожного движения, рассчитанные по данным интенсивностей движения за 15-минутные интервалы времени на многочисленных регулируемых пересечениях городских магистралей, характеризуются величинами, приведенными в табл. 8.3.

Несмотря на то, что на некоторых перекрестках величина коэффициента часовой неравномерности дорожного движения почти достигала теоретического максимума 1, основная часть наблюдаемых значений находилась в диапазоне от 0,80 до 0,95 при средней величине 0,853 и среднем квадратическом отклонении 0,06.

Анализ изменений интенсивности движения в пиковые периоды с использованием коэффициента внутричасовой неравномерности дорожного движения важен для правильного решения многих организационных и эксплуатационных проблем движения

Уровни обслуживания. Удобство, безопасность и экономичность движения по автомобильным дорогам в значительной мере определяются степенью загрузки дороги транспортом. Чрезмерное увеличение интенсивности движения приводит к нарушению равномерности движения потока автомобилей, снижению скорости, увеличению числа дорожно-транспортных происшествий и снижению экономической эффективности автомобильных перевозок.

Для характеристики условий движения используют показатель уровня обслуживания. Приняты и описаны шесть уровней обслуживания, которым в порядке убывания от лучшего к худшему присвоены литеры *A, B, C, D, E, F*.

Водитель автомобиля субъективно оценивает уровень обслуживания возможностью выбора траектории и скорости движения, простотой или сложностью ма-

Таблица 8.3

Коэффициенты f_{15} для городских регулируемых пересечений, рассчитанные по данным интенсивности движения за 15-минутные интервалы времени

Коэффициент внутри-часовой неравномерности дорожного движения f_{15}	Частота событий	Коэффициент внутри-часовой неравномерности дорожного движения f_{15}	Частота событий
0,40—0,45	0	0,70—0,75	55
0,45—0,50	1	0,75—0,80	58
0,50—0,55	3	0,80—0,85	158
0,55—0,60	4	0,85—0,90	224
0,60—0,65	7	0,90—0,95	211
0,65—0,70	10	0,95—1,00	42

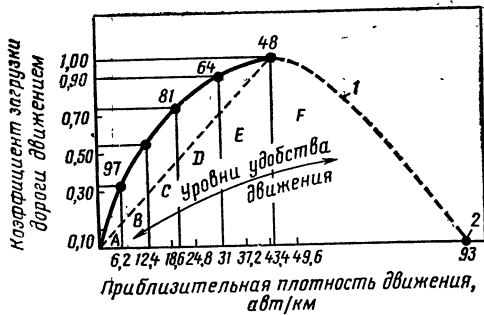


Рис. 8.1. Зависимость между уровнями обслуживания и некоторыми характеристиками непрерывного транспортного потока: 1 — приближительная средняя скорость движения транспортного потока, км/ч; 2 — плотность движения, соответствующая затору, авт/км

Зависимость построена для условий непрерывного транспортного потока. Определения и измерения уровней обслуживания прерывистого транспортного потока сопряжены с особенностями, которые рассмотрены в разделе о транспортных пересечениях.

Итак, под уровнем обслуживания понимается качественное состояние потока автомобилей, при котором устанавливаются характерные условия труда водителей. Максимальная интенсивность движения, соответствующая определенному уровню обслуживания, называется расчетной интенсивностью движения при данном уровне обслуживания.

Основные факторы, характеризующие уровень обслуживания:

1. Скорость и время движения.
2. Наличие участков, ограничивающих свободу движения, т. е. число остановок на 1,6 км пути, продолжительность задержек, величина и частота изменения скоростей движения для поддержания желаемого интервала между движущимися автомобилями.
3. Свобода маневрирования, т. е. количество свободных маневров, выполняемых для поддержания желаемой скорости движения.
4. Безопасность движения.
5. Удобство вождения автомобиля, т. е. степень влияния дорожных условий и характеристик движения транспортного потока на удобство управления транспортным средством.
6. Экономичность, т. е. стоимость проезда на автомобиле по данной дороге.

При определении уровня обслуживания целесообразно учитывать все перечисленные шесть факторов, хотя в настоящее время недостаточно данных, характеризующих количественное влияние каждого из них на уровень обслуживания. Поэтому для характеристики того или иного уровня обслуживания используют скорость движения и коэффициент загрузки дороги движением, который определяется как отношение интенсивности движения на данном участке дороги к пропускной способности этого участка, выраженного в тех же единицах, что и интенсивность движения.

неврирования, чувством опасности движения (как правило, неосознанным), комфортом и другими характеристиками. Некоторые из них (например, комфорт водителя) не измеряют, а некоторые вообще не поддаются измерению.

Представление об уровнях обслуживания с позиций инженера-транспортника дает зависимость, показанная на рис. 8.1.

Поскольку почти всегда пропускную способность дороги и уровень удобства движения определяют с учетом данных об эксплуатационной скорости¹, которая всегда выше средней, то следует иметь в виду, что на рис. 8.1 показаны качественные, а не математические взаимозависимости между перечисленными характеристиками.

¹ Эксплуатационная скорость, как ее понимает автор данной главы, — это максимальная абсолютная скорость, с которой водитель может вести автомобиль по проезжей части данной дороги при благоприятных погодных и типичных условиях движения, не превышающая скорости, обеспечивающей безопасность движения.

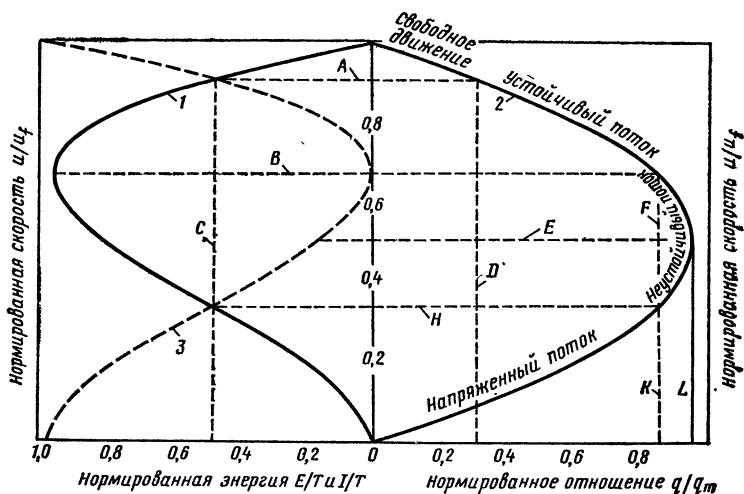


Рис. 8.2. Уровни обслуживания, определенные на основе энергетической модели дорожного движения:

1 — кинетическая энергия $\frac{E}{T} = \frac{27}{4} \left[\left(\frac{u}{u_f} \right)^2 - \left(\frac{u}{u_f} \right)^3 \right]$; 2 — интенсивность $\frac{q}{q_m} = 4 \left[\left(\frac{u}{u_f} \right) - \left(\frac{u}{u_f} \right)^2 \right]$; 3 — внутренняя энергия $\frac{1}{T} = 1 - \frac{27}{4} \left[\left(\frac{u}{u_f} \right)^2 - \left(\frac{u}{u_f} \right)^3 \right]$;

A — $u = 0,91u_f$, когда кинетическая и внутренняя энергия равны; B — оптимальная скорость $u_m = 2/3u_f$, основанная на максимальной кинетической и минимальной внутренней энергии транспортного потока, C — кинетическая энергия равна внутренней. D — $1/3$ возможной пропускной способности (количества движения); E — оптимальная скорость $u_m = 1/2u_f$, основанная на максимизации интенсивности потока (количества движения); F — $2/3$ возможной пропускной способности; H — $u = 1/3u_f$, когда кинетическая и внутренняя энергия равны; K — интенсивность q_m , обеспечивающая оптимальный уровень обслуживания; L — возможная пропускная способность qm при $u = u_f$

Для определения границ уровней обслуживания применяется также гидродинамическая модель движения потока автомобилей¹, опирающаяся на законы сохранения энергии и количества движения

На рис. 8.2 показана теоретическая зависимость между интенсивностью движения, скоростью, кинетической и внутренней энергией потока. Принято считать, что точки пересечения кривых кинетической и внутренней энергии и точка, в которой внутренняя энергия потока минимальна, являются важными параметрами, характеризующими состояние транспортного потока. Эти точки соответствуют значениям скорости и отношения «интенсивность движения к пропускной способности» (табл. 8.4).

Описание уровней обслуживания облегчает взаимопонимание между инженерами по организации движения и неспециалистами

Уровень обслуживания A характеризует движение свободного потока автомобилей, где отсутствуют взаимные помехи и обгоны, нет группового движения автомобилей. Для одной полосы движения плотность транспортного потока составляет примерно 6 авт/км, а величина коэффициента загрузки дороги движением — как правило, равна около $1/3$.

Поскольку при данном уровне обслуживания скорость движения высока, а плотность потока автомобилей мала (см. рис. 8.1), то частота дорожно-транспортных происшествий некоторых видов может быть выше, чем при других уровнях обслуживания, а суммарные затраты на поддержание данного уровня обслуживания могут быть чрезмерными.

¹ В США эта модель используется для определения границ всех уровней обслуживания от свободного потока до насыщенного. Это не совсем верно, так как гидродинамическая модель позволяет описать движение только плотных потоков автомобилей (прим. ред.).

Граничные характеристики уровней обслуживания

Уровень обслуживания	Нормированная скорость $\frac{u^*}{u_f}$	Нормированная интенсивность движения $\frac{q^{**}}{q_m}$	Уровень обслуживания	Нормированная скорость $\frac{u^*}{u_f}$	Нормированная интенсивность движения $\frac{q^{**}}{q_m}$
A	0,91	0,35	D	0,67	0,90
B	0,83	0,55	E	0,33	1,0
C	0,75	0,75	F	<0,33	Не имеет смысла

* u — средняя скорость; u_f — скорость свободного движения,

** q — интенсивность движения; q_m — пропускная способность дороги.

Уровень обслуживания *B* характеризует движение стабильного потока автомобилей. Однако, как видно из рис. 8.1, движущиеся по дороге автомобили при уровне обслуживания *B* по сравнению с уровнем *A* в некоторой мере ограничивают свою эксплуатационную скорость, наблюдается большее количество обгонов, образуются «пачки» автомобилей, плотность движения по одной полосе дороги увеличивается до 12 авт/км, ограничения по маневрированию пока еще незначительны. Данный уровень обслуживания можно считать типичным для загородных дорог высокого класса.

Уровень обслуживания *C* все еще характеризуется стабильным потоком. Но интенсивность движения и плотность транспортного потока уже таковы, что практически все водители вынуждены ограничить скорость движения, обгоны или переходы с одной полосы проезжей части на другую. Эксплуатационная скорость составляет от 2/3 до 3/4 максимальной, плотность движения — 19—22 авт/км на полосу. Данный уровень обслуживания часто считают удовлетворительным критерием при проектировании дорог, особенно городских магистралей, для которых обеспечение более высокого уровня обслуживания в период часов пик может оказаться неприемлемым по экономическим соображениям.

Уровень обслуживания *D* характеризуется потоком автомобилей, который приближается к нестабильному. Скорость движения сохраняется в среднем на приемлемом уровне, но иногда внезапно и резко изменяется. Свобода маневрирования и возможности нормальной езды находятся на низком уровне, поскольку плотность движения на полосу достигает 28—31 авт/км, а вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий возрастает. Почти все водители автомобилей считают этот уровень обслуживания неудовлетворительным.

Верхний предел уровня обслуживания *E* — это пропускная способность дороги. Движение нестабильно: скорость и интенсивность движения постоянно изменяются, независимый выбор скорости движения или маневра водителем практически невозможен. Из-за малой величины интервала между автомобилями и резкого изменения эксплуатационной скорости водители испытывают серьезные трудности в управлении автомобилем, а вероятность дорожно-транспортных происшествий очень высока.

Уровень обслуживания *F* характеризует функционирование магистрали, когда транспортный поток перестает быть свободным: плотность движения превышает 43—47 авт/км. Скорость и интенсивность движения ниже, чем при уровне обслуживания *E*, а в короткие промежутки времени они могут падать до нуля.

Описанные уровни обслуживания и приведенные в них цифровые данные типичны для многополосных магистралей. Соответствующие данные для двухполосных загородных дорог с двусторонним движением и городских улиц приведены в других разделах.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ДОРОГИ

Интенсивность дорожного движения при различных уровнях обслуживания. Уровень обслуживания зависит от горизонтальной и вертикальной планировки дороги, интенсивности дорожного движения, состава транспортного потока, погодных условий, освещения.

В табл. 8.5 приведены данные об эксплуатационной скорости и величинах отношения интенсивности движения к пропускной способности дорог, которые в США служат критериями для установления уровней обслуживания при идеальных условиях движения (см. табл. 8.1).

Величины приведенных в табл. 8.5 теоретических значений расчетных интенсивностей движения при отступлении от идеальных условий движения должны корректироваться. Способы таких корректировок рассмотрены ниже.

Факторы, влияющие на интенсивность движения по магистралям непрерывного движения при заданном уровне обслуживания. Проектная и средняя скорости движения на дороге. При проектировании дорог, задаваясь параметром «проектная скорость» (см. гл. 14 «Проектирование трассы автомобильной дороги»), обязательно учитывают ровность дорожного покрытия, качество выполнения виражей и расстояние прямой видимости. Средневзвешенное значение проектной скорости движения для всех участков дорог называется средней скоростью движения.

В табл. 8.5 расчетные интенсивности движения и другие характеристики соответствуют средней скорости движения автомобилей 113 км/ч и более высокой. Дороги, для которых средняя скорость движения составляет 97 км/ч, не могут обеспечить уровень обслуживания *A*. Уровни обслуживания *B* — *D* в этом случае возможны, но только при условии, если величина коэффициента загрузки дороги движением значительно ниже, чем для дорог, спроектированных из расчета средней скорости движения 113 км/ч. Экспериментально установлено, что значения коэффициента загрузки дороги движением, а также средняя интенсивность движения по полосе проезжей части дороги лежат в диапазоне, определяемом, с одной стороны, половиной величины такого же коэффициента для дорог со средней скоростью движения 113 км/ч при уровне обслуживания *B*, с другой стороны — величиной коэффициента загрузки дороги движением для дорог со средней скоростью

Таблица 8.5

Эксплуатационные показатели и расчетные интенсивности движения на скоростных дорогах (одностороннее движение) при идеальных условиях движения

Уровень обслуживания	Характеристика потока	Эксплуатационная скорость, км/ч	Коэффициент загрузки дороги движением при			Удельная (на полосу проезжей части) расчетная интенсивность движения, авт/ч, при	
			двухполосной проезжей части	трехполосной проезжей части	четыреполосной проезжей части	двухполосной проезжей части	каждой дополнительной полосе
<i>A</i>	Свободный	96	$\leq 0,35$	$\leq 0,40$	$\leq 0,43$	700	1000
<i>B</i>	Стабильный	88	$\leq 0,50$	$\leq 0,58$	$\leq 0,63$	1000	1500
<i>C</i>	»	80	$\leq 0,75 \times$ $\times f_b$	$\leq 0,8 \times f_b$	$\leq 0,83 \times$ $\times f_b$	$1500 \times f_b$	$1800 \times f_b$
<i>D</i>	Приближающийся к нестабильному	64	—	$0,9 \times f_b$	—	—	$1800 \times f_b$
<i>E</i>	Нестабильный	64	—	≤ 1	—	—	2000
<i>F</i>	Находящийся в стесненных условиях	48	—	Не имеет значения	—	—	≤ 2000

движения 113 км/ч при уровне обслуживания *E*. Обычные или скоростные дороги со средней скоростью движения 81 км/ч или ниже встречаются редко.

Считают, что подобные дороги могут обеспечить уровень обслуживания *D* при величине коэффициента загрузки дороги движением, равным примерно половине значения такого же коэффициента для дороги, имеющей среднюю скорость движения транспортного потока 113 км/ч и среднюю удельную для этой скорости интенсивность движения. Интенсивность движения при уровне обслуживания *E* примерно на 5% ниже, чем для дорог со средней скоростью движения транспортного потока 113 км/ч, хотя подобное снижение качества обслуживания на практике фактически не встречается.

На рис 8.3 показана зависимость между эксплуатационной скоростью и коэффициентом загрузки дороги движением для дорог, спроектированных для различных скоростей движения.

Продольный профиль дороги. Влияние продольного профиля дороги на уровень обслуживания обусловлено либо увеличением скорости движения транспортных средств на спусках, либо ее уменьшением на подъемах. Степень этого влияния определяется длиной и крутизной спусков и подъемов, а также способностью автомобилей преодолевать подъемы, которая, в свою очередь, зависит от удельной массы двигателя (отношение массы автомобиля/мощности двигателя). Для стандартных легковых автомобилей, эксплуатируемых в США, удельная масса двигателя которых составляет не менее 13,6—20,4 кг/л. с., или современных междугородных автобусов подъемы до 2% практически незаметны, поэтому если доля грузовых автомобилей в потоке мала, то при расчете пропускной способности дорог влиянием таких уклонов зачастую пренебрегают.

Почти все легковые автомобили США и междугородные автобусы могут на длинных подъемах с уклоном до 7% поддерживать скорость движения на уровне 48—64 км/ч. В связи с этим считается, что даже такие подъемы практически не сказываются на пропускной способности (уровень обслуживания *E*), если в состав транспортного потока входят только легковые автомобили или незначительное количество автобусов.

Уклоны влияют на пропускную способность дороги главным образом при наличии в потоке грузовых автомобилей и других транспортных средств, например легковых автомобилей с прицепами,

для которых величина удельной массы двигателя значительна (рис 8.4)

Последствия замедления одной транспортной единицы в потоке автомобилей на многополосной магистрали сложны и не полностью изучены.

При малых величинах коэффициента загрузки дороги движением и небольшой доле грузовых автомобилей в составе транспортного потока эксплуатационная скорость автомобилей почти не снижается, и только увеличение вероятности дорожно-транспортных происшествий сказывается на уровне обслуживания. С увеличением доли грузовых автомобилей в составе потока и (или) длины подъема быстроходные автомобили занимают левые полосы проезжей части и происходит непропорциональное увеличение коэффициента загрузки дороги движением, что приводит к снижению эксплуатационной скорости автомобилей и уровня обслуживания.

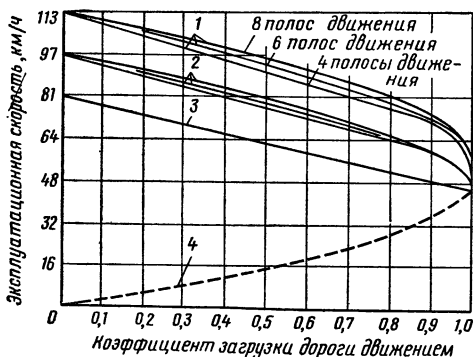


Рис. 8.3. Зависимость между коэффициентом загрузки дороги движением и эксплуатационной скоростью для магистралей, рассчитанных на движение со средней скоростью 113, 97, 81 км/ч:

1 — средняя скорость движения на магистрали 113 км/ч; 2 — средняя скорость движения на магистрали 97 км/ч; 3 — средняя скорость движения на магистрали 81 км/ч; 4 — уровень обслуживания *F*

Для учета совокупного влияния грузовых автомобилей и продольного профиля дороги на характер движения потока можно умножить число грузовых автомобилей в потоке на коэффициент приведения грузовых автомобилей к легковым. Величина этого коэффициента колеблется от 2 для тяжелых уклонов с крутизной от 2 до 20% и выше при наличии в потоке значительного количества грузовых автомобилей. Более удобно при расчетах использовать коэффициент, определяемый по формуле

$$T = \frac{100}{100 - P_r + K_r P_r}, \quad (8.1)$$

где T — коэффициент влияния грузовых автомобилей на характер дорожного движения; P_r — доля грузовых автомобилей в транспортном потоке; K_r — коэффициент приведения грузовых автомобилей к легковым.

В табл. 8.6 приведены примерные значения коэффициента влияния на движение грузовых автомобилей для уклонов различной величины, некоторых уровней обслуживания и количества грузовых автомобилей в составе потока.

Все приведенные данные получены в ходе непосредственных наблюдений.

Результатом дальнейших исследований в этой области может быть уточнение или изменение приведенных данных, поэтому пользоваться последними следует с осторожностью. Данные нижней части табл. 8.6 пригодны для приблизительного решения соответствующих задач применительно к участкам дорог с многочисленными спусками и подъемами.

Автобусы. Эксплуатационные характеристики междугородных автобусов и легковых автомобилей в большинстве дорожных ситуаций почти совпадают. На пропускную способность дороги оказывает влияние только длина автобуса. На уклонах до 4% междугородный автобус эквивалентен 1,6 легкового автомобиля, но этим часто пренебрегают, если доля автобусов в транспортном потоке мала. В табл. 8.6 даны значения коэффициентов влияния автобусов B на характеристики транспортных потоков, которые можно использовать, когда это необходимо.

Ширина полосы движения и боковой интервал между автомобилями. При небольшой ширине полос для движения и наличии на

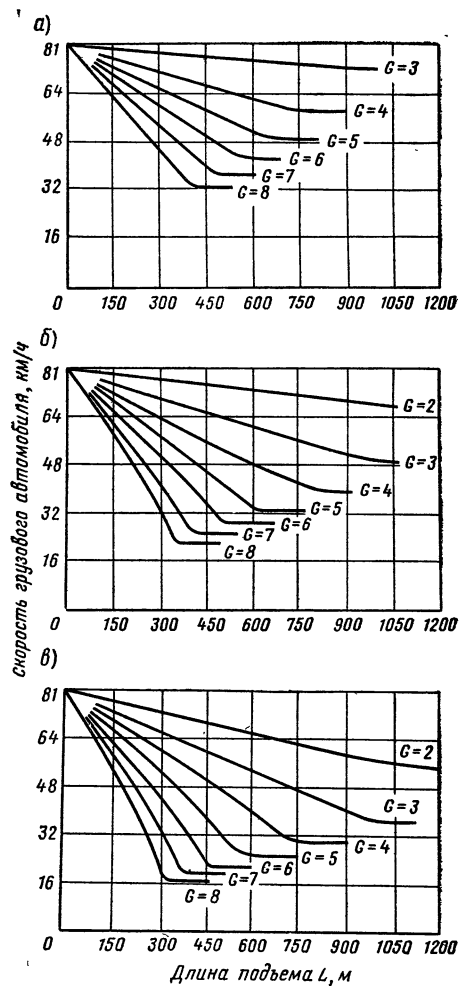


Рис. 8.4. Кривые влияния подъемов G на дороге (в процентах) на скорость движения грузовых автомобилей, имеющих удельную массу двигателя:

a — 90,8 кг/л.с.; b — 136,2 кг/л.с.; c — 181,6 кг/л.с.

Таблица 8.6

Приближенные значения коэффициентов влияния на характер движения грузовых автомобилей *T* и автобусов *B* на подъемах многополосных скоростных дорог

Характеристика подъема		Уровни обслуживания <i>A, B, C</i>				Уровни обслуживания <i>D и E</i>			
Уклон, %	Протяженность, км	Доля грузовых автомобилей в потоке, %							
		3	5	10	20	3	5	10	20
До 2	Любая	0,97	0,95	0,91	0,83	0,97	0,95	0,91	0,83
2	0,8	0,89	0,87	0,77	0,71	0,89	0,87	0,77	0,71
	1,6	0,85	0,83	0,71	0,63	0,85	0,83	0,71	0,63
	3,2	0,85	0,80	0,67	0,50	0,85	0,80	0,67	0,50
	6,4	0,85	0,77	0,59	0,42	0,85	0,77	0,59	0,43
3	0,8	0,79	0,74	0,71	0,63	0,79	0,74	0,71	0,63
	1,6	0,79	0,74	0,67	0,50	0,79	0,74	0,67	0,50
	3,2	0,79	0,71	0,59	0,42	0,79	0,71	0,59	0,42
	6,4	0,79	0,69	0,50	0,33	0,79	0,69	0,50	0,33
4	0,5(0,8)	0,75	0,71	0,71	0,56	0,74	0,71	0,71	0,56
	1(1,6)	0,75	0,69	0,59	0,42	0,74	0,69	0,59	0,42
	2(3,2)	0,75	0,67	0,50	0,33	0,74	0,65	0,50	0,33
	4(6,4)	0,75	0,63	0,42	0,28	0,74	0,61	0,40	0,26
5	0,5(0,8)	0,74	0,67	0,63	0,45	0,72	0,67	0,63	0,45
	1(1,6)	0,74	0,65	0,53	0,36	0,72	0,63	0,53	0,36
	2(3,2)	0,74	0,61	0,43	0,28	0,72	0,59	0,42	0,26
	4(6,4)	0,70	0,56	0,36	0,24	0,69	0,58	0,32	0,22
6	0,5(0,8)	0,72	0,67	0,59	0,42	0,70	0,67	0,59	0,42
	1(1,6)	0,72	0,63	0,48	0,33	0,70	0,61	0,45	0,33
	2(3,2)	0,72	0,59	0,40	0,26	0,70	0,54	0,37	0,25
	4(6,4)	0,65	0,53	0,34	0,21	0,64	0,48	0,31	0,19
Участки большой протяженности									
Грузовые автомобили на дорогах пересеченной местности	—	0,92	0,87	0,77	0,63	0,92	0,87	0,77	0,63
Грузовые автомобили на горных дорогах*	—	0,83	0,74	0,59	0,42	0,83	0,74	0,59	0,42
Автобусы на дорогах пересеченной местности	—	0,94	0,91	^B 0,83	0,71	0,94	0,91	^B 0,83	0,71
Автобусы на горных дорогах ¹	—	0,89	0,83	0,71	0,56	0,89	0,83	0,71	0,56

¹ Горная дорога — сочетание протяженности, крутизны и числа подъемов (спусков) дороги, при котором грузовой автомобиль или автобус начинает «ползти» (см. рис. 8.4).

Таблица 8.7

Поправочные коэффициенты w при малой ширине полосы и (или) ограниченном боковом интервале между автомобилями, движущимися по скоростным дорогам

Расстояние от края полосы движения до препятствия, м	Препятствия с одной стороны дороги при ширине полосы движения, м				Препятствия с обеих сторон дороги при ширине полосы движения, м			
	3,72	3,41	3,1	2,79	3,72	3,41	3,1	2,79

Коэффициенты w для двухполосной проезжей части (в одном направлении)

1,86	1,00	0,97	0,91	0,81	1,00	0,97	0,91	0,81
1,24	0,99	0,96	0,90	0,80	0,98	0,95	0,89	0,79
0,62	0,97	0,94	0,88	0,79	0,94	0,91	0,86	0,76
0	0,90	0,87	0,82	0,73	0,81	0,79	0,74	0,66

Коэффициенты w для трех и более полос движения (в одном направлении)

1,86	1,00	0,96	0,89	0,79	1,00	0,96	0,89	0,78
1,24	0,99	0,95	0,88	0,77	0,98	0,94	0,87	0,77
0,62	0,97	0,93	0,87	0,76	0,96	0,92	0,85	0,75
0	0,94	0,91	0,85	0,74	0,91	0,87	0,81	0,70

обочине рядом с проезжей частью дороги постоянно встречающихся элементов обустройства дорог и сооружений, водители испытывают значительное психическое напряжение и часто снижают скорость движения и (или) увеличивают интервал между автомобилями. Такой эффект назван краевым воздействием.

При краевом воздействии снижается интенсивность движения при любом уровне обслуживания. Установлено, что низкие бордюры или непрерывные сооружения неизменной формы по краю проезжей части, например боковые ограждения, не приводят к такой резкой реакции водителей, как чередующиеся. Поэтому поправочные коэффициенты в табл. 8.7 можно корректировать, считая, что непрерывные низкие препятствия находятся от кромки полосы на 0,3—0,9 м дальше, чем в действительности. Асфальтированная обочина придает водителям дополнительную уверенность, и при ее ширине в 1,2 м можно считать, что ширина полосы, прилегающей к обочине, как бы увеличивается на 0,3 м.

Изменения интенсивности движения. Как было показано выше, интенсивность движения за короткие отрезки времени в течение часа, как правило, не является одинаковой. При уровнях обслуживания *A* и *B* взаимное влияние автомобилей настолько мало, что этими отклонениями можно пренебречь, так как их воздействие на эксплуатационную скорость и другие характеристики транспортного потока ничтожно. Однако с увеличением интенсивности и плотности движения учет таких кратковременных изменений становится необходимым, поскольку резкое снижение скорости или нестабильность потока в какой-то один отрезок времени отразится на качестве обслуживания в другой или другие отрезки времени, а таким образом — на качестве обслуживания в течение часа в целом. Когда интенсивность движения достигает уровня пропускной способности дороги, то в силу естественных условий происходит относительное выравнивание величин интенсивностей движения за короткие отрезки времени, а коэффициент внутричасовой неравномерности дорожного движения приближается к 1.

Иногда в практике США уровни обслуживания *C* и *D* на обычных дорогах определяют, используя коэффициенты внутричасовой неравномерности дорожного движения за 5-минутные интервалы времени f_5 . При расчете на эти коэффициенты умножают максимальные значения коэффициента загрузки дороги движением и значение интенсивности дорожного движения. Как было показано выше, величину

коэффициента внутрисуточной неравномерности дорожного движения, лежащую между 0,75 и 0,95, можно считать приемлемой для обычных городских дорог.

По данным исследования для проходящих через город межштатных дорог величина этого коэффициента составляет 0,82. Изучением коэффициентов внутрисуточной неравномерности дорожного движения на дорогах, проходящих вне крупных городов, занимались мало, но скорей всего их значения находятся в пределах 0,75—0,95.

Корректировка коэффициентов внутрисуточной неравномерности дорожного движения для уровней обслуживания *C* и *D* может производиться с использованием данных табл. 8.5.

Погода и условия видимости. Предполагается, что ограничение видимости из-за плохой погоды или темноты сказывается на выборе водителем скорости движения и дистанции между автомобилями. Документально влияние этих факторов на пропускную способность дорог в достаточной мере не подтверждено. Исследование движения при различных уровнях освещения в штате Коннектикут показало, что при средней освещенности 2,15—8,60 лк существенного различия в скорости движения не наблюдается.

При дожде одновременно ухудшается видимость и снижается коэффициент сцепления, обеспечивающий нормальное торможение. В связи с этим интенсивность движения при любом уровне обслуживания также уменьшается. Исследования, проведенные в штате Техас, показали, что из-за дождя пропускная способность дорог снижалась на 10% (уровень обслуживания *E*). По имеющимся данным снижение пропускной способности дороги с очень скользким покрытием (деревянные бруски) составило 14%, но на более шероховатом покрытии такого уменьшения не наблюдали. В экстремальной ситуации при сильном снегопаде и обледенении покрытия пропускная способность дороги может упасть до нуля. Можно считать, что при любом сочетании видимости и состояния покрытия, которое приводит к уменьшению средней скорости движения на магистрали до 64 км/ч и ниже, падение пропускной способности будет очень существенным. Если в периоды максимальной интенсивности движения подобное случается часто,

Таблица 8.8

Критерии эксплуатационных качеств многополосных загородных дорог и максимальные интенсивности движения в идеальных условиях

Уровень обслуживания	Состояние погоды	Эксплуатационная скорость, км/ч	Средняя скорость движения, км/ч					
			112		96		80	
			Коэффициент загрузки дороги движением	Максимальная интенсивность движения ¹	Коэффициент загрузки дороги движением	Максимальная интенсивность движения ¹	Коэффициент загрузки дороги движением	Максимальная интенсивность движения ¹
<i>A</i>	Свободный поток	≥ 96	≤ 0,30	600	—	—	—	—
<i>B</i>	Стабильный поток	≥ 88	≤ 50	1000	≤ 0,20	400	—	—
<i>C</i>	То же	≥ 72	≤ 0,75	1500	≤ 0,50	1000	≤ 0,25	500
<i>D</i>	Поток, близкий к нестабильному	≥ 56	≤ 0,90	1800	≤ 0,85	1700	≤ 0,70	1400
<i>E</i>	Нестабильный поток	~ 48	1,00	2000	1,00	2000	1,00	2000
<i>F</i>	Поток, находящийся в стесненных условиях	< 48	Не имеют смысла					

¹ Число легковых автомобилей на полосу.

следует предпринимать специальные исследования для определения соответствующих поправочных коэффициентов

Интенсивность движения на многополосных загородных магистралях с нерегулируемыми примыкающими въездами. Многополосная дорога с разделенными потоками движения и без регулирования на примыкающих въездах может функционировать так же, как участки скоростных дорог, если на ней влияние пересечений и краевых воздействий незначительно. Другой крайний случай — это дорога без разделения потоков движения, с частыми пересечениями, интенсивным движением и большим числом примыкающих съездов и въездов. Такая дорога функционирует совершенно иным образом, ее пропускная способность и интенсивность движения, как правило, определяются характеристиками основных пересечений.

Промежуточный вариант представляет собой многополосная дорога, как правило, без разделения потоков транспортных средств или с часто встречающимися съездами (въездами) и пересечениями. Удобство движения на дорогах такого класса зависит от качества дорожного покрытия, характеристик уклонов, поперечного профиля дороги, интенсивности движения и состава транспортного потока. При уровне обслуживания *E* интенсивность и пропускная способность таких дорог сопоставима с пропускной способностью ранее рассмотренных дорог, однако условия движения становятся крайне нестабильными, поэтому интенсивность движения в подобной ситуации не всегда достигает максимума.

При более высоких уровнях обслуживания потенциальная опасность неблагоприятного взаимодействия автомобилей в транспортных потоках обычно приводит к тому, что максимальная интенсивность движения оказывается значительно ниже, чем на скоростных дорогах. Критерии по всем уровням обслуживания и соответствующие данные о максимальной интенсивности движения приведены в табл. 8.8.

Факторы, влияющие на интенсивность движения по многополосным загородным магистралям. Проектная и средняя скорости движения на магистралях. Из табл. 8.8 видно, что максимальные интенсивности движения заметно уменьшаются при снижении норм на проектирование дороги. Наивысшие уровни обслуживания на дорогах с заниженными нормами проектирования обеспечены быть не могут, а максимальная величина интенсивности движения при более низких уровнях обслуживания зависит от реакции водителей при ограниченных расстояниях прямой видимости, виражах и других помехах движению. Связь величины коэффициента загрузки дороги движением с эксплуатационной и средней скоростями для типичной многополосной загородной дороги показана на рис. 8.5.

Изменения интенсивности движения. Данных о характеристиках движения на загородных дорогах в период пик собрано немного. Например, при расчетах уровня обслуживания на загородных дорогах обычно не учитывают коэффициент внутричасовой неравномерности дорожного движения. В США принято считать, что при максимальных интенсивностях движения изменения интенсивности в течение часа существенно не влияют на уровни обслуживания *A*, *B* и *C*. Однако при уровне обслуживания *D* вероятность задержек и нарушений непрерывности потока автомобилей, движущегося с максимальной интенсивностью, высока. Если известно,

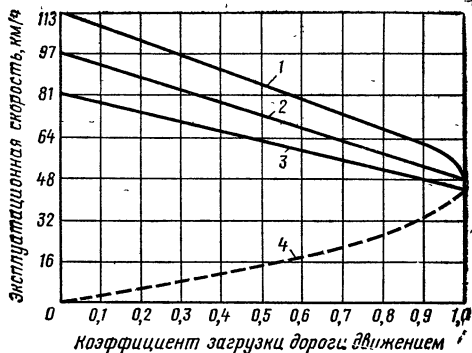


Рис. 8.5. Зависимость между коэффициентом загрузки дороги движением, эксплуатационной и средней скоростями на загородных многополосных магистралях:

1 — средняя скорость движения на магистрали 113 км/ч; 2 — средняя скорость движения на магистрали 97 км/ч; 3 — средняя скорость движения на магистрали 81 км/ч; 4 — уровень обслуживания *F*

Таблица 8.9

Поправочные коэффициенты w для многополосных магистралей без разделения потоков движения при небольших ширине полосы движения и боковом интервале между автомобилями

Расстояние от полосы до препятствия только с правой стороны, м	Две полосы в каждом направлении при ширине полосы, м				Три полосы или более в каждом направлении при ширине полосы, м			
	3,72	3,41	3,1	2,79	3,72	3,41	3,1	2,79
1,86	1,00	0,95	0,89	0,77	1,00	0,95	0,89	0,77
1,24	0,98	0,94	0,88	0,76	0,99	0,94	0,88	0,76
0,62	0,95	0,92	0,86	0,75	0,97	0,93	0,86	0,75
0	0,88	0,85	0,80	0,70	0,94	0,90	0,83	0,72
Дополнительное препятствие с левой стороны на расстоянии, м:								
1,86	—	—	—	—	—	—	—	—
1,24	—	—	—	—	—	—	—	—
0,62	0,94	0,91	0,75	—	0,96	0,92	0,85	0,75
0	0,81	0,79	0,66	—	0,91	0,87	0,81	0,70

что дело обстоит именно так, то следует при помощи коэффициента внутрисекундной неравномерности дорожного движения f скорректировать максимальную интенсивность движения в сторону уменьшения, используя рассмотренные выше методы.

Состав транспортного потока. Грузовые автомобили и автобусы влияют на пропускную способность и расчетную интенсивность движения загородных многополосных дорог примерно так же, как на пропускную способность скоростных дорог. Поэтому для них можно использовать поправочные коэффициенты из табл. 8.6.

Следует отметить, что эти коэффициенты определены для грузовых автомобилей с удельной массой двигателя 91 кг/л. с. и междугородных автобусов с высокими техническими данными. В связи с этим они применимы для многих, но не для всех загородных многополосных дорог. Значения коэффициентов влияния на движение грузовых автомобилей для двухполосных магистралей рассчитаны исходя из технико-эксплуатационных характеристик грузовых автомобилей с удельной массой двигателя 147,5 кг/л. с., которые чаще всего используются в сельском хозяйстве США. Если преобладающим типом грузовых автомобилей на исследуемой многополосной дороге будут именно такие автомобили, то можно применять коэффициенты, относящиеся к грузовым автомобилям указанного класса. На ровной или умеренно холмистой местности коэффициент приведения равен 3, на холмистой местности — 5, в гористой местности — 10—12. Соответствующий коэффициент для различных подъемов можно выбрать, используя рис. 8.4 Коэффициенты, приводимые ниже для двухполосных дорог, использовать для многополосных дорог нельзя, так как они учитывают влияние ограничений по обгону на таких дорогах.

Ширина полосы движения и боковой интервал между автомобилями. Влияние заниженной ширины полосы движения и (или) бокового интервала между автомобилями на многополосных загородных дорогах без разделения потока автомобилей такое же, как на скоростных дорогах, поэтому можно использовать ранее приведенные поправочные коэффициенты. Поправочные коэффициенты для дорог без разделения потоков приведены в табл. 8.9. Данные из нижней части табл. 8.9 следует использовать только в тех случаях, когда на оси проезжей части дороги появляется препятствие типа опоры моста или разделительного барьера.

Эксплуатационные критерии и максимальные интенсивности движения на двухполосных загородных дорогах при идеальных условиях движения

Уровень обслуживания	Характеристика потока	Эксплуатационная скорость, км/ч	Коэффициент загрузки дороги движением	Максимальная интенсивность движения, авт/ч
A	Свободный поток	≥ 96	0,20	400
B	Стабильный »	≥ 80	0,45	900
C	То же	≥ 64	0,70	1400
D	Поток, приближающийся к нестабильному состоянию	≥ 56	0,85	1700
E	Нестабильный поток	~ 48	1,00	2000
F	Поток в стесненных условиях	< 48	Не имеют смысла	

Обочина и пересечения. Вышеописанные методы расчета, основанные на предположении о непрерывном транспортном потоке, можно применять в тех случаях, когда пересечения и (или) примыкающие вьезды находятся на расстоянии по крайней мере 1,6 км друг от друга, а предельная разрешенная скорость составляет не менее 60 км/ч. Если эти условия не выполняются, то лучше применять методы расчета пропускной способности городских улиц.

Интенсивность движения на двухполосных загородных дорогах. Отличие двухполосных дорог с двусторонним движением от дорог, рассмотренных выше, заключается в маневре обгона, который на дорогах первого типа выполняется на полосе встречного движения. Взаимодействие встречных потоков вызывает необходимость рассматривать суммарные пропускную способность и интенсивность движения в обоих направлениях, т. е. не так, как в случае одностороннего движения или движения по одной полосе.

Возможность совершения обгона зависит от интенсивности движения, а время, затрачиваемое на обгон, является функцией относительных скоростей обгоняемого и обгоняющего автомобилей. Вероятность появления промежутка во встречном потоке, когда обгон возможен, оказывается функцией интенсивности движения во встречном направлении:

$$P_{(0)} = q e^{-qt}, \quad (8.2)$$

где $P_{(0)}$ — плотность распределения приемлемого для обгона промежутка в течение времени t ; e — основание натуральных логарифмов; q — интенсивность движения; t — время, в течение которого существует приемлемый для обгона промежуток.

Возможность обгона определяется, кроме того, расстоянием прямой видимости, недостаточным или достаточным для обнаружения приемлемого промежутка и безопасного его использования. Если расстояние прямой видимости не обеспечивает безопасного обгона, то автомобили вынуждены образовывать колонну, движущуюся со скоростью наиболее «тихоходного» автомобиля.

Уменьшение краевых воздействий на водителей от взаимодействия потоков путем регулирования въезда транспортных средств на дорогу, несомненно, отражается на величине интенсивности движения автомобилей, но данных для точной количественной оценки этого фактора очень мало. Поэтому для участков дороги, на которых с частотой более 1 на 1,6 км имеются съезды и (или) вьезды или пересечения со значительной интенсивностью движения, следует использовать методы, применяемые для расчета пропускной способности городских улиц.

В табл. 8.10 приведены данные об эксплуатационной скорости и коэффициенте загрузки дороги движением, принятые в США, как уже отмечалось, в качестве критериев для определения уровня обслуживания, рассчитанной на среднюю скорость движения 113 км/ч, при расстоянии прямой видимости, достаточном для

Максимальная интенсивность движения, авт/ч

Уровень обслуживания	Характеристика потока	Эксплуатационная скорость, км/ч	Расстояние прямой видимости в процентах от адекватного для обгона, %*	Средняя скорость движения, км/ч			
				112	96	80	64
A	Свободный поток	≥ 96	100	400	—	—	—
			80	360	—	—	—
			60	300	—	—	—
			40	240	—	—	—
			20	160	—	—	—
			0	80	—	—	—
B	Стабильный поток	≥ 80	100	900	800	—	—
			80	840	700	—	—
			60	760	600	—	—
			40	680	480	—	—
			20	600	360	—	—
			0	480	240	—	—
C	То же	≥ 64	100	1400	1320	1120	—
			80	1360	1220	1060	—
			60	1300	1120	940	—
			40	1240	1020	760	—
			20	1180	900	560	—
			0	1080	760	360	—
D	Поток, приближающийся к нестабильному состоянию	≥ 56	100	1700	1660	1500	1160
			80	1680	1620	1440	1100
			60	1660	1580	1380	1020
			40	1640	1520	1320	900
			20	1620	1420	1220	700
			0	1600	1320	1020	380
E	Нестабильный поток	~ 48	Любое	2000	2000	2000	2000
F	Поток в стесненных условиях	< 48	Любое	Не имеют смысла			

* Адекватное для обгона расстояние прямой видимости — свыше 450 м.

безопасного обгона, и при прочих идеальных условиях. Следует заметить, что данные по интенсивности движения являются здесь суммарными.

Факторы, влияющие на интенсивность движения на двухполосных загородных дорогах.

Расстояние прямой видимости. Для поддержания определенной эксплуатационной скорости автомобилей требуется высокая степень свободы при обгоне тихоходных транспортных средств.

Поэтому ограниченность расстояния прямой видимости, затрудняющая обгон, заметно отражается на потенциальной величине интенсивности движения. Это резче всего проявляется при высоких уровнях обслуживания и уменьшается со снижением уровня обслуживания, так как в последнем случае разница между эксплуатационной скоростью и средней скоростью грузовых автомобилей и других тихоходных транспортных средств, составляющих поток, становится меньше.

Приближенные максимальные значения интенсивности движения транспортных средств на двухполосных загородных дорогах с двусторонним движением, имеющих среднюю скорость движения меньше 112 км/ч и ограниченное расстояние прямой видимости, не обеспечивающее нормальный обгон, приведены в табл. 8.11.

Из табл. 8.11 видно, как влияет ограниченность прямой видимости на максимальные интенсивности движения при всех уровнях обслуживания.

Средняя скорость на дороге. Средневзвешенную расчетную скорость движения называют средней скоростью. Средняя скорость влияет на максимальную интенсивность движения следующим образом: во-первых, ограничивает эксплуатационную скорость легковых автомобилей, в результате чего невозможно добиться высших уровней обслуживания; во-вторых, снижает среднюю скорость грузовых автомобилей и других медленно движущихся транспортных средств, в результате чего возрастает необходимость в совершении обгона. В сочетании с ограниченностью расстояния прямой видимости пониженная средняя расчетная скорость неизбежно обуславливает существенное уменьшение интенсивностей движения при уровнях обслуживания, более высоких, чем уровень *E*. Действие этих факторов в совокупности отражено в табл. 8.11.

Ширина полосы движения и боковой интервал между автомобилями. Направления движения на соседних полосах двухполосной дороги с двусторонним движением противоположны друг другу, поэтому малая ширина на полосу и (или) недостаточный боковой интервал между автомобилями влияют на качество работы системы автомобиль — водитель сильнее, чем на дорогах с односторонним движением или многополосных магистралах. Как следует из данных табл. 8.12, это влияние также несколько больше при высоких уровнях обслуживания.

Продольный профиль дороги и грузовые автомобили. Наличие в потоке грузовых автомобилей или других транспортных средств с низкими эксплуатационно-техническими данными и подъема на дороге оказывают сильное влияние на функционирование двухполосных дорог с двусторонним движением.

При интенсивностях движения, близких к пропускной способности, коэффициент эквивалентного пересчета на легковые автомобили изменяется от 2 на подъемах с уклонами ниже 2% до 100 и более на длинных подъемах с уклонами 7% и более.

Величина этих коэффициентов определена по данным о способности нагруженных грузовых автомобилей, имеющих удельную массу двигателя 147,5 кг/л. с., преодолевать подъемы. Грузовые автомобили с более высокими эксплуатационно-техническими характеристиками меньше влияют на величину интенсивностей движения.

В табл. 8.13 приведены коэффициенты, учитывающие влияние грузовых автомобилей на движение для некоторых типичных смешанных потоков транспортных средств на подъемах с различными уклонами. В нижней части табл. 8.13 приведены данные, которые можно использовать при анализе влияния грузовых автомобилей на протяженных участках с подъемами разной крутизны. Следует заметить, что очень крутой подъем может определять пропускную способность всего такого участка и снизить ее уровень по сравнению с обобщенными данными табл. 8.13.

Как правило, при расчете влияния грузовых автомобилей на движение исходят из суммарной процентной доли грузовых автомобилей в двустороннем потоке, считая, что влияние на параметры движения подъемов и уклонов одинаково (так как уклон для потока в одном направлении является спуском для потока в другом направлении). Если доля грузовых автомобилей в одном направлении больше, чем в другом, или если грузовые автомобили идут в одном направлении нагруженными, а в другом — порожними, вышеприведенное упрощение использовать нельзя и данные предшествующих таблиц оказываются недостоверными.

Поправочные коэффициенты ω , отражающие влияние бокового интервала между автомобилями на пропускную

Расстояние от края полосы до препятствия, м	Препятствие только с одной стороны полосы движения ¹							
	Ширина полосы движения, м							
	3,72		3,41		3,10		2,79	
	Уровень обслуживания							
	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>B</i>	<i>E</i>
1,86	1,00	1,00	0,86	0,88	0,77	0,81	0,70	0,76
1,24	0,96	0,97	0,83	0,85	0,74	0,79	0,68	0,74
0,62	0,91	0,93	0,78	0,81	0,70	0,75	0,64	0,70
0	0,85	0,88	0,73	0,77	0,66	0,71	0,60	0,66

¹ Встречное движение также может рассматриваться как препятствие для движения.

Интенсивность движения на городских улицах. Отличие городских улиц от загородных дорог состоит в повышенном числе перекрестков, в наличии различного рода маневров движения и в присутствии пешеходов. Если влияние этих факторов незначительно, то для анализа движения используются методы, применяемые к загородным дорогам.

Городские улицы принято рассматривать как транспортные артерии, на которых имеются регулируемые пересечения с частотой не менее 1,6 км; расстояние прямой видимости на таких дорогах и краевые воздействия позволяют двигаться со скоростью не более 56 км/ч. В этих условиях краевые воздействия и остановки влияют на пропускную способность и интенсивность движения существенно, чем взаимодействия между автомобилями в потоке.

Светофоры на пересечениях определяют пропускную способность городских улиц. При интенсивностях движения, не превышающих пропускную способность улицы, соотношения моментов включения и продолжительности горения сигналов светофоров на соседних перекрестках зачастую «определяют» максимально возможную среднюю скорость движения автомобилей независимо от интенсивности движения. Краевые воздействия, присутствие в потоке автобусов, съезды на прилегающие улицы на участках между двумя светофорами могут дополнительно снижать среднюю скорость движения, которая, как указывалось выше, практически не зависит от интенсивности движения.

Поскольку светофоры на основных пересечениях фактически определяют пропускную способность и интенсивность движения, то чаще для оценки качества обслуживания анализируют движение на участках перед регулируемыми пересечениями, исходя из допущения о репрезентативности данных по таким участкам для городской улицы в целом.

Этот метод не вполне удовлетворителен даже в идеальном случае и дает совершенно нереальные результаты, когда участки перед пересечениями различаются между собой по числу или ширине полос, наличию или отсутствию зон для стоянки автомобилей или геометрическим параметрам, а также отличаются от участков, далеких от пересечений.

Замена показателя уровня обслуживания данными по эксплуатационной, текущей или средней скорости также не помогает в решении серьезных проблем движения на городских улицах. Поскольку максимальная скорость движения транспортных средств ограничена фактическими условиями движения или правилами движения, то при плотности движения не более 25—32 авт/км, изменение средней скорости по всей длине городской улицы будет едва заметным.

Существуют и более адекватные показатели уровня обслуживания, но они не получили еще достаточно широкого распространения, а кроме того, не вполне

**ограниченных ширины полосы движения и (или)
способность загородных двухполосных дорог**

Препятствие с обеих сторон полосы движения ¹							
Ширина полосы движения, м							
3,72		3,41		3,10		2,79	
Уровень обслуживания							
В	Е	В	Е	В	Е	В	Е
1,00	1,00	0,86	0,88	0,77	0,81	0,70	0,76
0,92	0,94	0,79	0,83	0,71	0,76	0,65	0,71
0,81	0,85	0,70	0,75	0,63	0,69	0,57	0,65
0,70	0,76	0,60	0,67	0,54	0,62	0,49	0,58

понятны. Один из них — коэффициент потерь времени на задержки, который определяется как отношение суммарных потерь времени на задержки к общему времени движения на участке дороги в течение заданного периода времени. Величины коэффициента потерь времени до 0,05; 0,15; 0,25; 0,40 и 0,60 предложены как верхние пределы уровней обслуживания от *A* до *E*. Но и при таком подходе остается проблема определения условий движения, когда «задержек» нет.

Предложено несколько показателей, характеризующих плавность движения. Первый, называемый шумом ускорения, является средним квадратическим отклонением ускорений автомобиля в течение некоторого времени:

$$\sigma_a = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a^2 dt \right]^{1/2}, \quad (8.3)$$

где σ_a — шум ускорения; T — время, в течение которого автомобиль находится в движении (общее время, за которое автомобиль преодолевает участок за вычетом потерь времени на задержки); a — ускорение автомобиля.

Градиент G среднего значения скорости является отношением шума ускорения к среднему значению скорости. Основная сложность получения этих данных высокая стоимость их сбора. Установлена высокая линейная корреляция между градиентом среднего значения скорости и временем движения по городским улицам. Из этой зависимости следует, что легко определяемое время движения по конкретной улице или обратная ее величина — скорость, является таким же приемлемым показателем качества движения, как градиент среднего значения скорости.

Еще один перспективный показатель плавности движения — энергетический коэффициент, определяемый как отношение эффективной кинетической энергии к измеренной (свободный поток) в транспортном потоке:

$$N_e = \frac{(Ku)^2}{(Ku_f)^2} \approx \left(\frac{u}{u_f} \right)^2, \quad (8.4)$$

где N_e — энергетический коэффициент; u — эффективная скорость (расстояние, деленное на время); u_f — скорость свободного движения (в точке); K — плотность движения.

Этот более просто измеряемый показатель плавности движения хорошо коррелирует с шумом ускорения.

Таблица 8.13
Примерные значения коэффициентов влияния на движение грузовых автомобилей Т и автобусов В по двухполосным дорогам с двусторонним движением

Характеристики уклонов		Уровни обслуживания А и В					Уровни обслуживания С					Уровни обслуживания Д и Е					
		Доля грузовых автомобилей в потоке, %															
Крутизна, %	Длина, км	Т					Т					Т					
		3	5	10	20	3	5	10	20	3	5	10	20	3	5	10	20
Ниже 2	Любая	0,97	0,95	0,91	0,83	0,97	0,95	0,91	0,83	0,97	0,95	0,91	0,83	0,97	0,95	0,91	0,83
3	0,8	0,79	0,69	0,53	0,36	0,79	0,69	0,53	0,36	0,85	0,77	0,63	0,45	0,85	0,77	0,63	0,45
	1,6	0,68	0,56	0,38	0,24	0,63	0,50	0,33	0,20	0,64	0,51	0,34	0,21	0,64	0,51	0,34	0,21
	3,2	0,63	0,50	0,33	0,20	0,56	0,44	0,28	0,17	0,54	0,42	0,27	0,16	0,54	0,42	0,27	0,16
	6,4	0,60	0,48	0,31	0,19	0,52	0,40	0,25	0,15	0,51	0,39	0,25	0,14	0,51	0,39	0,25	0,14
4	0,8	0,69	0,57	0,40	0,25	0,64	0,51	0,34	0,21	0,64	0,51	0,34	0,21	0,64	0,51	0,34	0,21
	1,6	0,57	0,44	0,29	0,17	0,49	0,37	0,23	0,13	0,47	0,35	0,21	0,11	0,47	0,35	0,21	0,11
	3,2	0,53	0,41	0,26	0,15	0,45	0,33	0,20	0,11	0,42	0,30	0,18	0,10	0,42	0,30	0,18	0,10
	6,4	0,51	0,39	0,25	0,14	0,43	0,31	0,19	0,10	0,39	0,28	0,17	0,09	0,39	0,28	0,17	0,09
5	0,8	0,59	0,47	0,30	0,18	0,51	0,39	0,24	0,14	0,48	0,36	0,22	0,12	0,48	0,36	0,22	0,12
	1,6	0,51	0,39	0,25	0,14	0,42	0,30	0,18	0,10	0,38	0,27	0,16	0,08	0,38	0,27	0,16	0,08
	3,2	0,48	0,36	0,22	0,12	0,38	0,27	0,16	0,08	0,35	0,24	0,14	0,07	0,35	0,24	0,14	0,07
	6,4	0,46	0,34	0,20	0,11	0,37	0,26	0,15	0,08	0,33	0,22	0,13	0,07	0,33	0,22	0,13	0,07
6	0,8	0,51	0,39	0,25	0,14	0,42	0,30	0,18	0,10	0,38	0,27	0,16	0,08	0,38	0,27	0,16	0,08
	1,6	0,46	0,34	0,20	0,11	0,36	0,25	0,15	0,08	0,33	0,22	0,13	0,07	0,33	0,22	0,13	0,07
	3,2	0,43	0,31	0,19	0,10	0,34	0,24	0,14	0,07	0,30	0,20	0,11	0,06	0,30	0,20	0,11	0,06
	6,4	0,40	0,29	0,17	0,09	0,33	0,22	0,13	0,07	0,27	0,18	0,10	0,05	0,27	0,18	0,10	0,05
Участки большой прогуженности																	
Грузовые автомобили на пересеченной местности		0,92	0,87	0,77	0,63	0,89	0,83	0,71	0,56	0,89	0,83	0,71	0,56	0,89	0,83	0,71	0,56
Грузовые автомобили на горных дорогах ¹		0,85	0,77	0,63	0,45	0,79	0,69	0,53	0,36	0,75	0,65	0,48	0,31	0,75	0,65	0,48	0,31
Автобусы на уклонах крутизной до 4%		0,97	0,95	0,91	0,83	0,97	0,95	0,91	0,83	0,97	0,95	0,91	0,83	0,97	0,95	0,91	0,83
Автобусы на уклонах крутизной 6%		0,85	0,77	0,63	0,45	0,87	0,80	0,67	0,50	0,92	0,87	0,77	0,63	0,92	0,87	0,77	0,63

¹ Такое сочетание длины, крутизны и числа уклонов, которое заставляет грузовые автомобили двигаться с резко сниженной скоростью.

Таблица 8.14

Эксплуатационные характеристики городских улиц

Уровень обслуживания	Характеристика транспортного потока	Средняя скорость за общее время движения по городской улице, км/ч	Коэффициент загрузки дороги движением	Соответствующий коэффициент загрузки движением пересечений
A	Свободный	≥ 48	$\leq 0,60$	0
B	Стабильный	≥ 40	$\leq 0,70$	0,1
C	»	≥ 32	$\leq 0,80$	0,3
D	Приближающийся к нестабильному	≥ 24	$\leq 0,90$	0,7
E	Нестабильный	~ 24	$\leq 1,0$	1,0
F	Находящийся в стесненных условиях	< 24	Не имеют смысла	

Комитет по изучению пропускной способности автомобильных дорог рекомендовал в качестве основного показателя уровня обслуживания на городских улицах принимать среднюю за общее время движения по улице скорость, хотя и признал определенные недостатки этого показателя. Величины средней скорости движения транспортных средств приведены в табл. 8.14.

При выборе коэффициентов загрузки дороги движением для табл. 8.14 руководствовались соответствием значений этих коэффициентов значениям коэффициентов загрузки движением регулируемых пересечений.

Еще один вариант подхода к рассматриваемой проблеме изложен ниже (он в некоторых случаях дает лучшие результаты, но не был ни проверен экспериментально и не стал общепринятым): движение по городской улице организовано при помощи средств регулирования дорожного движения; транспортный поток на городской улице представляет собой несколько колонн, отделенных друг от друга временными интервалами, в течение которых на улице либо отсутствуют совсем, либо присутствует несколько автомобилей. Если предположить, что средства регулирования «сокращают» на 50% интенсивность движения, ограниченную, кроме того, известными характеристиками движения колонны автомобилей, трогаящейся с места, то пропускная способность или верхний предел уровня обслуживания E составит 50% от 1500, т. е. 750 авт/ч. При скорости 16—17,6 км/ч примерная плотность движения должна составить 44—47 авт/км. Такая плотность движения на магистралях обычно характеризует уровень E. Результаты обслуживания применения этого метода к другим уровням обслуживания представлены в табл. 8.15.

Факторы, влияющие на интенсивность движения на городских улицах. Способы количественной оценки влияния различных факторов на интенсивность движения по городским улицам не очень хорошо разработаны. Однако рассмотрим некоторые из этих факторов.

Регулируемые пересечения. Функционирование часто встречающихся регулируемых пересечений и доля фазы зеленого сигнала, как правило, определяют пропускную способность и интенсивность движения. Методы оценки этих параметров движения приведены ниже.

Нерегулируемые пересечения. Маневры поворота и движение, пересекающее городскую улицу, могут привести к снижению интенсивности движения на ней. Один из известных методов расчета основан на положении о том, что нерегулируемое пересечение можно с определенной степенью допущения рассматривать как регулируемое с фазой зеленого сигнала, пропорциональной отношению интенсивностей движения по главной и второстепенной улицам, а также соотношению геометрических характеристик этих улиц.

Примыкания второстепенных улиц. Съезд с главной улицы на второстепенную или выезд с второстепенных улиц на главную, т. е. маневры пово-

Максимальная интенсивность движения на городских улицах, определенная из условия 50%/о-го сокращения интенсивности движения средствами регулирования для средней плотности и скорости движения

Уровень обслуживания	Средняя скорость за общее время движения по улице, км/ч	Плотность движения, авт/км	Приблизительная интенсивность движения ¹ на полосу, авт/ч	Уровень обслуживания	Средняя скорость за общее время движения по улице, км/ч	Плотность движения, авт/км	Приблизительная интенсивность движения ¹ на полосу, авт/ч
A	≥ 48	6,2	<300	D	~ 24	27,9	675
B	≥ 40	12,4	500	E	~ 16	46,5	750
C	≥ 32	18,6	600	F	<16	46,5	Различная

¹ Взаимосвязь скорость — плотность — интенсивность движения в числовых значениях, приведенных в табл. 8.15, справедлива только для среднего значения скорости на участке. Обычно же измеряют среднюю за общее время движения скорость, которая только приближается к средней скорости на участке

рота, уменьшают интенсивность движения по главной улице. Подъезды к жилым домам, как правило, можно не принимать в расчет, но подъездные пути к крупным учреждениям часто становятся нерегулируемыми пересечениями, и в такой обстановке их приходится учитывать.

Стоянки автомобилей или посадка (высадка) пассажиров у края тротуара. Площадь дороги, занятая стоящими автомобилями, непригодна для движения. Влияние стоящих автомобилей на пропускную способность и интенсивность движения дороги эквивалентно, таким образом, уменьшению ширины проезжей части минимум на 2,4 м. Кроме того, крупные стоянки автомобилей становятся причиной нарушения нормальных условий движения на соседней полосе движения из-за автомобилей, отъезжающих с места стоянки или становящихся на нее

Даже там, где стоянка или посадка (высадка) пассажиров запрещена, происходящие для высадки пассажиров кратковременные остановки автомобилей, наличие в потоке транзитных автомобилей и вероятность незаконной остановки автомобилей для стоянки снижают возможность организации дополнительной полосы движения у края тротуара. Близость автомобилей к пешеходам и неподвижным предметам у края проезжей части улицы, часто встречающиеся колодцы дренажной системы с сопутствующими им нерегулярными нарушениями геометрии и покрытия еще больше уменьшают привлекательность такой дополнительной полосы. По австралийским данным на дополнительной полосе у края тротуара на участках приближения к пересечениям совершается до 60% всех штрафуемых нарушений.

Стоянки автомобилей с двух сторон улицы. Грузовые и легковые автомобили, стоящие по обеим сторонам улицы, могут резко снизить ее пропускную способность, поскольку они занимают с каждой стороны как минимум по одной полосе. Это означает, что автомобили, движущиеся в одном направлении, ждут появления промежутков во встречном потоке приемлемых для объезда стоящих автомобилей.

Пешеходы. Даже небольшое количество пешеходов на улице влияет на интенсивность движения автомобилей, поскольку люди часто переходят улицу в положенных или неположенных местах во времени появления в транспортном потоке приемлемых для перехода промежутков. С увеличением числа пешеходов их влияние становится более заметным, поскольку они создают помехи сквозному движению и выполнению маневров на пересечениях. Нерегулируемые пешеходные переходы посреди улицы еще более ухудшают ситуацию.

Разметка проезжей части улиц и ширина полос для движения. Как отмечалось, маневры левого и в меньшей степени правого

поворотов задерживают движение транспортных средств. Интенсивность движения может возрасти, если выполнение этих маневров устранено с основных полос сквозного движения.

Влияние разделительных полос на дорожном покрытии и ширины полосы на движение по городским улицам несколько неопределенно. В практике США и Англи принято рассматривать пропускную способность улицы на участке вблизи регулируемого пересечения как функцию ширины такого участка независимо от его продольной разметки. В Австралии считают пропускную способность функцией числа полос независимо от их ширины (в диапазоне от 1,95 до 4,5 м). Если же принимать во внимание все параметры, характеризующие уровень обслуживания, в том числе комфорт водителей, тогда следует учитывать ширину полос и продольную разметку как факторы, влияющие на пропускную способность. При интенсивности движения на уровне соответствующей пропускной способности увеличение ширины полосы на 0,3 м позволяет увеличить пропускную способность на 40 авт/ч.

Одностороннее движение. При определенной ширине улицы одностороннее движение, как правило, эффективнее двустороннего примерно на 10—20%. Здесь отпадает необходимость левого или правого поворота и упрощается система регулирования на пересечениях. В каждом конкретном случае могут иметь значение различные факторы, упрощение режима работы светофорного объекта, изменение количества полос, изменение структуры маневров поворота и т. д.

Грузовые автомобили и автобусы. Если на улице нет крутых уклонов, то грузовые автомобили и скоростные автобусы практически движутся со скоростью легковых автомобилей. Влияние грузовых автомобилей и автобусов на пропускную способность и интенсивность движения прежде всего обусловлено большей их шириной и пониженной способностью к ускорению и разгону. Для учета влияния грузовых автомобилей на городских улицах часто используют коэффициент приведения их к легковым автомобилям, равный 2, хотя по некоторым данным больше подходит значение между 1,6 и 2,0. Для транзитных автобусов дальнего следования коэффициент приведения к легковым автомобилям лежит между 1,4 и 1,7, а на практике часто используют коэффициент, равный 1,6.

Влияние на пропускную способность городской улицы автобусов местного сообщения отличается от рассмотренного выше и зависит от расположения автобусных остановок и посадочных площадок в плане улицы и относительно регулируемого пересечения.

Итак, методы оценки пропускной способности и интенсивности движения для городских улиц отличаются большой субъективностью. Почти все они основаны на определении пропускной способности на регулируемых пересечениях. Но об этом будет сказано ниже.

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ

В предыдущих разделах речь шла о непрерывном движении транспортных средств преимущественно в одном направлении. Пересечение двух потоков движения требует от водителей поиска приемлемого промежутка в пересекающем потоке для продолжения движения в нужном направлении. На величину приемлемого для водителя промежутка влияют геометрические характеристики перекрестка, в том числе угол пересечения дорог, имеющиеся для маневрирования пространство и уклоны. От интенсивности движения на пересекаемой дороге зависит частота появления промежутков приемлемой величины (и задержек на ожидание таких промежутков), а от интенсивности движения на пересекающей дороге — задержки в связи с возникновением очередей автомобилей.

Слияние транспортных потоков. Наиболее простой случай пересечения — слияние одной полосы движения с другой полосой; из зоны слияния движение уже продолжается по одной полосе. При идеальной геометрии в зоне слияния при любом уровне обслуживания может сохраниться интенсивность движения, равная или превышающая интенсивность движения в условиях свободного потока. По данным наблюдений в зоне слияния единичных полос на магистралях США интенсивность движения в отдельные краткие промежутки времени достигает

Максимальная интенсивность движения в зонах слияния двух полос движения на магистралях непрерывного движения

Уровень обслуживания	Характеристика потока	Примерная средняя скорость движения на магистрали, км/ч	Максимальная интенсивность движения ¹ , авт/ч
A	Свободный	96	1000
B	С некоторой корректировкой скорости	88	1200
C	Корректировка скорости—ограничение свободного потока	80	1700×f*
D	Образование время от времени очередей на въезде	64	1800×f*
E	Нестабильный — частое образование очередей	—	< 2000
F	Остановка и поиск альтернативного маршрута	—	~ 1800

¹ Суммарная интенсивность движения на въезде и первой полосе магистрали при условии, что в состав транспортного потока входят только легковые автомобили. При хорошей планировке зоны слияния в потоке может находиться некоторое количество грузовых автомобилей.

* Коэффициент внутрисосовой неравномерности дорожного движения.

2300 авт/ч. Подобная интенсивность слияния редко может поддерживаться в течение часа, ее также нельзя предсказать с достаточной достоверностью. Для хорошо спроектированной зоны слияния дорог рекомендуется — использовать значение интенсивности слияния, равное 2000 авт/ч. Рекомендации для других уровней обслуживания приведены в табл. 8.16.

Следует заметить, что в табл. 8.15 не отражено процентное соотношение между двумя транспортными потоками. Согласно теории транспортного потока задержка автомобилей на примыкающем въезде наиболее велика, когда интенсивность движения на въезде составляет 40% суммарной интенсивности движения. С увеличением или уменьшением этого соотношения общая длительность задержки снижается (средняя длительность задержки для автомобилей на примыкающем въезде возрастает только при увеличении интенсивности движения на магистрали). Моделирование показало, что при уровне обслуживания D (суммарная интенсивность движения на примыкающем въезде и первой полосе составляет 1800 авт/ч) средняя задержка для каждого из 720 автомобилей в час (40%) на въезде составит 60 с, при интенсивности движения на въезде 200 или 1150 авт/ч средняя задержка должна быть равной 20 с. Эти теоретические данные вполне согласуются с данными непосредственных наблюдений.

Геометрические характеристики примыкающего въезда влияют на пропускную способность и при других уровнях обслуживания. Взаимосвязь между углом слияния потоков, длиной и характеристиками полосы разгона для автомобиля, выезжающего в приемлемый промежуток l на дороге, а также зависимость между величиной приемлемого промежутка и максимальной интенсивностью движения на въезде и интенсивности движения на магистрали при уровне обслуживания D приведены на рис. 8.6.

Для оценки интенсивности движения на въездах на автомагистраль необходимо иметь сведения об интенсивности движения по полосе I этой дороги и составе транспортного потока на полосе I до въезда или иметь возможность оценить эти параметры. Формулы и номограммы, помогающие определить эти параметры, приведены в справочной литературе.

Для простого случая въезда, далеко отстоящего от других въездов и функционирующего при уровнях обслуживания от A до C , эти формулы таковы:

$$V_1 = 136 + 0,345V_f - 0,115V_r \text{ (двухполосная магистраль);} \quad (8.5)$$

$$V_1 = -120 + 0,244V_f \text{ (трехполосная магистраль);} \quad (8.6)$$

$$V_1 = 312 + 0,201V_f + 0,127V_r \text{ (четыреполосная магистраль).} \quad (8.7)$$

где V_1 — интенсивность движения по полосе 1 до въезда; V_f — общая интенсивность движения до въезда; V_r — интенсивность движения на примыкающем въезде.

Статистическая проверка этих формул показывает, что уровень надежности прогнозов на их основании весьма низок (средняя ошибка составляет 19%) из-за заметной недооценки интенсивности движения по полосе 1 при интенсивности движения свыше 1500 авт/ч (уровни удобства D и E).

Показанные на рис. 8.7 кривые распределения интенсивности движения по полосам магистрали непрерывного движения построены на основании данных 48 станций наблюдения за движением на дорогах США.

На основании тех же данных можно корректировать значения, приведенные на рис. 8.7, если необходимо учесть влияние других въездов, расположенных вверх против потока или вниз по потоку относительно исследуемой зоны слияния.

При проектировании автомобильной дороги, когда приходится оценивать интенсивности движения по полосе 1, следует осторожно пользоваться вышеприве-

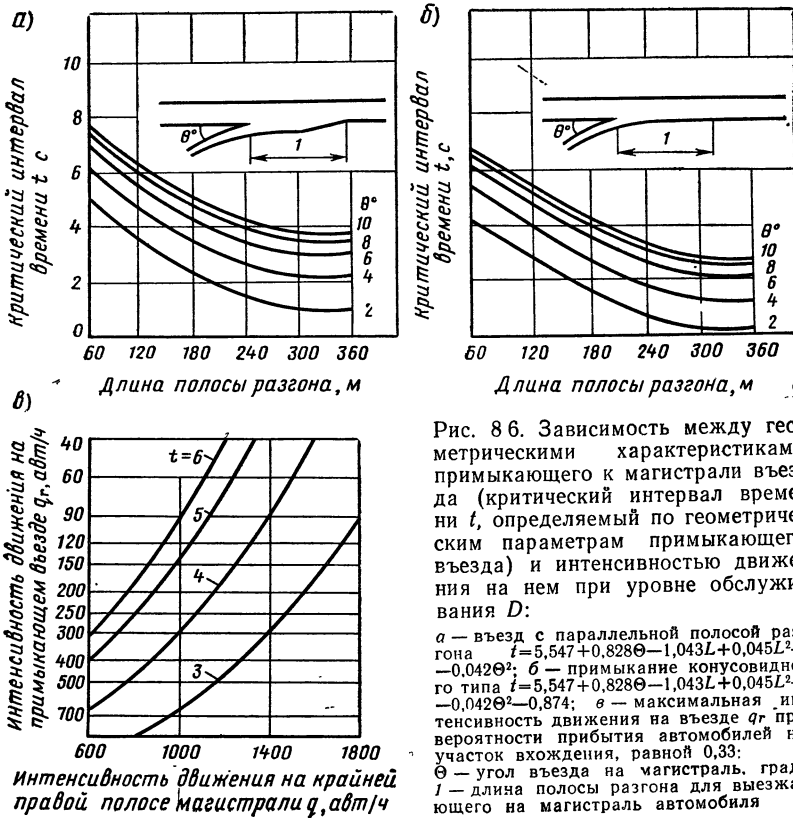


Рис. 8.6. Зависимость между геометрическими характеристиками примыкающего к магистрали въезда (критический интервал времени t , определяемый по геометрическим параметрам примыкающего въезда) и интенсивностью движения на нем при уровне обслуживания D :

a — въезд с параллельной полосой разгона $t = 5,547 + 0,828\theta - 1,043L + 0,045L^2 - 0,042\theta^2$; b — примыкание конусовидного типа $t = 5,547 + 0,828\theta - 1,043L + 0,045L^2 - 0,042\theta^2 - 0,874$; v — максимальная интенсивность движения на въезде q_r при вероятности прибытия автомобилей на участок вхождения, равной 0,33; θ — угол въезда на магистраль, град; L — длина полосы разгона для выезжающего на магистраль автомобиля

денными формулами и графиками и вводить в расчет большой коэффициент запаса; при анализе существующих ситуаций лучше всего определить интенсивность движения по полосе I подсчетом на месте.

Переплетение транспортных потоков на кольцевой развязке. Рассмотренный выше случай пересечения значительно усложняется, когда два слившихся потока вновь разделяются на небольшом отрезке пути. По мере сокращения расстояния между зонами слияния и разделения потоков и увеличения угла между потоками рассматриваемая ситуация все более приближается к случаю пересечения потоков.

На участке переплетения потоков сравнительно небольшой длины, как в случае кольцевой транспортной развязки пропускная способность связана с шириной въездов в зону переплетения, шириной и длиной участка переплетения и соотношением переплетающихся потоков следующим образом:

$$V_{\max} = \frac{108w \left(1 + \frac{m}{w}\right) \left(1 - \frac{P}{3}\right)}{1 + \frac{w}{l}}, \quad (8.8)$$

где w — ширина проезжей части на участке переплетения потоков, м; l — длина участка переплетения потоков, м; m — суммарная ширина въездов в зону переплетения ($m_1 + m_2$), м; P — доля автомобилей, пересекающих друг друга путь в зоне переплетения, в общем числе автомобилей, движущихся в этой зоне

Соответствующие измерения следует выполнять так, как показано на рис. 8.8.

Установлено, что формула (8.8) несколько завышает пропускную способность небольших кольцевых развязок, когда пропускная способность по расчету не превышает 4000 авт/ч, если не уменьшить константу со 108 до 92. Вышеприведенные значения константы являются максимальными и справедливыми только при образовании в зоне переплетения длинных очередей и малой скорости движения (16 км/ч). Для проектирования таких развязок следует исходить из 80%-ного уровня вышеприведенных значений константы (скорей всего это будет соответ-

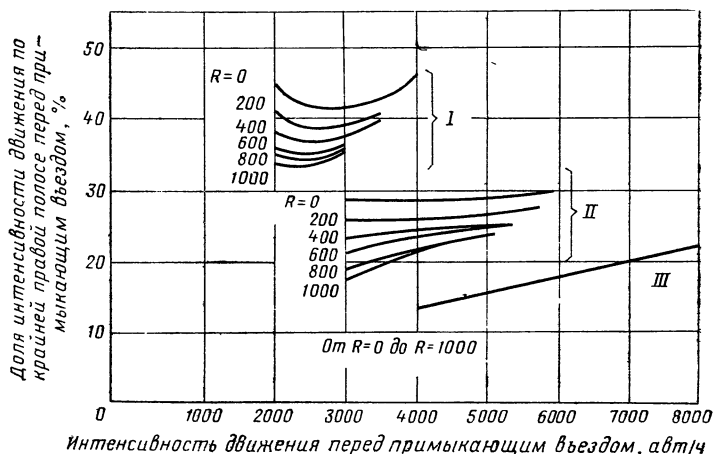


Рис. 8.7. Распределение интенсивности движения по полосам магистрали непрерывного движения перед примыкающим въездом:

I — 4-полосные магистрали; II — 6-полосные магистрали; III — 8-полосные магистрали; R — интенсивность движения на въезде, авт/ч

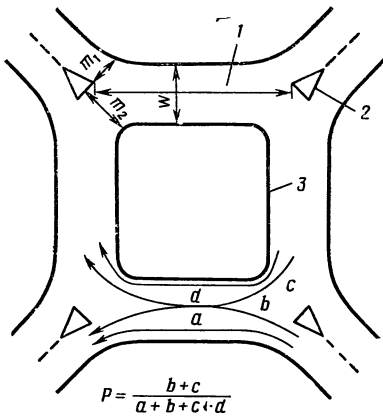


Рис. 8.8. Размеры участка переплетения потоков и распределение потоков в зоне переплетения:

1 — участок переплетения потоков; 2 — островок для разделения потоков; 3 — центральный островок; P — доля автомобилей, пересекающих друг друга путь в зоне переплетения, от общего числа автомобилей, движущихся в этой зоне

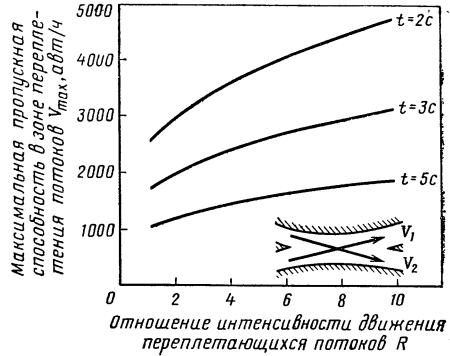


Рис. 8.9. Зависимость пропускной способности кольцевой транспортной развязки от соотношения переплетающихся потоков

вовать уровню обслуживания D). Может быть выведена следующая формула пропускной способности на коротком участке переплетения потоков:

$$v_{\max} = \frac{R+1}{R} \cdot \frac{3600}{t} \log(t+1)(R+1), \quad (8.9)$$

где R — отношение большей интенсивности движения к наименьшей применительно к переплетающимся потокам; t — приемлемый промежуток времени, с.

В графическом виде формула (8.9) изображена на рис. 8.9. Хотя длина и ширина участка переплетения в эту формулу не входят, они без сомнения влияют на величину t , которая возрастает от 2 до 5 с в зависимости от геометрии развязки. Соответствующее значение t для конкретной развязки определяется эмпирически.

Переплетение транспортных потоков на магистрали. Взаимодействие автомобилей в зоне кольцевой транспортной развязки происходит на малых скоростях и затрагивает практически все находящиеся в этой зоне автомобили. Переплетение потока, въезжающего на магистраль, и потока, покидающего магистраль, когда въезд и съезд находятся на магистрали рядом, представляет другой случай. На транзитной магистрали движение в одном направлении происходит по нескольким полосам, поэтому основная часть движения на магистрали не участвует во взаимодействии переплетающихся потоков. В идеальном случае следует стремиться так спроектировать участок переплетения, чтобы зона переплетения минимально влияла на скорость движения автомобилей, не участвующих в рассматриваемом взаимодействии. Если свободной площади для такого проектирования недостаточно (что типично для существующих дорог), то для учета негативного влияния зоны переплетения на движение по магистрали следует вводить коэффициент K . Этот коэффициент характеризует воздействие меньшей интенсивности движения в зоне переплетения. Коэффициент $K=1$ показывает, что негативное влияние зоны переплетения отсутствует. Рекомендуется в качестве максимального считать $K=3$, фактические наблюдения свидетельствуют о превышении этого значения для низких уровней обслуживания в зоне переплетения.

Взаимосвязь между длиной и шириной участка переплетения, интенсивностью движения в зоне переплетения и K показана на рис. 8.10. Основная зависимость записывается следующим образом:

$$V_3 = V_t + (K - 1) V_{\omega_2}, \quad (8.10)$$

где V_3 — эквивалентная интенсивность движения на участке переплетения; V_t — суммарная интенсивность движения на участке переплетения; K — коэффициент влияния зоны переплетения на движение по магистрали; V_{ω_2} — наименьшая интенсивность движения потока, участвующего во взаимодействии в зоне переплетения.

Отсюда число полос, необходимое для такого эквивалентного объема движения при некотором уровне обслуживания:

$$N = \frac{V_t + (K - 1) V_{\omega_2}}{SV}, \quad (8.11)$$

где S , V — интенсивность движения на полосе со свободным движением при заданном уровне обслуживания; K — коэффициент влияния зоны переплетения на движение по магистрали; V_{ω_2} — наименьшая интенсивность движения потока, участвующего во взаимодействии в зоне переплетения

Кривые, показанные на рис. 8.10, сгруппированы и обозначены римскими цифрами, которые в самом общем смысле характеризуют качество обслуживания для автомобилей, взаимодействующих в зоне переплетения. Качество обслуживания для них может быть ниже, чем для автомобилей, взаимодействующих в зоне переплетения, но при правильном проектировании этой зоны между указанными уровнями удобства движения должно существовать определенное соответствие. В табл. 8.17 приведены рекомендации, обеспечивающие уравнивание качества обслуживания для автомобилей, взаимодействующих в зоне переплетения, с уровнем обслуживания на рассматриваемой дороге.

Качество обслуживания I характеризуется нормальными условиями движения и скоростью в зоне переплетения, равной 80 км/ч или больше.

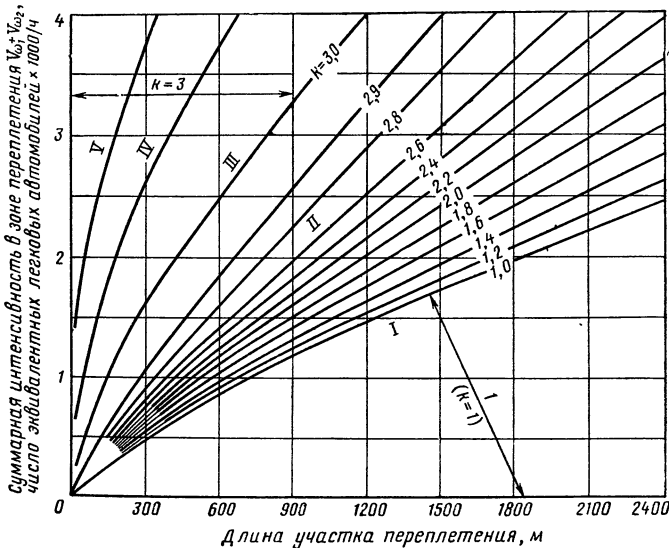


Рис. 8.10. Значения коэффициента K для различных вариантов переплетения: I — движение вне зоны переплетения.

I — V — качество обслуживания (степень удобства обслуживания)

Рекомендации по уровням обслуживания на участке переплетения

Уровень обслуживания	Магистраль непрерывного движения и загородная многополосная дорога	Развязка на магистрали непрерывного движения, допускающая изменение направления движения	Двухполосная загородная дорога	Городская улица
A	I или II	II или III	II	III или IV
B	II	III	II или III	III или IV
C	II или III	III или IV	III	IV
D	III или IV	IV	IV	IV
E	IV или V	V	V	V
F	Условия неудовлетворительные			

Качество обслуживания II характеризуется незначительными помехами движению на магистрали и скоростью в зоне переплетения от 72 до 80 км/ч.

При качестве обслуживания III скорость в зоне переплетения составляет 64—72 км/ч и может сильно колебаться для отдельных автомобилей в течение последовательных промежутков времени.

Качество обслуживания IV характеризуется скоростью в зоне переплетения на уровне 48—56 км/ч. Можно ожидать периодические замедления движения и появление ограничений по выполнению маневров.

Качество обслуживания V характеризуется пропускной способностью участка переплетения, когда скорость в этой зоне часто составляет в среднем 32 км/ч; характерны беспорядочность движения в зоне взаимодействия и попеременное «заполнение» переплетающихся полос.

Учет влияния зон переплетения, рассмотренных выше, сопряжен со значительными трудностями, поэтому полученные результаты следует считать только приблизительными. Более удовлетворительные результаты дает уравнение

$$V_{\omega} = aL^b W^{c+dR} \quad (8.12)$$

где V_{ω} — интенсивность движения в зоне переплетения; L — длина участка переплетения; W — ширина участка переплетения; R — отношение наименьшей интенсивности движения потока, участвующего во взаимодействии в зоне переплетения, к общей интенсивности движения в зоне переплетения; a , b , c , d — константы, связанные с уровнем обслуживания.

Вышеописанный метод следует использовать осторожно и не считать результаты расчетов в высокой степени точными.

Нерегулируемые пересечения. Пересечение двух дорог под углом около 90°, когда на перекрестке вообще нет средств регулирования движения, является, вероятно, наиболее типичным. Однако пропускная способность и интенсивность движения до сих пор мало изучались потому, что по правилам безопасности установка средств регулирования на пересечении необходима даже при интенсивности движения более низкой, чем та, которая могла бы повлиять на длительность задержки автомобилей у пересечения или другие общепринятые показатели качества обслуживания.

Для автомобиля, приближающегося к пересечению, вероятность потерь времени на остановку у нерегулируемого перекрестка и длительность такой задержки зависят от интенсивности движения на обоих участках вблизи пересечения, фактических расстояний прямой видимости для всех участников движения в этой зоне и от величины приемлемого промежутка для водителей приближающихся к перекрестку автомобилей. На последний фактор влияют продольный профиль дорог в зоне пересечения, скорость движения и геометрия перекрестка. Если исходить из случайного появления автомобилей на пересечении и интенсивности движения настолько малых, что очереди, как правило, не образуются, тогда вероятность

задержки для автомобиля, движущегося по улице с меньшей интенсивностью движения, задается следующим выражением:

$$P = 1 - \frac{e^{-2.5q_s} e^{-2qt}}{1 - e^{-2.5q_s} (1 - e^{-qt})}, \quad (8.13)$$

где P — вероятность задержки; e — основание натуральных логарифмов; q_s — интенсивность движения по второстепенной улице; q — интенсивность движения по главной улице; t — критическое запаздывание (промежуток времени между появлением автомобиля на второстепенной и главной улицах в условиях, когда наибольшее число неиспользованных таких промежутков и наименьшее число использованных для движения промежутков равны между собой).

На рис. 8.11 показана доля автомобилей (в процентах) со второстепенной улицы, задержанных на перекрестке при различном соотношении интенсивностей движения на пересекающихся улицах и при величинах критического запаздывания 4,6 и 5,9 с, типичных для пересечения городских улиц.

Еще один полезный критерий для определения средней квадратической величины задержки автомобилей со второстепенной улицы задается выражением

$$\bar{d} = q^{-1} (e^{qt} - qt - 1), \quad (8.14)$$

где \bar{d} — средняя квадратическая величина задержки, обусловленная «занятостью» перекрестка; s ; e — основание натуральных логарифмов; q — интенсивность движения по главной улице; t — критическая величина приемлемого временного промежутка (промежуток времени между прибытием на перекресток двух следующих друг за другом по главной улице автомобилей, который половина водителей на второстепенной улице сочтет приемлемым, а половина — неприемлемым для дальнейшего движения).

Данные по средним квадратическим величинам задержки приведены на рис. 8.12.

Следует отметить, что формула (8.14) характеризует только такие задержки, которые обусловлены движением через перекресток автомобилей с главной улицы. Здесь не учтены потери времени на сбрасывание скорости и разгон, а также на ожидание выхода на исходную для старта позицию. Если предположить, что на второстепенной улице будут образовываться очереди, то среднюю величину за-

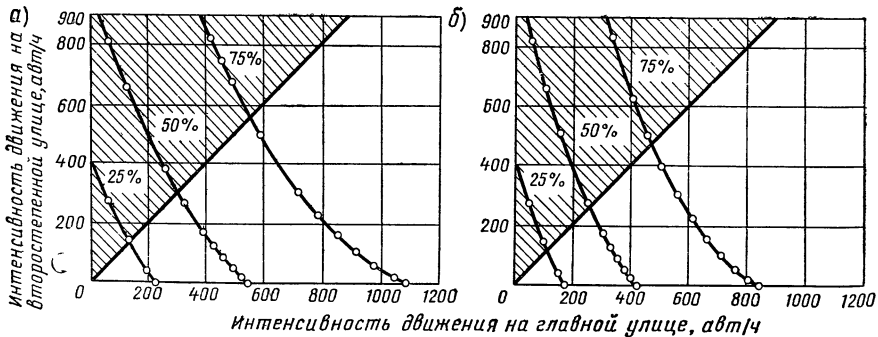


Рис. 8.11. Соотношения интенсивностей движения на пересекающихся улицах, при которых на второстепенной улице оказываются задержанными у перекрестка 25, 50 и 75% автомобилей:

а — критическое запаздывание 4,6 с; б — критическое запаздывание 5,9 с.

Штриховкой показаны ситуации, при которых интенсивность движения на второстепенной улице больше, чем на главной

держки с учетом потерь времени на стояние в очереди можно определять по формуле

$$\bar{d}_t = \frac{1}{\mu - \lambda}, \quad (8.15)$$

где \bar{d}_t — средняя суммарная задержка, с; μ — средняя интенсивность обслуживания, $1/d$ (см. рис. 8.12), авт/с; λ — интенсивность прибытия автомобилей на перекресток с второстепенной улицы, авт/с.

В значение, определяемое по формуле (8.15), не входят потери времени на сбрасывание скорости и разгон.

Ожидаемое число автомобилей в образующейся очереди можно определить по формуле

$$N = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}, \quad (8.16)$$

где N — ожидаемое число автомобилей в очереди; λ — интенсивность прибытия автомобилей на перекресток с второстепенной улицы, авт/с; μ — средняя интенсивность обслуживания, $1/\bar{d}$ (см. рис. 8.12), авт/с

Ни одно из значений, определяемых по вышеприведенным формулам, непосредственно не соотносится с показателями скорости и плотности движения, которые использовались в предыдущих разделах для определения различных уровней обслуживания. Тем не менее и эти параметры могут быть полезными при оценке качества обслуживания на нерегулируемом пересечении. Так как в вышеприведенные формулы входит интенсивность движения на второстепенной и главной улицах, следует учитывать изменение интенсивности движения в час пик, особенно в связи с тем, что периоды пик в продолжение этого часа для второстепенной и главной улиц могут не совпадать.

Пересечения с регулированием движения знаками ограничения скорости и «Проезд без остановки запрещен». Регулирование при помощи знаков ограничения скорости и «Проезд без остановки запрещен» дает преимущественное право проезда автомобилям одной из пересекающихся улиц и, кроме того, вводит обязательную остановку перед пересечением для автомобилей, движущихся по второстепенной улице.

Таким образом первоначальная задержка для автомобилей со второстепенной улицы становится обязательной и для них возрастает величина приемлемого промежутка, поскольку они вынуждены разогнаться с места после обязательной остановки.

Наблюдения за очередями автомобилей у знака «Проезд без остановки запрещен» показали, что медиана¹ минимального временного промежутка между автомобилями, пересекающимися перекресток друг за другом (без учета влияния движения по другой улице), составляет 4 с. Это дает для улицы со знаком «Проезд без остановки запрещен» у пересечения максимальную пропускную способность 900 автомобилей на полосу в час при условиях, что очередь существует все время, движение по другой улице нет и все водители соблюдают правило обязательной остановки у линии «Стоп».

Поскольку такое стечение обстоятельств является исключительно редким, вышеприведенное значение предоставляет скорее чисто научный, нежели практический интерес.

¹ Медиана — точка, в которой площадь, ограниченную кривой распределения, абсцисса делит пополам (прим. ред.).

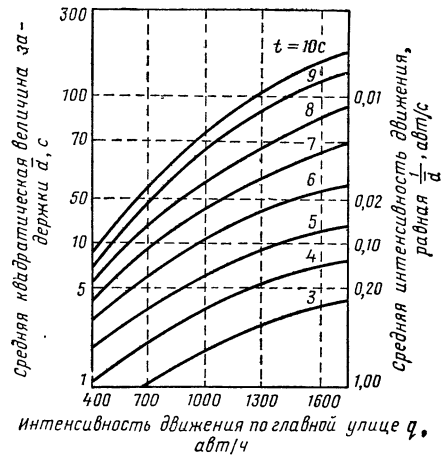


Рис. 8.12. Средняя квадратическая величина задержки для автомобилей второстепенной улицы при отсутствии очередей

Пропускную способность улицы с двухполосным двусторонним движением, которое регулируется у пересечения при помощи знаков снижения скорости или знака «Проезд без остановки запрещен», можно определять по средним длительностям задержки и длинам очередей автомобилей, используя формулу, приведенную выше, и соответствующие данные по величине приемлемых промежутков.

Все вышеприведенные формулы выведены на основе предположения о пуассоновом или случайном распределении моментов прибытия автомобилей к пересечению, которое справедливо для небольшой интенсивности движения (до 400—600 автомобилей на полосу в час). С увеличением плотности движения более приемлемы распределения другого вида (см. гл. 7).

Но поскольку интенсивность и плотность движения на пересечениях, регулируемых при помощи сигналов снижения скорости или знаков «Проезд без остановки запрещен», зачастую больше вышеуказанного уровня и на движение по второстепенной улице влияют еще другие, близко расположенные сигналы регулирования движения, вышеприведенные формулы следует применять осторожно. Результаты, полученные методом моделирования (об этом будет сказано ниже в данном разделе), более приемлемы при относительно больших интенсивностях движения, так как при этом отсутствует исходная посылка о пуассоновом распределении.

Большое значение для задержки у перекрестка имеет величина приемлемого промежутка между автомобилями. Факторы, влияющие на этот параметр, еще мало изучены, поэтому следует определять их непосредственно на изучаемом пересечении (см. гл. 10 «Экспериментальное исследование характеристик дорожного движения»). В табл. 8.18 приведены величины приемлемого промежутка, определенные разными исследователями.

Среднее время задержки на ожидание у знака «Проезд без остановки запрещен» на пересечении для автомобилей второстепенной улицы (без учета потерь времени на сбрасывание скорости и разгон) определяли при помощи ЭВМ. Моделью служило пересечение двухполосной улицы с двусторонним движением с четырехполосной магистральной улицей с двусторонним движением. Для фактов появления автомобилей на пересечении было выбрано модифицированное биномиальное распределение; критическое запаздывание составляло 5,8 и 4,8 с. Для всех вариантов расчета интенсивность движения на участках вблизи пересечения не превышала их пропускной способности, а предельная величина очереди (backlog) была принята равной 20 автомобилям. Результаты моделирования (данные по средней величине задержки на ожидание) приведены на рис. 8.13. Скорость движения вблизи пересечения принималась равной 48 км/ч, интенсивность разгона и сбрасывания скорости соответственно 0,9 и 1,8 м/с². Кроме того, считалось, что знаки регулирования движения на второстепенной улице не вызывают никаких задержек для движения по главной улице. Результаты моделирования для ситуации, в которой определяли среднюю суммарную задержку для всех автомобилей на пересечении, в том числе потери времени на разгон и торможение и задержки для автомобилей главной улицы в связи с выполнением поворотов (7% автомобилей выполняет правый поворот, 7% — левый), показаны на рис. 8.14.

Числовые данные с рис. 8.13 и 8.14 можно использовать для оценки интенсивности движения на пересечении при уровнях обслуживания более высоких, чем уровень E (пропускная способность).

Пересечения с регулированием движения по двум улицам с двусторонним двухполосным движением знаками «Проезд без остановки запрещен». Взаимодействие автомобилей в ситуации, когда перед пересечением двух улиц, в сумме имеющих четыре полосы движения, установлены знаки «Проезд без остановки запрещен», является сложным. Показатель приемлемого промежутка здесь неприемлем, поскольку автомобили в этом случае должны обязательно останавливаться перед выездом на перекресток. При отсутствии движения на одной из пересекающихся улиц можно ожидать, что автомобили с единичной полосы другой улицы будут выезжать на перекресток с интервалом 4 с (900 авт/ч) и с интервалом около 4,5 с при выезде парами (с двух полос) (1600 авт/ч). Если движение имеется на всех участках вблизи пересечения, то медиана интервала между автомобилями, выезжающими на четырехполосное пересечение, образованное двумя двухполосными пригородными улицами с двусторонним движением, по данным наблюдений составляет 7,32 с, а для случая, когда пересекающая улица четырех-

Критические интервалы времени на пересечениях городских улиц по данным непосредственных наблюдений

Характеристика пересечения	Приемлемый промежуток, с
Второстепенная улица пересекает главную улицу с односторонним движением (Англия)	8,0
Движение на второстепенной улице регулируется дорожным знаком «Проезд без остановки запрещен» (Нью-Хейвен)	6,1
Крестообразное четырехстороннее пересечение без регулирования движения (Нью-Хейвен)	2,87
Т-образное нерегулируемое пересечение (Хартфорд)	2,82
На улице шириной 11,7 м с односторонним движением установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен»	4,6
На магистральной улице шириной 10,2 м установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен»	4,7
На улице шириной 12,3 м с двусторонним движением установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен»	5,9
На улице шириной 18,9 м с двусторонним движением установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен»	6,0
У пересечения установлен дорожный знак ограничения скорости	6,2
У пересечения установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен»	6,5
На пересечении установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен» для автомобилей, не выполняющих на перекрестке поворот	5,8
На пересечении установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен» для автомобилей, выполняющих на перекрестке левый поворот	6,2
На пересечении установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен» для автомобилей, выполняющих на перекрестке правый поворот	5,4
Левый поворот транспортных средств осуществляется методом «просачивания» через транспортный поток встречного направления	4,25
Левый поворот транспортных средств осуществляется методом «просачивания» через транспортный поток встречного направления	4,4
Левый поворот осуществляется при старте с места методом «просачивания» через транспортный поток встречного направления	4,6
Пересечение улиц происходит под углом 60°. На пересечении установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен» для автомобилей, выполняющих правый поворот	5,5
Пересечение улиц происходит под углом 60°. На пересечении установлен дорожный знак автомобилей, выполняющих левый поворот	7,0
Т-образное пересечение со знаком «Проезд без остановки запрещен» для автомобилей, выполняющих правый поворот	5,7
Т-образное пересечение, где установлен дорожный знак «Проезд без остановки запрещен» для автомобилей, выполняющих левый поворот	7,2

Характеристика пересечения	Приемлемый промежуток, с
Дорожный знак «Проезд без остановки запрещен» установлен для водителей автомобилей, выполняющих правый поворот на улицу с односторонним движением	4,0
Дорожный знак «Проезд без остановки запрещен» установлен для водителей автомобилей, выполняющих левый поворот на улицу с односторонним движением	5,6

полосная, — 8,08 с. Исходя из этих значений и тенденций к уменьшению медианы интервала между автомобилями, выезжающими на перекресток с главной улицы, когда распределение интенсивности движения между пересекающимися улицами отклоняется от соотношения 50/50, определили пропускную способность пересечения (с учетом всех полос движения перед перекрестком) (табл. 8.19). Пропускная способность, величины которой указаны в табл. 8.19, может быть достигнута только при условии примерного постоянства длины очередей на всех участках вблизи пересечения. Левые повороты не сильно снижают пропускную способность, правые повороты при их высоком относительном количестве повышают пропускную способность.

Регулируемые пересечения. Пропускная способность и интенсивность движения на регулируемых пересечениях зависят от геометрии перекрестка, режима работы средств регулирования и характеристик транспортного потока. Наиболее важными среди них являются: ширина участка перед пересечением, продольный профиль этого участка, наличие (или отсутствие) зон стоянки на этом участке, ширина проезжей части пересечения, ширина проезжей части на выходе из зоны пересечения, радиусы поворотов, продольная разметка в зоне пересечения и длительность фазы зеленого сигнала светофора.

В число характеристик транспортного потока входят: характер распределения движения и состав транспортного потока, прибывающего на пересечение; распределение маневров поворота; наличие (или отсутствие) пешеходов и общие ха-

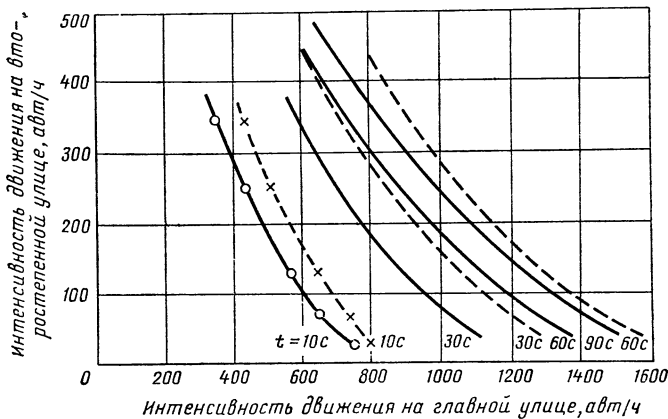


Рис. 8.13. Задержка автомобилей, выезжающих на перекресток с второстепенной улицы после остановки у знака «Проезд без остановки запрещен»:

t — средняя длительность ожидания у знака «Проезд без остановки запрещен».

Сплошная линия соответствует критическому запаздыванию, равном 5,6 с, пунктирная — критическому запаздыванию 4,8 с

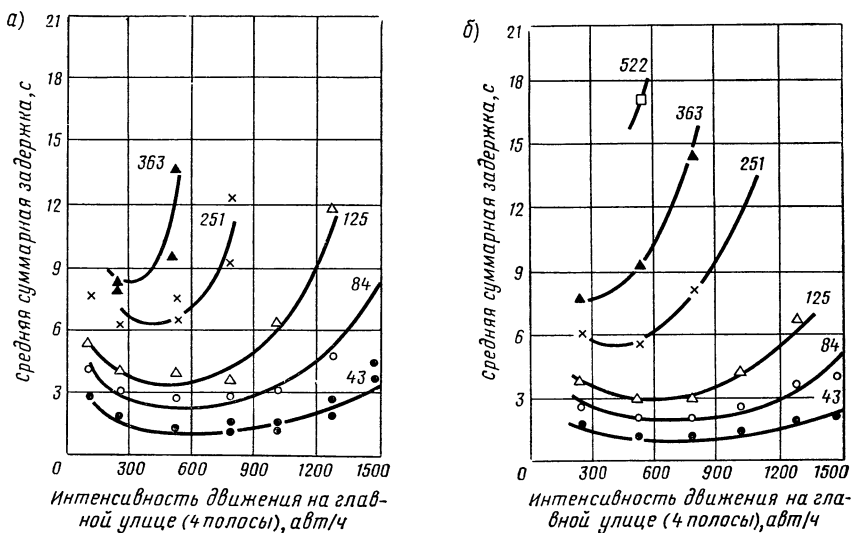


Рис. 814. Средняя суммарная задержка для каждого автомобиля на пересечении, регулируемом дорожным знаком «Проезд без остановок запрещен»: а — критическое запаздывание 5,8 с; б — критическое запаздывание 4,8 с.

Движение по второстепенной улице с двусторонним движением регулируется знаком «Проезд без остановки запрещен». Цифры у кривых означают интенсивность движения (в автомобилях в час) по обоим полосам дороги

рактические характеристики водителей. Эти характеристики соотносятся с величиной и местоположением пересечения в пределах города; поэтому точная количественная их оценка невозможна.

Прибытие автомобилей на пересечение во многом зависит от соотношения циклов регулирования близлежащих светофоров и от режима работы каждого светофора в отдельности.

Для оценки пропускной способности и интенсивности движения на пересечении важно правильно выбрать показатель качества функционирования пересечения. Скорость и плотность движения (или коэффициент загрузки дороги движением) использовать нельзя, поэтому необходимы какие-то другие показатели. Хотя наиболее удовлетворительным показателем, вероятно, является длительность задержки у пересечения, определять ее в условиях движения трудно

Коэффициент загрузки пересечения движением. Наиболее часто для характеристики качества функционирования пересечения используют коэффициент загрузки пересечения движением, который определяется как отношение числа загруженных фаз зеленого сигнала в течение некоторого промежутка времени к общему числу фаз зеленого сигнала в течение того же промежутка времени.

Фаза зеленого сигнала считается загруженной, когда на всех полосах имеются автомобили, готовые выехать на пересечение при появлении зеленого сигнала, когда в течение всей фазы зеленого сигнала на всех полосах имеются автомобили, способные выехать на пересечение без промедления, и нет случаев, когда из-за малой плотности движения между выезжающими на пересечение автомобилями образуются чрезмерно большие интервалы. Коэффициент загрузки пересечения нетрудно определить в полевых условиях; он некоторым образом соотносится с суммарной задержкой у пересечения и (или) задержкой для автомобиля, рассматриваемого изолированно от других. Связь между коэффициентом загрузки пересечения и длительностью задержки, построенная на основе упрощенной модели, показана на рис. 8.15 Пропускная способность расчетной модели пересечения составляла 600 авт/ч, цикл светофора продолжительностью 60 с был разбит на две фазы одинаковой длительности, распределение моментов прибытия автомоби-

Пропускная способность пересечения двух улиц с двухполосным двусторонним движением, регулируемым у перекрестка знаками «Проезд без остановки запрещен»

Распределение транспортных потоков между двумя улицами	Пропускная способность всех полос движения пересечения, авт/ч	Распределение транспортных потоков между двумя улицами	Пропускная способность всех полос движения пересечения, авт/ч
50/50	1900	65/35	1600
55/45	1800	70/30	1550
60/40	1700		

лей к пересечению считали пуассоновым, минимальный интервал между выезжающими на пересечение автомобилями составлял 3 с. Очевидно, что при таких условиях абсолютная величина и уровень отклонений средней длительности задержки для отдельного автомобиля быстро возрастают, когда коэффициент загрузки пересечения становится больше 0,5.

Связь между коэффициентом загрузки пересечения и уровнями обслуживания приведена в табл. 8.20. Поскольку коэффициент загрузки пересечения является новой характеристикой качества обслуживания, еще недостаточно подкрепленной данными наблюдений, следует рассматривать приведенные в табл. 8.20 значения как приблизительные.

Транспортная задержка. Средняя длительность задержки отдельного автомобиля на участках вблизи светофоров с фиксированным циклом может быть определена по формуле

$$d = \left(C f_1 + \frac{f_2}{q} \right) \frac{100 - f_3}{100}, \quad (8.17)$$

где d — средняя длительность задержки отдельного автомобиля на пересечении, с; C — длительность цикла, с;

$$f_1 = \frac{\left(1 - \frac{G}{C} \right)^2}{2 \left(1 - \frac{q}{S} \right)} \quad (\text{табл. 8.21});$$

G — эффективная длительность фазы зеленого сигнала, с; q — интенсивность движения на участке вблизи пересечения, авт/с; S — пропускная способность участка вблизи пересечения, авт/с;

$$f_2 = \frac{x^2}{2(1-x)} \quad (\text{табл. 8.22}); \quad x = \frac{Cq}{GS};$$

$$f_3 = \frac{0,65 (C/q^2)^{1/3} x^{2+5(G/C)}}{Cf_1 + \frac{f_2}{q}} \quad (\text{см. табл. 8.23}).$$

Пропускная способность участка вблизи пересечения характеризует максимальную интенсивность, с которой автомобили выезжают на пересечение с отдельной полосы. Результаты изучения функционирования пересечений показывают, что в определенных идеальных условиях интервал между автомобилями, выезжа-

Связь между коэффициентом загрузки пересечения движением и уровнем обслуживания

Уровень обслуживания	Характеристика потока	Коэффициент загрузки пересечения движением
A	Свободный	0
B	Стабильный	$\leq 0,1$
C	»	$\leq 0,3$
D	Приближающийся в нестабильному состоянию	$\leq 0,7$
E	Нестабильный	$\leq 1,0^*$
F	Находящийся в стесненных условиях	—

* Как правило, значение коэффициента загрузки пересечения движением в этом случае 0,85, если только работа светофоров не организована исключительно эффективно.

ющими непрерывным потоком на пересечение, стабилизируется на уровне 2,1—2,0 с при S равной 0,48—0,50.

Эффективная длительность фазы зеленого сигнала G равна сумме длительности фаз зеленого и желтого сигналов за вычетом потери времени на разгон из очереди и времени проезда через пересечение последнего автомобиля, попавшего в фазу зеленого сигнала. Изучение очередей на пересечениях городских улиц показывает, что время на разгон из очереди составляет в среднем 3,7 с, а время проезда через пересечение последнего автомобиля — 2 с в зависимости от скорости движения автомобиля и геометрии пересечения.

Если исходить из этих значений и цикла светофора 120 с (30 циклов в час) при 50%-ной длительности фазы зеленого сигнала, тогда теоретическая часовая пропускная способность одной полосы на пересечении, оборудованном светофором, в идеальных условиях составит примерно 800 авт/ч [пропускная способность = 30 (G — потери времени) S]. Но такой высокой интенсивности движения должна сопутствовать значительная средняя задержка (свыше 4 мин для отдельного автомобиля). Поэтому более реальной считается пропускная способность 1450 авт/ч (90% теоретического значения).

Значения среднего времени задержки для регулируемого пересечения, определенные по формуле (817), приведены на рис. 8.16. Очевидно, что средняя задержка очень быстро увеличивается, как только объем движения начинает превышать примерно 80% теоретической пропускной способности, кривая асимптотически приближается к вертикали, начиная с 90% теоретической пропускной способности.

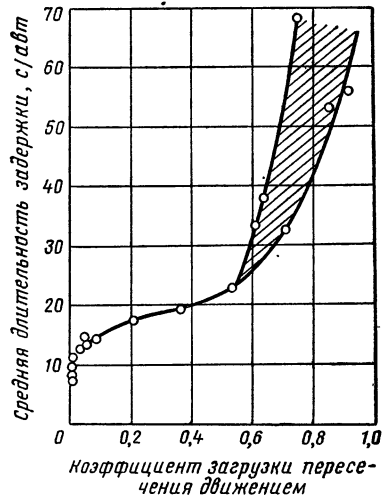


Рис. 8.15. Соотношение между средней длительностью задержки для отдельного автомобиля и коэффициентом загрузки пересечения движением

Таблица 8.21

$$\text{Значения } f_1 = \frac{\left(1 - \frac{G}{C}\right)^2}{2\left(1 - \frac{q}{s}\right)}$$

$\frac{C}{G}$ x	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,8	0,9
0,1	0,409	0,327	0,253	0,219	0,188	0,158	0,132	0,107	0,085	0,066	0,048	0,022	0,005
0,2	0,413	0,333	0,261	0,227	0,196	0,166	0,139	0,114	0,091	0,070	0,052	0,024	0,006
0,3	0,418	0,340	0,269	0,236	0,205	0,175	0,147	0,121	0,098	0,076	0,057	0,026	0,007
0,4	0,422	0,348	0,278	0,246	0,214	0,184	0,156	0,130	0,105	0,083	0,063	0,029	0,008
0,5	0,426	0,356	0,288	0,256	0,225	0,195	0,167	0,140	0,114	0,091	0,069	0,033	0,010
0,55	0,429	0,360	0,293	0,262	0,231	0,201	0,172	0,145	0,119	0,095	0,073	0,036	0,010
0,60	0,431	0,364	0,299	0,267	0,237	0,207	0,179	0,151	0,125	0,100	0,078	0,038	0,011
0,65	0,433	0,368	0,304	0,273	0,243	0,214	0,185	0,158	0,131	0,106	0,083	0,042	0,012
0,70	0,435	0,372	0,310	0,280	0,250	0,221	0,192	0,165	0,138	0,112	0,088	0,045	0,014
0,75	0,438	0,376	0,316	0,286	0,257	0,228	0,200	0,172	0,145	0,120	0,095	0,050	0,015
0,80	0,440	0,381	0,322	0,293	0,265	0,236	0,208	0,181	0,154	0,128	0,102	0,056	0,018
0,85	0,443	0,386	0,329	0,301	0,273	0,245	0,217	0,190	0,163	0,137	0,111	0,063	0,021
0,90	0,445	0,390	0,336	0,308	0,281	0,254	0,227	0,200	0,174	0,148	0,122	0,071	0,026
0,92	0,446	0,392	0,338	0,312	0,285	0,258	0,231	0,205	0,179	0,152	0,126	0,076	0,029
0,94	0,447	0,394	0,341	0,315	0,288	0,262	0,236	0,210	0,183	0,157	0,132	0,081	0,032
0,96	0,448	0,396	0,344	0,318	0,292	0,266	0,240	0,215	0,189	0,163	0,137	0,085	0,037
0,98	0,449	0,398	0,347	0,322	0,296	0,271	0,245	0,220	0,194	0,169	0,143	0,093	0,042

Длина очереди транспортных средств. Еще один показатель качества функционирования регулируемых пересечений — длина образующихся очередей. Среднюю длину очереди можно приблизительно определить как наибольшую из двух величин, получаемых по формулам:

$$n = qR \text{ или} \quad (8.18)$$

$$n = q\left(\frac{R}{2} + d\right), \quad (8.19)$$

Таблица 8.22

$$\text{Значения } f_2 = \frac{x^2}{2(1-x)}$$

x	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1	0,006	0,007	0,008	0,010	0,011	0,013	0,015	0,017	0,020	0,022
0,2	0,025	0,028	0,031	0,034	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,059
0,3	0,064	0,070	0,075	0,081	0,088	0,094	0,101	0,109	0,116	0,125
0,4	0,133	0,142	0,152	0,162	0,173	0,184	0,196	0,208	0,222	0,235
0,5	0,250	0,265	0,282	0,299	0,317	0,336	0,356	0,378	0,400	0,425
0,6	0,450	0,477	0,506	0,536	0,569	0,604	0,641	0,680	0,723	0,768
0,7	0,817	0,869	0,926	0,987	1,05	1,13	1,20	1,29	1,38	1,49
0,8	1,60	1,73	1,87	2,03	2,21	2,41	2,64	2,91	3,23	3,60
0,9	4,05	4,60	5,28	6,18	7,36	9,03	11,5	15,7	24,0	49,0

$$\text{Значения } f_3 = \frac{0,65 \left(\frac{C}{q^2} \right) x^{1/3} 2+5(G/C)}{Cf_1 + \frac{f_2}{q}}$$

x	qC						x	rC					
	$\frac{G}{C}$	2,5	5	10	20	40		$\frac{G}{C}$	2,5	5	10	20	40
0,3	0,2	2	2	1	1	0	0,8	0,2	18	17	13	10	7
	0,4	2	1	1	0	0		0,4	16	15	13	10	8
	0,6	0	0	0	0	0		0,6	15	15	14	12	9
	0,8	0	0	0	0	0		0,8	14	15	17	17	15
0,4	0,2	6	4	3	2	1	0,9	0,2	13	14	13	11	8
	0,4	3	2	2	1	1		0,4	12	13	13	11	9
	0,6	2	2	1	1	0		0,6	12	13	14	14	12
	0,8	2	1	1	1	1		0,8	13	13	16	17	17
0,5	0,2	10	7	5	3	2	0,95	0,2	8	9	9	9	8
	0,4	6	5	4	2	1		0,4	7	9	9	10	9
	0,6	6	4	3	2	2		0,6	7	9	10	11	10
	0,8	3	4	3	3	2		0,8	7	9	10	12	13
0,6	0,2	14	11	8	5	3	0,975	0,2	8	9	10	9	8
	0,4	11	9	7	4	3		0,4	8	9	10	10	9
	0,6	9	8	6	5	3		0,6	8	9	11	12	11
	0,8	7	8	8	7	5		0,8	8	10	12	13	12
0,7	0,2	18	14	11	7	5	0,975	0,2	8	9	10	9	8
	0,4	15	13	10	7	5		0,4	8	9	10	10	9
	0,6	13	12	10	8	6		0,6	8	9	11	12	11
	0,8	11	12	13	12	10		0,8	8	10	12	13	12

где n — средняя длина очереди, автомобилей; q — удельная интенсивность движения на участке вблизи пересечения, авт/с; R — продолжительность горения красного сигнала светофора, с; d — средняя длительность задержки отдельного автомобиля, определенная по формуле (8.17).

Вероятно, более важный показатель — это максимально возможная длина очереди. Его можно оценить по табл. 8.24, в которой приведены значения C , G , q и x , определяемые так же, как для уравнения (8.17).

Избыточные циклы. Показателем качества обслуживания может служить доля P избыточных циклов, где под избыточным понимается цикл, в котором число прибывающих автомобилей превышает пропускную способность. Зависимость доли избыточных циклов от среднего числа автомобилей, прибывающих за цикл, показана на рис. 8.17. Предполагается, что моменты прибытия автомобилей к перекрестку имеют пуассоновское распределение, интенсивность убытия автомобилей составляет 0,5 авт/с, величина задержки — 4 с.

При определении доли избыточных циклов не учитываются автомобили, скопившиеся в очереди в течение предшествующих избыточных циклов. Поэтому вероятность обслуживания автомобиля оказывается завышенной. Рассматриваемая оценка справедлива только при сравнительно высоких уровнях обслуживания.

Соотношение между долей избыточных циклов и уровнями обслуживания показано на рис. 8.18. На рис. 8.19 показана связь между долей избыточных циклов и средней задержкой автомобиля на пересечении.

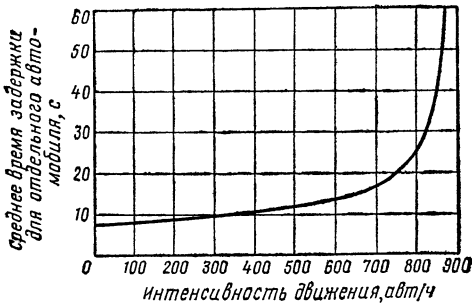


Рис. 8.16. Кривая типичной зависимости между средним временем задержки и интенсивностью движения на регулируемом пересечении при максимальной интенсивности выезда на пересечение с одной полосы 1800 авт/ч, длительности световорного цикла 60 с и эффективной длительности зеленой фазы 30 с

Сейчас нет еще определенной договоренности о том, какой показатель качества функционирования пересечения следует считать основным.

В каждом конкретном случае можно использовать различные показатели. Все методы расчета основаны на гипотезах о том или ином распределении моментов прибытия автомобилей на пересечение, однако такое распределение может и не отражать реальную ситуацию в каждом конкретном случае. Особенно заметно это проявляется в городских условиях, где на функционирование пересечения оказывают влияние близлежащие пересечения и средства регулирования движения.

Факторы, влияющие на пропускную способность пересечения.

Пиковые характеристики. При определении пропускной способности и интенсивности движения принято учитывать изменение интенсивности движения в течение часа. Для такого учета обычно используют коэффициент внутри-часовой неравномерности движения, определяемый на базе 15-минутных интервалов f_s . Этот коэффициент представляет собой отношение фактической часовой интенсивности движения к расчетной, определяемой учетом максимальной

Таблица 8.24

Ориентировочная длина очереди автомобилей в момент появления зеленого сигнала, которая может быть больше не чаще, чем в продолжение 1% времени от зеленых фаз цикла световорного регулирования, м

x	qC					x	qC						
	$\frac{G}{C}$	2,5	5,0	10,0	20,0		40,0	$\frac{G}{C}$	2,5	5,0	10,0	20,0	40,0
0,3	0,4	6	9	14	23	38	0,9	0,2	29	25	29	38	55
	0,6	5	6	11	17	28		0,4	28	24	27	33	46
	0,8	3	5	7	12	17		0,6	27	24	26	28	42
						0,8		27	23	24	25	29	
0,5	0,2	7	9	17	29	53	0,95	0,2	40	36	38	47	65
	0,4	6	9	14	23	38		0,4	40	34	37	44	55
	0,6	5	7	11	17	28		0,6	40	32	30	42	48
	0,8	4	5	7	12	18		0,8	39	32	34	36	40
0,7	0,2	9	12	17	28	50	0,975	0,2	82	70	79	69	93
	0,4	9	9	15	23	38		0,4	83	66	75	65	82
	0,6	8	9	12	18	28		0,6	82	70	69	59	79
	0,8	7	7	8	12	18		0,8	79	65	66	57	79
0,8	0,2	13	15	19	28	50							
	0,4	12	13	17	24	39							
	0,6	12	13	14	20	28							
	0,8	11	12	12	15	18							

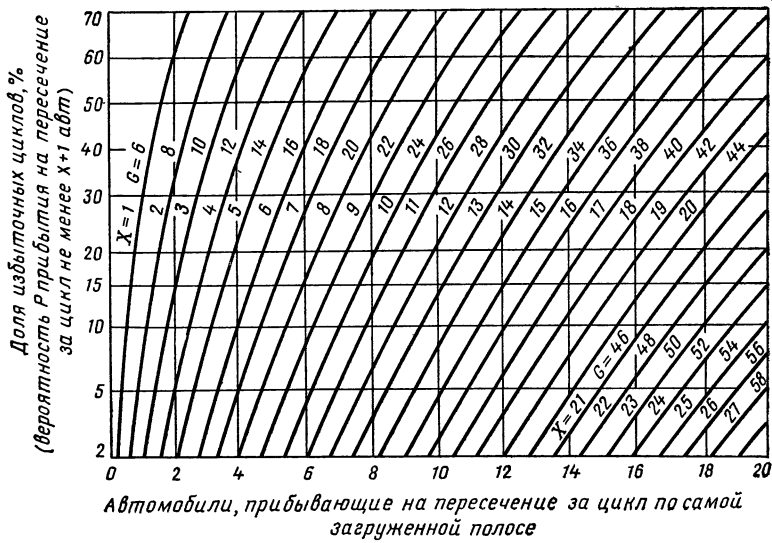


Рис. 8.17. Вероятность превышения числа автомобилей, прибывающих на пересечение (X), над числом автомобилей (G), которые могут проехать за время зеленого сигнала светофора

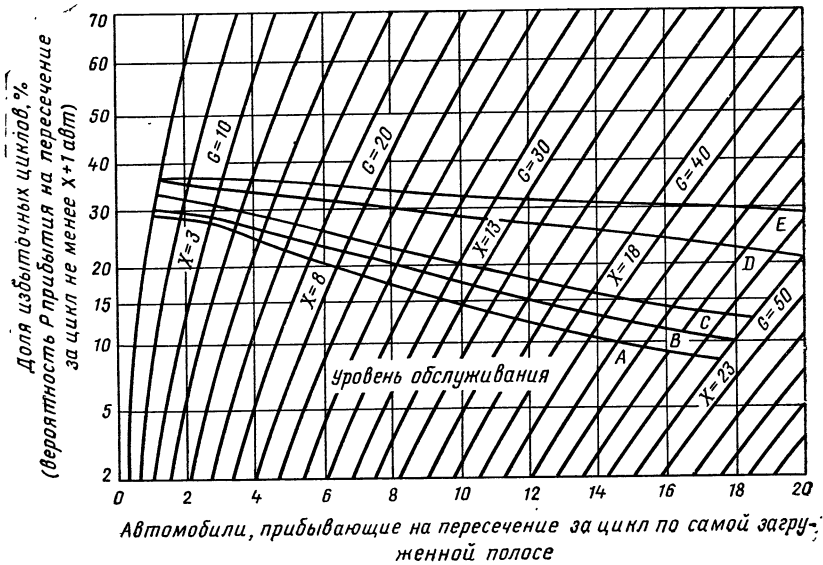


Рис. 8.18. Зависимость между уровнем обслуживания и долей избыточных циклов

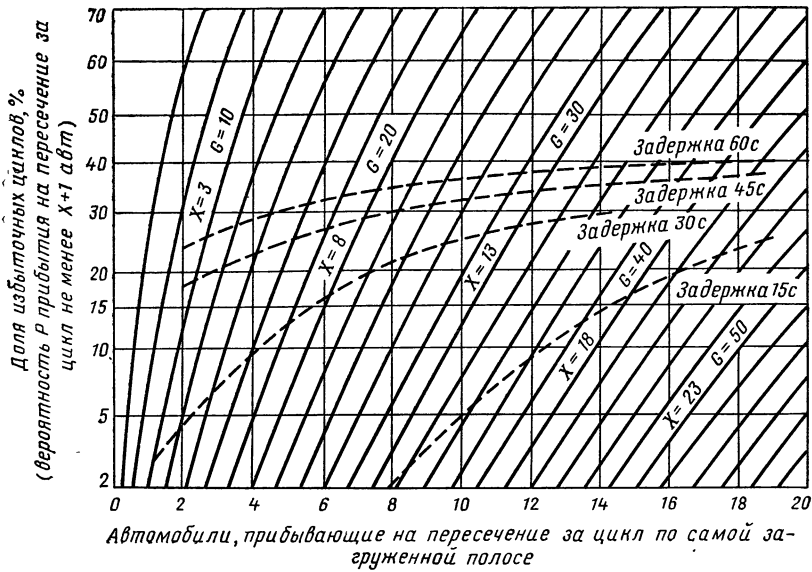


Рис. 8.19. Связь средней задержки на пересечении с долей избыточных циклов

интенсивности движения в один из 15-минутных интервалов. Применение этого коэффициента означает оценку пропускной способности и интенсивности движения скорей для периода пик, чем при фактической часовой интенсивности движения. Установлено, что распределение характеристик движения в такие периоды пик более близко к случайному (и лучше согласовано с теоретическими моделями), чем в случае, когда движение в течение часа соответствует периоду пик.

Р а з м е р ы г о р о д а. По результатам ряда исследований качества функционирования пересечений установлено, что пропускная способность одних и тех же по характеру пересечений в крупных городах выше, чем за городом или в небольших поселениях. Пропускная способность пересечений в городе с населением 1 млн. чел. на 5% выше, чем в городе с населением 500 000 чел., а в последнем — на 5% выше, чем в городе с населением 250 000 чел. Вероятные объяснения этому факту — ускоренный ритм жизни в более крупных городах, привычка к более быстрой езде и больший опыт водителей. Правда, этот факт не является общеобязательным и не все данные исследований подтвердили это наблюдение. Справочник [1] приводит данные по поправочному коэффициенту, позволяющему учесть одновременно численность населения города и коэффициент внутричасовой неравномерности часовой нагрузки.

Расположение пересечения в плане города. На функционирование пересечения может влиять культурная и другая деятельность в зоне нахождения пересечения. В центральной деловой части города пропускная способность пересечения понижена из-за многочисленности пешеходов, посадки и высадки пассажиров, маневров на стоянках автомобилей. Влияние этих факторов менее заметно в удаленных от центра деловых районах; эти факторы практически не имеют значения в пригороде и в жилых районах города. Таким образом, функциональная пропускная способность и интенсивность движения двух внешне одинаковых пересечений могут сильно отличаться. Для инженеров по организации движения справочник рекомендует обобщенные поправочные коэффициенты на уровне 10—25% номинальной пропускной способности (табл. 8.24).

Ширина проезжих частей улиц у пересечения. Определяющей для пропускной способности пересечения является ширина участка перед перекрестком. Этот параметр можно учитывать через число полос движения или

как полную ширину рассматриваемого участка. Нет сомнений в том, что на качество функционирования пересечения влияет также продольная разметка участка перед пересечением. Данные исследования такого влияния приведены на рис. 8 20, где рассмотрено пересечение улиц с двусторонним движением с разрешенными стоянками вблизи перекрестка.

Сравнение английского, американского и австралийского методов учета ширины участков вблизи пересечения показано на рис. 8.21. В Англии при ширине подхода к перекрестку свыше 5,1 м считают, что $s = 160\omega$, где ω — расстояние от края тротуара до разделительной линии или края центрального островка, а под s понимается интенсивность выезда на пересечение в автомобилях в час. Для внепиковых периодов величину s уменьшают на 6%. В США для пересечения улиц с двусторонним движением при отсутствии разрешенных стоянок на подходах к перекрестку, при отсутствии грузовых автомобилей в потоке, а также при отсутствии маневров поворота на перекрестки применительно к удаленной от центра части города с населением 250 000 чел., когда коэффициент внутричасовой неравномерности нагрузки $f = 0,85$, считают, что $s = 125\omega + 185$.

Стоянки автомобилей. Автомобили, стоящие вблизи регулируемого пересечения, уменьшают ширину проезжей части дороги и пропускную способность перекрестка. К этому же приводят маневры въезда в зону стоянки или выезда с места стоянки, которые временно блокируют прилегающую полосу движения.

В Англии считают, что автомобиль, стоящий у тротуара на расстоянии z футов от стоп-линии у перекрестка, уменьшает ширину подхода к пересечению на величину

$$\omega' = 5,5 - \frac{0,9(z - 25)}{G}, \quad (8.20)$$

где ω' — уменьшение ширины подхода к перекрестку, обусловленное стоящим у края тротуара автомобилем; z — расстояние между стоп-линией на перекрестке и автомобилем, стоящим у края тротуара, футы; G — длительность фазы зеленого сигнала, с.

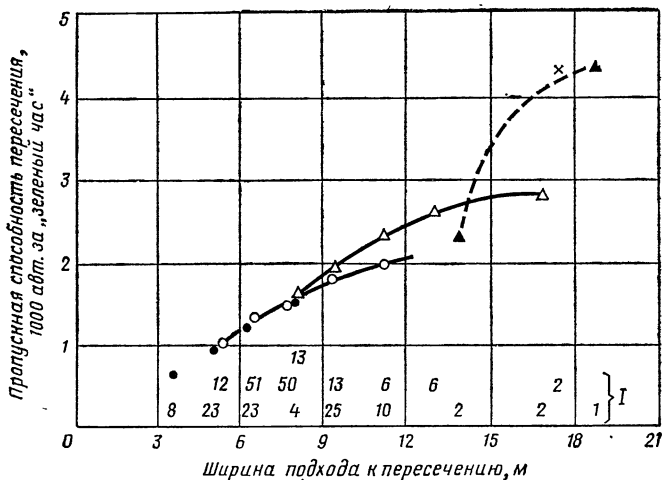


Рис. 8.20. Влияние конфигурации подходов к регулируемому пересечению на эффективность его функционирования при коэффициенте внутричасовой неравномерности движения, равном 0,88, коэффициенте загрузки пересечения движением, равном 0,40, и при населении города 375 000 чел.

I — число исследованных переходов к пересечению. данные по которым отражены на кривых

Число полос движения при подходе к перекрестку: ● — 1; ○ — 2; △ — 3; ▲ — 4; × — 5

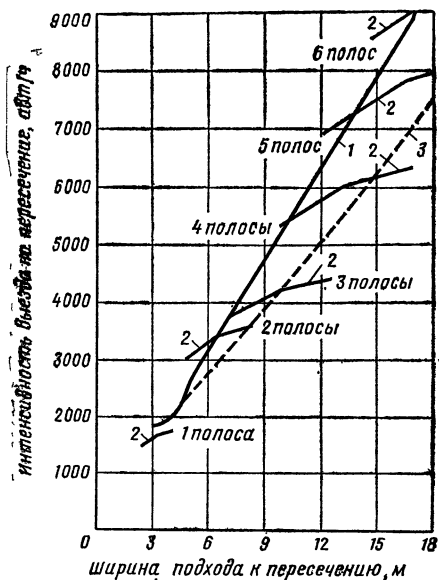


Рис. 8.21. Зависимость между интенсивностью выезда на регулируемое пересечение и шириной подходов к нему:

1 — по данным лаборатории автодорожных исследований (Англия); 2 — по австралийским данным; 3 — по данным «Справочника о пропускной способности автострады»

на участке выезда с перекрестка — снижение пропускной способности на 1 автомобиль на фазу зеленого сигнала, если автомобиль стоит на расстоянии 30 футов (9 м) от стоп-линии.

5. Стоянка разрешена на участке (180 м от перекрестка) выезда с перекрестка, но запрещена на подходе к пересечению, транспортные средства на подходе к пересечению движутся по одной или двум полосам — пропускная способность не снижается.

6. Стоянка разрешена на участке выезда с перекрестка (180 м от перекрестка), но запрещена на подходе к пересечению, транспортные средства на подходе

Если zL 25 футов (7,5 м), то второй член в формуле (8.20) не принимается во внимание и уменьшение ширины подхода к перекрестку берется равным 5,5 футов (1,65 м).

В Австралии, где в расчет принимается пропускная способность полосы, приходится определять таковую для полосы у края тротуара, исходя из следующих правил:

1. Стоянка запрещена, одно- и двухрядное движение — пропускная способность не снижается.

2. Стоянка запрещена, движение по трем и более полосам проезжей части, жесткое наблюдение за соблюдением правил кратковременных остановок транспортных средств на подходе к пересечению — пропускная способность полосы у края тротуара снижается на 0,6 автомобиля на фазу зеленого сигнала.

3. Стоянка разрешена, движение по трем и более полосам — снижение пропускной способности на 0,4 автомобиля на фазу зеленого сигнала.

4. Стоянка разрешена на подходе к пересечению, но запрещена

Таблица 8.25

Примерные значения поправочных коэффициентов, отражающих влияние местоположения пересечения на его пропускную способность и интенсивность движения

Местоположение пересечения	Одностороннее движение		Двустороннее движение	
	Стоянка разрешена	Стоянка запрещена	Стоянка разрешена	Стоянка запрещена
Центральная деловая часть города	1,00	1,10	1,25	1,25
Изолированная центральная деловая часть города	1,00	1,10	1,25	1,25
Удаленный деловой район	1,15	1,10	1,25	1,25
Жилой район	1,25	1,20	1,25	1,25

к пересечению движутся по трем или более полосам — снижение пропускной способности на 1,5 автомобиля на фазу зеленого сигнала.

На рис. 8.22 приведены кривые, построенные в соответствии с применяемым в США методом и отражающие влияние на пропускную способность перекрестка автомобилей, поставленных на стоянку недалеко от пересечения. Анализ этих кривых показывает, что стоящие на участках вблизи пересечения автомобили уменьшают эквивалентную ширину проезжей части на 1,8—2,4 м на относительно узких улицах и вплоть до 4,5 м на широких подходах к пересечению.

Одностороннее движение. Основной смысл организации одностороннего движения — предотвращение при выполнении левых поворотов (в Англии и Австралии — правых) взаимодействия с потоком противоположного направления. Однако на подходе к пересечению с односторонним движением полосы, с которых выполняются левый и правый повороты, являются ближайшими к краю тротуара и потому подвержены отрицательному воздействию пешеходов и стоящих автомобилей.

В Англии одностороннее движение транспортных средств принято рассматривать как обеспечивающее «бесконфликтное» выполнение поворотов; таким образом, даже полосы, с которых выполняются повороты, становятся здесь полосами сквозного движения.

Точно так же рассматривают одностороннее движение в отношении выполнения поворотов в Австралии, но снижение пропускной способности полосы, ближайшей к тротуару, учитывается в соответствии с вышеописанным методом и распространяется на обе крайние полосы.

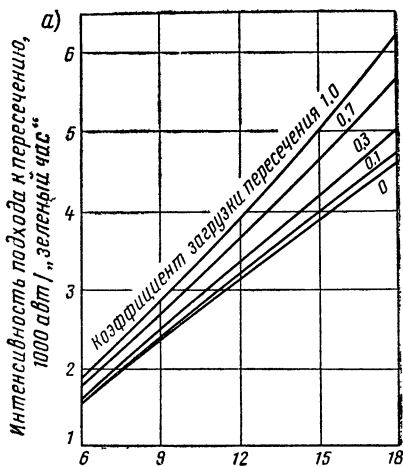
В США функционирование дороги при одностороннем и двустороннем движении рассматривается раздельно. При одностороннем движении влияние автомобилей, выполняющих левый поворот, на пропускную способность дороги считают вдвое меньшим по сравнению с влиянием автомобилей, выполняющих повороты на дорогах с двусторонним движением (добавляются правые повороты). Показано, что при одностороннем движении транспортных средств увеличение пропускной способности пересечения, обусловленное запрещением стоянки автомобилей со второй (как правило, левой) стороны подхода к пересечению, в полноту меньше увеличения пропускной способности, обусловленного запрещением стоянки с одной («первой») стороны подхода к пересечению.

Правые повороты. Автомобили, выполняющие правый поворот, оказывают некоторое влияние на пропускную способность пересечения, поскольку, как правило, из-за малого радиуса поворота водителям приходится довольно значительно снижать скорость по сравнению с фактической на остальных полосах движения. Кроме того, присутствие пешеходов на перекрестке влияет на интервалы между автомобилями и затрудняет выполнение маневра поворота. Учет этого влияния выражается в выборе значения интенсивности выезда на перекресток; при этом автомобили, выполняющие поворот без негативного взаимодействия с основным потоком, рассматриваются как транзитные.

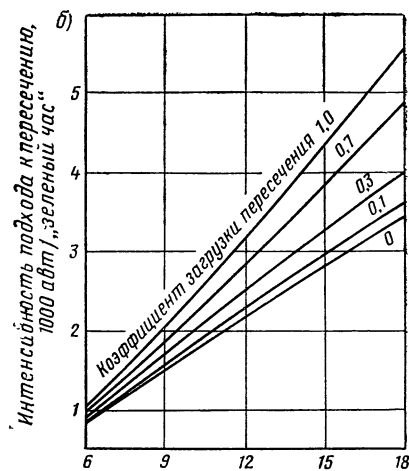
В Австралии для легковых автомобилей, выполняющих «бесконфликтный», поворот, принят поправочный коэффициент, равный 1,25 транзитных легковых автомобилей, а для грузовых автомобилей равный 2,40 транзитных легковых автомобилей.

В США увеличение или уменьшение пропускной способности и интенсивности движения при доле автомобилей, выполняющих поворот, равной 10% интенсивности движения, составляет для двухполосных подходов к пересечению (шириной 4,8—7,2 м) от 0,5 до 30% числа автомобилей, выполняющих правый поворот. Если число полос более трех (ширина подхода к пересечению 10,2—11,7 м), то никакой поправки не вносят. Поправочные коэффициенты, позволяющие учесть влияние правых поворотов на пропускную способность пересечения, приведены в табл. 8.25 [1]. Если для поворота выделена специальная полоса или циклом светофора предусмотрена для выполнения поворота специальная фаза, расчеты выполняются по специальной методике.

Левые повороты. Если для выполнения левого поворота не предусмотрено ни специальной полосы, ни особой фазы в цикле светофора, то поворачивающие влево автомобили должны ждать появления в транспортном потоке приемлемых промежутков, т. е. терять время и задерживать автомобили, движущиеся за ними по той же полосе.



Ширина подхода к пересечению, м



В Англии для пригородных пересечений при интенсивности выезда автомобилей на перекресток, равной 160 легковых автомобилей за час зеленого сигнала светофора на 0,3 м ширины подхода к пересечению (при ширине подхода свыше 5,1 м) принято считать 1 автомобиль, выполняющий «конфликтный» левый поворот, эквивалентным 1,75 автомобиля, проезжающего перекресток без поворота. Для деловой части Лондона интенсивность выезда на пересечение, работа которого характеризуется наличием в потоке 10% автомобилей, выполняющих «конфликтные» повороты, считается равной 115 автомобилям за час зеленого сигнала светофора на 0,3 м ширины подхода к пересечению. Считается также, что каждый процент сверху или менее 10% обуславливает изменение интенсивности выезда на пересечение на $\pm 0,6\%$ при максимальном уменьшении этого показателя до 18%.

В Австралии влияние «конфликтных» поворотов учитывают следующей формулой:

$$E = \frac{1,5}{j_G \frac{\sigma G - qC}{(\sigma - q)} + \frac{4,5}{G}}, \quad (8.21)$$

где E — эквивалентное число автомобилей, проезжающих перекресток без поворота, отражающее снижение интенсивности выезда на перекресток по причине «конфликтных» поворотов (в Австралии правых); j_G — функция потока встречного направления, равная 1 при малой интенсивности движения и равная 0,45 при интенсивности движения — 800 авт/ч; σ — интенсивность выезда на пересечение потока встречного направления, авт/с; q — интенсивность движения во встречном направлении, авт/с; C — длительность цикла светофора, с; G — длительность эффективной фазы зеленого сигнала, с.

В Австралии принято учитывать автомобили, выполняющие «конфликтные» повороты, коэффициентом 2,9 (для легковых автомобилей) и 3,9 (для грузовых автомобилей).

В практике США поправочный коэффициент, отражающий влияние автомобилей, выполняющих левый поворот, на пропускную способность и интенсивность движения при средней ширине подхода к пересечению от 4,8 до 10,2 м, составляет 1—20% в зависимости от числа левых поворотов. В качестве номинального принято значение 10%, а величина поправочного коэффициента изменяется в за-

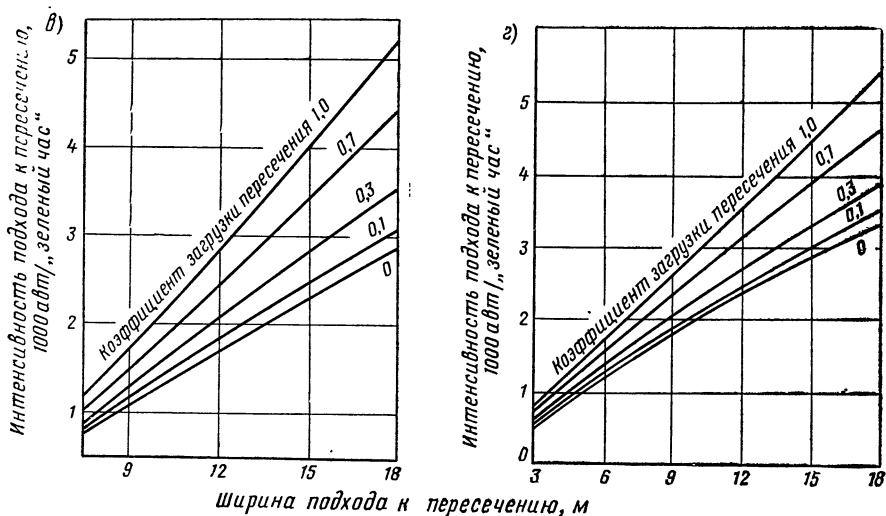
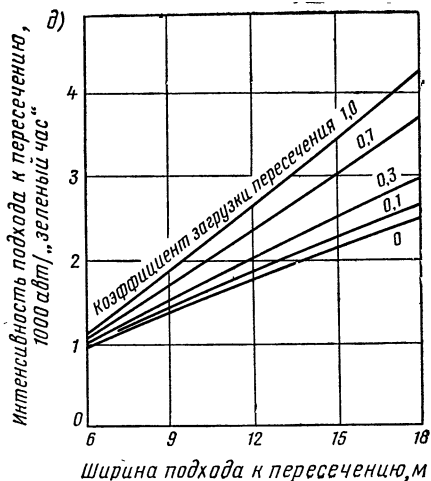


Рис. 8.22. Интенсивность движения на подходах к пересечению, выраженная числом автомобилей за «зеленый час»:
а — для улиц с односторонним движением, на которых стоянка запрещена; *б* — для улиц с односторонним движением, на которых разрешена стоянка с одной стороны; *в* — для улиц с односторонним движением, на которых разрешена стоянка с обеих сторон; *г* — для улиц с двусторонним движением, на которых стоянка запрещена, *д* — для улиц с двусторонним движением, на которых разрешена стоянка
 Исходные данные: правые повороты — 10%; левые повороты — 10%; грузовые автомобили и транзитные автобусы — 5%; автобусы линий местного сообщения — отсутствуют



висимости от ширины подхода к пересечению. Значения поправочных коэффициентов приведены в табл. 8.27.

Следует отметить, что в методике США не учитывается непосредственный эффект увеличения задержки для выполняющих поворот автомобилей при возрастании интенсивности движения во встречном направлении; этот эффект на самом деле выражается поправкой (в процентах) к общей пропускной способности пересечения. Таким образом, с увеличением интенсивности движения на пересечении происходит снижение фиксированной процентной доли автомобилей, выполняющий левый поворот.

Влияние движения встречного направления при условиях, что доля автомобилей, выполняющих левый поворот, составляет 10%, а перекресток образован улицами с двусторонним движением, на которых стоянка запрещена, отражено в табл. 8.28.

**Поправочные коэффициенты, отражающие влияние правого поворота
(и левого на улицах с односторонним движением)
на пропускную способность пересечения**

Доля автомобилей, выполняющих маневр поворота от интенсивности движения, %	Стоянка запрещена ¹			Стоянка разрешена ²		
	Ширина подхода к пересечению, м					
	≤4,65	4,96—7,42	7,79—10,52	≤6,2	6,5—8,98	9,3—12,1
0	1,20	1,050	1,025	1,20	1,050	1,025
1	1,18	1,045	1,020	1,18	1,045	1,020
2	1,16	1,040	1,020	1,16	1,040	1,020
3	1,14	1,035	1,015	1,14	1,035	1,015
4	1,12	1,030	1,015	1,12	1,030	1,015
5	1,10	1,025	1,010	1,10	1,025	1,010
6	1,08	1,020	1,010	1,08	1,020	1,010
7	1,06	1,015	1,005	1,06	1,015	1,005
8	1,04	1,010	1,005	1,04	1,010	1,005
9	1,02	1,005	1,000	1,02	1,005	1,000
10	1,00	1,000	1,000	1,00	1,000	1,000
11	0,99	0,995	1,000	0,99	0,995	1,000
12	0,98	0,990	0,995	0,98	0,990	0,995
13	0,97	0,985	0,995	0,97	0,985	0,995
14	0,96	0,980	0,990	0,96	0,980	0,990
15	0,95	0,975	0,990	0,95	0,975	0,990
16	0,94	0,970	0,985	0,94	0,970	0,985
18	0,93	0,965	0,985	0,93	0,965	0,985
17	0,92	0,960	0,980	0,92	0,960	0,980
19	0,91	0,955	0,980	0,91	0,955	0,980
20	0,90	0,950	0,975	0,90	0,950	0,975
22	0,89	0,940	0,980	0,89	0,940	0,980
24	0,88	0,930	0,985	0,88	0,930	0,985
26	0,87	0,920	0,990	0,87	0,920	0,990
28	0,86	0,910	0,995	0,86	0,910	0,995
30	0,85	0,900	1,000	0,85	0,900	1,000

¹ Если ширина подхода к пересечению составляет 10,5 м или более, то никакой поправки не требуется, т. е. следует использовать поправочный коэффициент 1,000.

² Если ширина подхода к пересечению составляет 12 м или более, то никакой поправки не требуется, т. е. следует использовать поправочный коэффициент 1,000.

Поправочные коэффициенты, отражающие влияние левого поворота на пересечениях улиц с двусторонним движением

Доля автомобилей, выполняющих маневр от интенсивности движения, %	Стоянка запрещена			Стоянка разрешена		
	Ширина подхода к пересечению, м					
	≤4,65	4,65—10,52	≥10,82	≤6,2	6,5—12,1	≥12,4
0	1,30	1,10	1,050	1,30	1,10	1,050
1	1,27	1,09	1,045	1,27	1,09	1,045
2	1,24	1,08	1,040	1,24	1,08	1,040
3	1,21	1,07	1,035	1,21	1,07	1,035
4	1,18	1,06	1,030	1,18	1,06	1,030
5	1,15	1,05	1,025	1,15	1,05	1,025
6	1,12	1,04	1,020	1,12	1,04	1,020
7	1,09	1,03	1,015	1,09	1,03	1,015
8	1,06	1,02	1,010	1,06	1,02	1,010
9	1,03	1,01	1,005	1,03	1,01	1,005
10	1,00	1,00	1,000	1,00	1,00	1,000
11	0,98	0,99	0,995	0,98	0,99	0,995
12	0,96	0,98	0,990	0,96	0,98	0,990
13	0,94	0,97	0,985	0,94	0,97	0,985
14	0,92	0,96	0,980	0,92	0,96	0,980
15	0,90	0,95	0,975	0,90	0,95	0,975
16	0,89	0,94	0,970	0,89	0,94	0,970
17	0,88	0,93	0,965	0,88	0,93	0,965
18	0,87	0,92	0,960	0,87	0,92	0,960
19	0,86	0,91	0,955	0,86	0,91	0,955
20	0,85	0,90	0,950	0,85	0,90	0,950
22	0,84	0,89	0,940	0,84	0,89	0,940
24	0,83	0,88	0,930	0,83	0,88	0,900
26	0,82	0,87	0,920	0,82	0,87	0,920
28	0,81	0,86	0,910	0,81	0,86	0,910
30	0,80	0,85	0,900	0,80	0,85	0,900

Грузовые автомобили. Крупногабаритные грузовые автомобили, характеризующиеся пониженной способностью к разгону и ускорению, транзитные автобусы и другие автомобили неиндивидуального пользования в транспортном потоке снижают пропускную способность регулируемых пересечений.

В Англии пользуются методом эквивалентного пересчета смешанного транспортного потока на легковые автомобили, применяя для этого следующие коэффициенты:

Автомобиль неиндивидуального пользования большой или средней грузоподъемности	1 ³ / ₄ легкового автомобиля
Автобус	2 ¹ / ₄ легкового автомобиля
Трамвай	2 ¹ / ₂ легкового автомобиля
Автомобиль неиндивидуального пользования малой грузоподъемности	1 легковой автомобиль

Влияние интенсивности выезда на перекресток и интенсивности движения во встречном направлении на пропускную способность пересечения

Число полос движения	Суммарная интенсивность выезда (с обеих сторон) на перекресток, число автомобилей за час зеленого сигнала	Интенсивность движения во встречном направлении, число автомобилей за час зеленого сигнала	E	Интенсивность движения на подходе к пересечению при коэффициенте загрузки 1, число автомобилей за час зеленого сигнала		Коэффициент, отражающий снижение пропускной способности подхода к пересечению при 10 % левых поворотов	
				суммарная	на полосе левого поворота	по данным Австралии	по данным США

При малой интенсивности движения во встречном направлении

1	1800	200	1,7	1,682	168	0,93	0,77
2	3600	400	2,1	3243	324	0,90	0,91
3	5400	600	2,4	4736	474	0,88	0,95

При большой интенсивности движения во встречном направлении

1	1800	400	2,3	1593	159	0,89	0,77
2	3600	800	3,2	2970	297	0,83	0,91
3	5400	1200	4,1	4125	413	0,76	0,95

В Австралии подход аналогичен. Соответствующие коэффициенты эквивалентного пересчета на легковые автомобили таковы:

Транзитный грузовой автомобиль	1,85 легкового автомобиля
Грузовой автомобиль, выполняющий «бесконфликтный» поворот	2,4 легкового автомобиля
Грузовой автомобиль, выполняющий «конфликтный» поворот	3,9 легкового автомобиля

В США принято использовать коэффициент, отражающий уменьшение или увеличение пропускной способности и интенсивности движения, который составляет 1% на каждый процент грузовых автомобилей и транзитных автобусов в транспортном потоке на подходе к пересечению. Эти данные получены в ходе непосредственных наблюдений.

В табл. 8.29 приведены поправочные коэффициенты, отражающие влияние грузовых автомобилей на функционирование пересечения.

Автобусные остановки. Влияние остановок транзитных автобусов в зоне регулируемого пересечения является весьма сложным и зависит от: интервалов движения автобусов, частоты и длительности остановок; наличия специальной полосы, которую могут использовать автомобили, выполняющие правый поворот, когда автобуса на остановке нет; размеров и местоположения остановки по отношению к пересечению. Количественно оценить влияние автобусных остановок на пропускную способность пересечения весьма трудно.

В справочной литературе имеются номограммы, по которым можно определить поправочные коэффициенты. Они представляют собой логические допущения, основанные на ограниченных фактических данных. В самом простом случае, когда автобусная остановка расположена у края тротуара на двухполосном подходе к пересечению, где стоянка автомобилей запрещена, поправочный коэффициент, отражающий снижение пропускной способности пересечения, составляет 0,4% на один автобус в час.

Цикл светофорного регулирования. Пропускная способность подхода к регулируемому пересечению определяется длительностью фазы зеленого сигнала. Длительность фазы зеленого сигнала в течение часа зависит от длительности цикла светофора и длительности фазы зеленого сигнала в пределах цикла.

В Англии и в Австралии учитывают оба эти фактора. В США принято исходить из соотношения G/C , считая, что длительность цикла светофора должна обеспечивать наиболее эффективное функционирование пересечения. Однако на практике часто длину цикла светофорного регулирования устанавливают без учета этого важного фактора.

При пользовании различными рассмотренными в данной главе методами и сравнении их важно помнить, что эффективную длительность фазы зеленого сигнала в разных странах определяют по-разному. В Англии и Австралии эффективная длительность фазы зеленого сигнала — это длительность фазы зеленого сигнала плюс интервалы между сигналами при их смене минус потери времени в начале и конце каждой фазы зеленого сигнала. В США при определении отношения G/C в качестве G используют фактическую длительность фазы зеленого сигнала за вычетом интервала между сигналами при их смене, хотя в течение этого интервала по известным данным некоторые автомобили продолжают движение. Получаемые значения длительности фазы зеленого сигнала близки по величине, но ни в коем случае не одинаковы.

Расчетные значения пропускной способности и интенсивности движения за час зеленого сигнала следует уменьшить до фактических величин, умножив расчетные на отношение G/C .

Уклоны. Спуск на подходе к регулируемому пересечению увеличивает, а подъем уменьшает пропускную способность подхода к пересечению. По английским данным каждый процент крутизны уклона в диапазоне от минус 5 до плюс 10% обуславливает изменение пропускной способности пересечения на 1%.

Номограммы для определения оптимальных интенсивностей движения. На рис 8.22—8.26 приведены данные по интенсивности движения и поправочным коэффициентам, обычно используемым в практике США. Кривые построены с учетом: коэффициента внутрисуточной неравномерности нагрузки; населения города; коэффициента, отражающего местонахождение пересечения в пределах города; доли автомобилей, выполняющих повороты, и доли грузовых автомобилей в потоке. Выбор коэффициентов загрузки пересечения сделан в соответствии с желательными уровнями удобства движения (см. табл. 8.19).

Таблица 8.29

Поправочные коэффициенты, отражающие влияние грузовых автомобилей и транзитных автобусов на функционирование пересечения

Доля грузовых автомобилей и транзитных автобусов в потоке на подходе к пересечению, %	Поправочный коэффициент	Доля грузовых автомобилей и транзитных автобусов в потоке на подходе к пересечению, %	Поправочный коэффициент	Доля грузовых автомобилей и транзитных автобусов в потоке на подходе к пересечению, %	Поправочный коэффициент
0	1,05	8	0,97	15	0,90
1	1,04	9	0,96	16	0,89
2	1,03	10	0,95	17	0,88
3	1,02	11	0,94	18	0,87
4	1,01	12	0,93	19	0,86
5	1,00	13	0,92	20	0,85
6	0,99	14	0,91		
7	0,98				

Глава 9

АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

ИЗУЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Анализ дорожно-транспортных происшествий (ДТП) или их изучение можно разделить на две основные категории: детальное изучение отдельных ДТП; изучение групп ДТП, случившихся в отдельных местах дорожной сети или в местах с одинаковыми условиями.

Изучение ДТП и, в частности, анализ отдельных видов ДТП как источник получения информации об аварийности рассматривается в гл. 10. Здесь достаточно указать на пять различных уровней анализа ДТП:

1. Отчеты о ДТП. Идентификация и точное описание места ДТП, типа автомобилей, которые были вовлечены в ДТП; описание повреждений автомобилей и травм людей; установление причин ДТП; точное определение направления движения до ДТП и траектории каждого из участвующих в ДТП транспортных средств после столкновения. Информация о ДТП может быть собрана полицейской службой или водителями.

Отчетные данные о ДТП являются источником информации, используемой при организации дорожного движения.

2. Сбор дополнительных данных для отдельных ДТП. Измерения, фотографирование места происшествия, сбор неофициальных заявлений.

3. Подготовка технических данных. Проверка и испытания дороги и транспортных средств, составление схемы послеаварийного расположения транспортных средств на дороге.

4. Профессиональное воссоздание условий, приведших к ДТП. Заключение о характере ДТП; окончательные выводы.

5. Анализ причин ДТП.

Инженеры по организации дорожного движения могут участвовать в работе на 3, 4 и 5-м уровнях анализа ДТП, но редко участвуют на 1-м и 2-м уровнях, которые в основном входят в функции полицейской службы.

На всех уровнях, за исключением 1-го, анализ ДТП проводится с акцентом на выяснение обстоятельств, приведших к ДТП (причин ДТП), деталей ДТП (как были получены травмы и повреждения), послеаварийной ситуации (которая может усилить или, наоборот, снизить тяжесть травм и повреждений), или комбинации любых из этих обстоятельств.

Специалист в области организации дорожного движения может заниматься анализом отдельных ДТП с большей или меньшей степенью проникновения в сущность различных вопросов для лучшего понимания влияния зависимости факторов дорога — автомобиль — водитель на ДТП или в связи с судебным процессом по делу о ДТП, в котором инженер обычно выступает в роли технического эксперта.

Воссоздание условий, при которых произошло ДТП (4-й уровень анализа ДТП), включает получение окончательных выводов о скоростях движения, положении на дороге автомобилей и мерах, принятых участниками дорожного движения для избежания ДТП. Результатом этой работы могут являться диаграммы скоростей и ускорений, диаграммы временных интервалов или другие технические документы.

Если данных измерений недостаточно, используют фотографический материал. При воссоздании условий ДТП можно использовать метод фотограмметрии с последующим получением схемы ДТП.

Существенным моментом при воссоздании условий ДТП является способность распознавать различные виды отпечатков шин на дорожном покрытии (например, тормозной след, след от поворота, ускорения и столкновения). Могут быть также выяснены некоторые аспекты, связанные с повреждением автомобиля при ДТП: площадь контактного повреждения, площадь статического и динамического контакта между столкнувшимися автомобилями и направление действия ударной нагрузки.

Применение методов механики при анализе ДТП. Наиболее часто при анализе ДТП используются три положения динамики:

- 1) падение тел, имеющих горизонтальную составляющую скорости;
- 2) замедление движущихся тел при скольжении в результате рассеивания энергии на трение;
- 3) действие центробежной силы при движении на кривых.

Первое положение используется при расчете скоростей перемещения автомобилей, падающих с насыпи, определении мест, куда попадает грязь из-под кузова автомобиля, и вычисления скоростей перемещения гранулированных грузов или осколков стекла после ДТП.

При падении автомобиля или его отрыве от дороги с последующим приземлением на колеса скорость автомобиля в момент отрыва от земли определяется по формуле

$$v = \frac{k_1 s}{\sqrt{s^2 - h}}, \quad (9.1)$$

где k_1 — коэффициент, равный 7,97 при измерении скорости в километрах в час или 2,21 — в метрах в секунду; s — расстояние (путь) пробуксовывания, м; h — высота или разность уровней («+» если наклон вверх и «-» если наклон вниз), м; n — продольный уклон или тангенс угла наклона дороги к горизонтальной плоскости (в формуле продольный уклон нельзя выражать в процентах или градусах), в метрах на метр. Если движение происходит на подъеме, то в формуле ставится знак «+», если под уклон, то «-».

Когда автомобиль ударяется о тротуар или въезжает колесами в глубокую колею с последующим переворачиванием, минимальная скорость, предшествующая такому ДТП, может быть определена по формуле

$$v = k_2 (s + h), \quad (9.2)$$

где k_2 — коэффициент, равный 11,3 при измерении скорости в километрах в час или 3,13 — в метрах в секунду.

Закономерности рассеивания энергии на трение при скольжении служат основой для расчетов по определению скорости движения, лобового сопротивления и расстояния, проходимого автомобилем до полной остановки:

$$v = k_3 \sqrt{sf}, \quad (9.3)$$

где k_3 — коэффициент, равный 15,09 при измерениях скорости в километрах в час или 4,43 — в метрах в секунду; f — фактор замедления или ускорения, определяемый делением значения ускорения, или замедления на ускорение силы тяжести $g = 9,81 \text{ м/с}^2$. Фактор замедления равен коэффициенту трения тела при скольжении плюс или минус значение продольного уклона n .

Критическая скорость движения по кривой, т. е. скорость, при которой центробежная сила становится равной тяговому усилию на колесах и автомобиль начинает пробуксовывать или его заносит (эта скорость не соответствует значению конструктивной скорости), может быть определена с использованием формулы (9.3), если в нее подставить вместо значения расстояния пробуксовывания s величину, равную половине радиуса кривой $r/2$. В этом случае f представляет собой сумму коэффициента трения и величины подъема виража дороги на кривой. Если траекторию криволинейного движения центра массы автомобиля при заносе можно определить по следу шин, формула будет давать возможность приближенного вычисления его скорости.

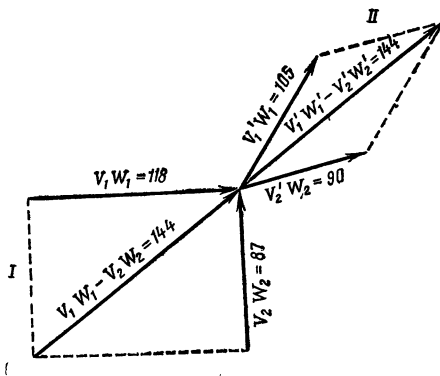


Рис. 9.1. Графическое определение изменения количества движения двух автомобилей при их столкновении под углом:

I — перед столкновением $V_1 W_1 = 118$; $V_2 W_2 = 87$; $V_1 = 118/3,5 = 33,7$; $V_2 = 87/2,0 = 43,5$; *II* — после столкновения. $V_1' W_1' = 105$; $V_2' W_2' = 90$; $V_1' = 105/3,5 = 30$; $V_2' = 90/2,0 = 45$; $W_1 = 3,5 \times 10^3$; $W_2 = 2,0 \times 10^3$; $V_1' W_1' = 10$; $V_2' W_2' = 90$

Уравнения для определения скорости требуют введения в них фактора сопротивления движению, основанного на значении коэффициента трения. Лучшим способом определения коэффициента трения является замер тормозного пути на специальных испытательных салазках при известной скорости движения и решения уравнения (9.3) относительно f . Для приближенных расчетов можно принять значение коэффициента трения при движении автомобиля на сухом, гладком, чистом, горизонтальном участке дороги с покрытием из асфальтобетона, равным 0,7 для скоростей менее 48 км/ч и 0,6 для более высоких скоростей движения. Это же дорожное покрытие в дождливую погоду имеет коэффициент трения около 0,6 при скоростях движения менее 48 км/ч и 0,55 при движении с более высокими скоростями.

Комбинированные способы определения скорости. Большинство ДТП

случается до того момента, как автомобиль с заблокированными колесами полностью остановится. В таких случаях скорость в начальный момент скольжения (заноса) может быть определена из уравнения:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}, \quad (9.4)$$

где v_1 — скорость, определяемая по формуле (9.3); v_2 — скорость на момент окончания скольжения.

Например, предположим, что автомобиль скользит на пути, равном 15 м при коэффициенте лобового сопротивления 0,7. Скорость автомобиля до остановки при скольжении, определяемая по формуле (9.3), будет равна 52 км/ч. Затем предположим, что вместо остановки в конце скольжения автомобиль падает в канаву при скорости движения в начальный момент падения 56 км/ч, рассчитанной по формуле (9.1). Тогда скорость автомобиля в начальный момент скольжения колес будет равна:

$$v = \sqrt{52^2 + 56^2} = 76 \text{ км/ч.}$$

Скорости при столкновении. Концепция сохранения количества движения используется при вычислении изменений скорости при ДТП. Количество движения представляет собой произведение массы тела на его скорость. Подобно скорости количество движения может быть представлено вектором. Суммарные значения количества движения двух соударяющихся автомобилей как до, так и после ДТП равны (но кинетическая энергия теряется на деформацию поврежденных при ДТП автомобилей).

Общее уравнение для этих случаев имеет вид

$$W_1 v_1 + W_2 v_2 = W_1 v_1' + W_2 v_2', \quad (9.5)$$

где W — масса тела, кг; v — скорость, км/ч. Индексы (при значениях массы и скорости) соответствуют первому и второму автомобилям, участвующим в столкновении, а штрихи — скоростям движения этих автомобилей после столкновения.

В этом уравнении опущен коэффициент упругости, который в большинстве случаев столкновений автомобилей очень мал. По этой и другим причинам урав-

нение (9.5) дает только общее, хотя часто и достаточное представление об изменениях скоростей движения автомобилей при столкновении. Это уравнение в большинстве случаев легко решается графически, как показано на рис. 9.1.

В этой диаграмме длина каждого вектора соответствует количеству движения (произведению скорости на массу), а его направление — направлению движения тела. Тогда, если скорости тел и направления их перемещения после столкновения и векторы скоростей перед столкновением известны, значения количества движения и, следовательно, скорость перед столкновением могут быть определены весьма приближенно.

АНАЛИЗ ДТП В ОТДЕЛЬНЫХ МЕСТАХ ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Инженерное исследование совокупности ДТП в противовес изучению отдельных ДТП обычно направлено на те из них, которые случились на определенном месте или ряде мест, имеющих схожие характеристики. Целью таких исследований является нахождение путей предотвращения определенных видов ДТП на изученных местах. Анализ ДТП в отдельных местах дорожной сети является частью тех мероприятий, которые известны под названием «Увеличение безопасности движения в местах сосредоточения ДТП». Изучение мест дорожной сети с аналогичными характеристиками служит для оценки влияния отдельных конструктивных особенностей дорог и характера их использования на безопасность движения.

Наиболее эффективны (особенно для больших дорожных сетей) систематические исследования, оценка и наблюдения за местами с большим риском совершения ДТП.

Это необходимо для лучшего использования средств, предназначенных для увеличения безопасности дорожного движения.

Мероприятия по снижению ДТП в отдельных местах дорожной сети обычно осуществляются в пять этапов.

1. Выбор мест для исследования аварийности.
2. Выбор действий, которые должны быть предприняты для увеличения безопасности движения в каждом из изученных мест.
3. Определение экономической эффективности принятой меры по улучшению безопасности движения, т. е. сравнение материальных затрат на практическое внедрение этой меры с суммой ущерба, который имел бы место без принятия этой меры.
4. Выбор мест, где должны быть реализованы выбранные меры по увеличению безопасности движения.
5. Определение реальной эффективности принятых мер после их внедрения.

Использование данных анализа ДТП в качестве основы для принятия решений по увеличению безопасности движения. Основой для внедрения любого мероприятия по увеличению безопасности движения в определенном месте дороги является анализ совершенных на этом месте ДТП. Виды отчетов (протоколов) о ДТП и способы их заполнения рассматриваются в гл. 10 «Экспериментальное исследование характеристик дорожного движения».

Неполнота фактических данных о ДТП может являться причиной трех основных препятствий в получении требуемой информации, которая используется как основа для исследований в области организации дорожного движения. Эти препятствия, рассмотренные ниже, должны быть преодолены, и нужная информация об аварийности может быть оптимально использована для улучшения условий безопасного движения на дорогах.

Первым препятствием можно назвать недостаток информации по идентификации мест ДТП в отчетах. При машинной обработке точное месторасположение каждого ДТП должно быть указано безошибочно и с применением стандартной терминологии. В противном случае отчет о ДТП непригоден для анализа. Насчитывается несколько способов идентификации места ДТП, но для надежности все они требуют специального разъяснения в самом бланке отчета (протоколе) о ДТП и обучения полицейских или других лиц, которые призваны точно идентифицировать в отчетах место совершения ДТП путем привязки их к ориентирам (например, к километровым столбикам, мостам, пересечениям и т. п.).

Вторым препятствием является неполный или составленный случайным лицом отчет о ДТП. Это может вызвать серьезные затруднения при инженерном анализе аварийности, особенно при машинной обработке данных.

Третьим препятствием является часто имеющее место желание лиц, составляющих отчеты, исключить из них незначительные дорожно-транспортные происшествия. Так как такие происшествия являются наиболее многочисленными, то исключение их из отчетов может намного уменьшить банк данных для последующего инженерного анализа. Настоятельность использования в отчетах допустимого минимума данных должна быть разъяснена полицейским службам, персоналу по обслуживанию дорожного движения или другим лицам.

Классификация ДТП. Традиционно основой для оценочного инженерного анализа аварийности на данном месте дорожной сети было количество ДТП. ДТП при этом не классифицировались по степени тяжести, и серьезные ДТП подсчитывались наравне с незначительными авариями. Изучение мест, на которых произошли серьезные ДТП, обеспечивает большую возможность снижения на них аварийности, чем изучение мест с ДТП меньшей тяжести.

Классификация ДТП по степени тяжести ранений. Степень тяжести ДТП характеризуется показателем наиболее тяжелого ранения среди всех пострадавших при ДТП. Это дает возможность получить следующую шкалу серьезности ДТП:

- | | | |
|--|---|-----------------|
| <ol style="list-style-type: none">1. ДТП с гибелью людей2. ДТП с ранениями, явившимися причиной потери трудоспособности.3. ДТП с ранением без потери трудоспособности.4. ДТП с возможным ранением или травмой.5. ДТП только с повреждением автомобиля. | } | ДТП с ранениями |
|--|---|-----------------|

Три категории тяжести ранений и травм обычно объединяются, так как они не разделяются в отчетах о ДТП. Классификация серьезности ДТП требует установления объективных показателей для каждой степени серьезности. Для разработки этих показателей отсутствует достаточная статистическая база, вследствие чего эти показатели спорны. Предположим, что показатель серьезности ДТП, равный 1, соответствует только повреждению автомобиля, 3 — ДТП с ранениями и 12 — ДТП с гибелью людей. Если ДТП с гибелью людей имеют такой высокий цифровой показатель серьезности, то другие ДТП значительно не влияют на общую сумму показателей и выбор места для изучения причин аварийности может быть сделан почти только на основе учета ДТП с гибелью людей. Важно отметить, что классификация по «наиболее тяжелому ранению» является только паллиативом хотя и традиционной оценки серьезности ДТП. Например, ДТП, при котором автомобиль столкнулся с пожилым пешеходом, в результате чего пешеход скончался от удара о дорогу, классифицируется как более серьезное ДТП, чем ДТП, при котором 4 чел. получили ранения с постоянной потерей трудоспособности и три грузовых автомобиля получили сильные повреждения.

Классификация ДТП по стоимости ущерба. Другим методом классификации ДТП является определение стоимости материального ущерба от данного ДТП. В 1972 г. были определены следующие показатели материального ущерба от ДТП:

1. От гибели 1 чел. — 82 000 долл.
2. От ранения 1 чел. с потерей трудоспособности — 3400 долл.
3. От ДТП только с повреждением автомобиля — 480 долл.

Эти показатели изменяются год от года в зависимости от изменения официального курса доллара и от других обстоятельств. Они вычислены для условий США в среднем; при наличии местных аналогичных показателей ущерба их использование предпочтительнее.

Разработана шкала повреждений при ДТП, которая позволяет классифицировать повреждения легковых автомобилей. Эта шкала пригодна для описания повреждений легковых автомобилей, но еще не распространена на другие виды транспортных средств. Из-за своего ограниченного применения она не была ис-

пользована для классификации исследуемых ДТП в целях улучшения организации дорожного движения.

До тех пор, пока отсутствуют более удовлетворительные методы классификации ДТП, классификация по наиболее серьезному повреждению автомобиля или ранению человека может служить основой для выбора места изучения аварийности.

Классификации ДТП по числу участвующих в нем участников дорожного движения. Эта система классификации предусматривает учет вовлеченных в дорожно-транспортные происшествия участников дорожного движения (автомобили, пешеходы, велосипедисты и т. д.) вместо подсчета самих дорожно-транспортных происшествий. Такой подход более реально отражает степень риска дорожно-транспортных происшествий, чем классификация по числу самих ДТП.

Число автомобилей, вовлеченных в ДТП, является стандартной классификацией и служит мерой серьезности ДТП, однако это менее точно по сравнению с учетом числа вовлеченных в ДТП участников дорожного движения, так как в первом случае исключается из подсчета количество пешеходов и велосипедистов, участвующих в ДТП.

Характеристики отдельных мест дорожной сети. Дорожные условия различаются настолько сильно, что объединение их при исследованиях аварийности недопустимо, тем не менее методы выбора места на дорожной сети для исследований аварийности должны быть применимы к местам с разными дорожными условиями.

Дорожные условия можно классифицировать (в целях исследования аварийности) двумя способами:

- 1) по числу пересечений или участков (мест или отрезков дороги),
- 2) по характеру обслуживания дорожного движения.

Пересечения являются теми местами на дорогах, которые требуют специального изучения аварийности, при этом учитываются ДТП внутри установленной зоны пересечения и ДТП, условно имевшие место на пересечении.

ДТП на соединительных дорогах, пересечениях в разных уровнях, на съездах и вьездах также могут быть учтены. Перекрестки улиц и переулков или двух переулков рассматриваются как пересечения, но места въезда на основную дорогу не рассматриваются как пересечения.

ДТП на железнодорожных переездах должны быть рассмотрены отдельно. Следует учитывать любые виды столкновений между поездами и автомобилями, пешеходами и велосипедистами.

На каждом участке дороги подсчитываются:

1. ДТП на участках дорог между пересечениями.
2. ДТП в местах въездов и съездов с дороги.

Так как ДТП на пересечениях рассматриваются отдельно, они не учитываются при подсчете ДТП на отдельных участках дорог. ДТП на пересечениях так многочисленны, что если бы они прибавлялись к ДТП на отдельных участках дороги, то были бы доминирующими и делали незаметными все другие виды ДТП. Вследствие этого пересечения и ДТП на них могут не учитываться при выборе участков дорог для исследований по аварийности.

Так как отдельные отрезки дороги имеют разную длину, количество ДТП на каждом отрезке, подсчитываемое для расстановки этих отрезков по местам (ранжирования) при исследовании показателей аварийности, должно быть разделено на протяженность этого отрезка (число ДТП на 1 км).

Чтобы решить вопрос об оптимальной протяженности отрезка дороги для исследования аварийности, существуют два метода: 1) однородность характеристик и 2) стандартная длина отрезков.

Однородность характеристики. Исследуется вся дорожная сеть для того, чтобы затем разделить ее на отрезки, каждый из которых подобен или однороден на всем своем протяжении по следующим показателям:

1. Характеристикам поперечного профиля (число полос для движения, ширина полос, наличие разделительной полосы и обочин).
2. Частоте расположения съездов-въездов.
3. Частоте расположения и величине кривых и продольных уклонов.
4. Характеру движения (одно- или двустороннее).

- 5 Характеристикам дорожного полотна.
- 6 Использованию прилегающей к дороге земли.

Эти отрезки должны иметь протяженность не менее 0,16 км. Однажды установленные эти отрезки не должны меняться, пока не изменились характеристики всей дороги.

Стандартная длина дорожных отрезков. Стандартная длина дорожного отрезка в городах выбирается, например, равной 0,16 км и за городом — 1,6 км.

При наличии отрезков стандартной длины не требуется вычислять показатель удельной аварийности (число ДТП на единицу протяженности дорожного отрезка) при ранжировании этих участков по критериям безопасности.

Характер места исследования. Если все места на дорожной сети и дорожные отрезки ранжируются в общей совокупности, пересечения и отрезки на основных дорогах, где интенсивность движения высока, получают приоритет. В таком случае места на дорогах с меньшей интенсивностью движения, на которых недорогие мероприятия могут иногда быть причиной значительного снижения аварийности, не были бы обнаружены. Функциональная классификация дорог представляется более подходящей для рассматриваемой цели, но такая классификация в большинстве случаев не обеспечивает полноты анализа и часто не соответствует конструктивным характеристикам дорог.

Поэтому предлагается следующая упрощенная классификация дорожных отрезков по восьми категориям:

Городские	{	<ul style="list-style-type: none"> две полосы четыре и больше полос (без разделительной полосы) четыре и больше полос (с разделительной полосой) автомагистраль скоростного движения
Загородные	{	<ul style="list-style-type: none"> две полосы четыре и больше полос (без разделительной полосы) четыре и больше полос (с разделительной полосой) автомагистраль скоростного движения

Кроме того, городские перекрестки желательно классифицировать по 10 категориям, а загородные пересечения — более чем по 10 категориям. Категория соответствует комбинации характеристик любых двух пересекающихся дорог. Таким образом, пересечению загородной двухполосной дороги с аналогичной дорогой будет присвоена одна категория, пересечению загородной двухполосной дороги с загородной четырехполосной без разделительной полосы — другая категория. Во всех случаях, за исключением очень больших выборок, в некоторые категории при этом включается незначительное число пересечений. Более простая классификация таких характерных пересечений может быть получена по типу систем регулирования движения:

1. Регулирование отсутствует.
2. Имеются переносные знаки.
3. Имеются знаки «стоп» с двух сторон.
4. Имеются знаки «стоп» с трех или четырех сторон.
5. Имеется светофорное регулирование.
6. Транспортные потоки на пересечении разделены в разных уровнях.

Классификация мест по показателям аварийности. Обычно довольно трудно изучить аварийность во всех местах дорожной сети, в связи с чем необходимо сделать их отбор. Первым этапом этой работы является составление списка или перечня мест с ранжированием их по критерию опасности ДТП или уже зарегистрированному числу возникших на них ДТП. На следующем этапе требуется определить, насколько велик должен быть этот список для исследования аварийных мест. Процесс сокращения списка будет описан ниже в этой главе.

Двумя основными способами оценки степени риска совершения ДТП в разных местах дорожной сети являются определения количества ДТП (или количества участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП) и определение удельной аварийности.

Определение количества ДТП является наиболее простым способом. Все изучаемые места ранжируются в соответствии с числом зарегистрирован-

ных на них ДТП за один и тот же определенный период времени, обычно один год. Место с наибольшим количеством ДТП ставится в списке первым, с несколько меньшим количеством — вторым и т. д. Места, на которых произошли три или меньшее количество ДТП, исключаются из списка.

Список, в котором изучаемые места расставлены в соответствии с количеством зарегистрированных на них ДТП, может быть составлен с помощью разменной карты, картотеки или (при большом числе таких мест) с помощью ЭВМ. Перед началом проведения исследования кроме простого подсчета количества ДТП не требуется какой-либо другой обработки данных. Анализ такого списка полезен при выборе места установки дорожных знаков или светофоров с точки зрения обеспечения максимальной безопасности движения. Кроме того, этот метод удобен для разрешения ряда проблем юрисдикции в вопросах безопасности движения.

До тех пор, пока отдельные отрезки дороги имеют одну и ту же длину, на них подсчитывается только число ДТП. Если отрезки дороги имеют разную протяженность, вместо подсчета количества ДТП на каждом отрезке должен быть использован показатель удельной аварийности (количество ДТП на 1 км отрезка). Но ранжирование отдельных отрезков (мест) дороги по количеству совершенных на них ДТП имеет свои недостатки. Например, места дорожной сети с небольшим количеством ДТП, на которых не дорожные мероприятия по безопасности могли бы быть очень эффективными, будут стоять далеко по списку и до них не дойдет дело. Кроме того, большая улично-дорожная сеть может иметь много мест с почти одинаковым количеством ДТП. Это приводит к использованию дополнительных методов для выбора из этих мест тех, которые могут быть исследованы.

Степень риска совершения ДТП — есть более совершенный показатель, позволяющий ранжировать места дороги по зарегистрированной аварийности. На определенном месте дороги может быть зарегистрировано большее число ДТП не из-за особо опасных условий движения, а из-за значительной интенсивности движения на этом участке. Таким образом, какое-либо место на дороге, на котором зарегистрировано большее число ДТП, не всегда является наиболее опасным; с другой стороны, отсутствие в отчетах за определенный период времени ссылок на ДТП в каком-либо месте дороги не означает, что это место не является аварийным.

Риск или опасность совершения ДТП можно выразить через число зарегистрированных ДТП (или участников ДТП) на данном месте за определенный период времени, разделенных на объем движения (на 1 млн. авт-км. Прям. перев.) на данном месте за тот же период. Так как ДТП является редким случаем, то вычисленный таким простым способом показатель относительной аварийности представляет собой очень малую величину. Поэтому для облегчения анализа этот показатель умножается на миллион и читается как число участников ДТП на 1 млн. авт-км.

Необходимо использовать три вида показателей относительной аварийности: один для пересечений и два для отдельных отрезков дорог. Первый R_j представляет собой число участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП на 1 млн. участников, проехавших пересечение. Из-за того, что отрезки дороги могут иметь разную длину, показатели аварийности для отдельных участков дороги могут быть представлены в виде количества ДТП в год на 1 км (R_m) или на 1 млн. км суммарного пробега транспортных средств в год по этому отрезку дороги R_s . Формулы для определения этих показателей имеют следующий вид:

$$R_j = \frac{2A \cdot 10^6}{T(V_1 + V_2 + \dots + V_n)}, \quad (9.6)$$

$$R_m = \frac{365A}{TL}, \quad (9.7)$$

$$R_s = \frac{A \cdot 10^6}{TVL}, \quad (9.8)$$

где A — количество участников ДТП (или самих ДТП), зарегистрированных за T дней, T — количество дней, в течение которых происходил учет числа ДТП;

обычно берется полный год (365 дней); V — среднесуточная интенсивность движения на отрезке дороги за год (число транспортных единиц в сутки); V_1 — среднесуточная интенсивность движения на одном из подходов к пересечению (n — число подходов к пересечению); L — длина отрезка дороги, км.

Если отрезок дороги имеет протяженность ровно 1 км, показатель относительной аварийности на отрезке R_s аналогичен показателю аварийности на пересечении R_j ; оба показателя учитывают количество участников ДТП на 1 млн. транспортных средств, входящих на пересечение.

Показатель аварийности не может быть использован, если количество зарегистрированных ДТП мало. На практике любой показатель аварийности, базирующийся на трех или меньшем числе ДТП, вряд ли может быть использован. Поэтому целесообразно продлить период времени наблюдений до тех пор, пока на исследуемом отрезке не произойдет пять и более ДТП, а после этого уже рассчитывать показатель относительной аварийности.

Влияние интенсивности дорожного движения на степень риска совершения ДТП. Многие факторы влияют на степень риска совершения ДТП на данном месте дороги. Наиболее важными из них являются:

1. Физические факторы, такие, как геометрические характеристики дороги, расстояния видимости, наличие систем контроля за движением и препятствий на придорожной полосе.

2. Характер движения (одностороннее или двустороннее) и степень его неравномерности (наличие поворотов и разворотов в обратном направлении).

3. Скорость движения.

4. Качество вождения.

5. Размеры и характеристики транспортных средств.

6. Интенсивность движения.

Следует иметь в виду при этом, что риск совершения ДТП не имеет прямой зависимости от интенсивности движения.

На практике для установления мест дороги с приоритетом для исследования аварийности показатели аварийности упрощаются по сравнению с формулами (9.6), (9.7) и (9.8). В их числителях чаще указывается число ДТП, чем число участников ДТП. На обычных пересечениях число ДТП составляет около половины числа их участников (так как большинство ДТП представляют собой столкновения двух автомобилей). Но между пересечениями, где регистрируется много ДТП с одиночными транспортными средствами, эту зависимость нельзя выразить так просто.

В знаменателе упрощенной формулы для определения показателя аварийности проставляется только количество проследовавших через отрезок автомобилей без учета движения пешеходов и велосипедистов.

Это не вызывает больших различий в показателях аварийности для загородных отрезков дорог, так как почти все движение по ним — это движение автомобилей, но для аналогичных показателей на городских перекрестках это различие весьма существенно.

Величина интенсивности дорожного движения берется из значения среднесуточной интенсивности движения за год (ССИДГ). Для пересечений расчетная величина интенсивности движения берется в виде половины значения ССИДГ, так как значение ССИДГ для любой из пересекающихся дорог есть общее количество автомобилей, проследовавших в обоих направлениях, т. е. количество въехавших и покинувших пересечение автомобилей по каждой из пересекающихся дорог.

Поскольку риск совершения ДТП зависит от времени (например, от времени года), то любой характеризующий его показатель связан со средней степенью риска в течение длительного периода времени.

После того как отдельные места дороги оценены и ранжированы в соответствии с опасностью возникновения на них ДТП, необходим выбор определенной системы или метода для их изучения. Предлагается рассмотреть три метода: 1) по количеству ДТП; 2) по сумме мест в различных ранжированных рядах, составленных по показателям аварийности; 3) на основе качественного контроля. Подсчет количества ДТП является естественным критерием выбора мест, особенно при небольшой протяженности дорожной сети.

Если количество ДТП на данном месте дороги за определенный период времени невелико, это не дает возможности получить достоверной информации о показателях аварийности и преобладающих видах ДТП. Учитывая это, места, на которых за год произошло менее трех ДТП, могут быть исключены из анализа. Если нет возможности изучить все места дорожной сети, на которых было зарегистрировано более трех ДТП, из списка может быть выбрано любое число мест, изучение которых может дать достоверную информацию об аварийности. Если число мест, где произошло более трех ДТП, составляет сотые или даже тысячные доли от общего числа мест или если ряд мест на дороге имеет приблизительно одинаковый показатель аварийности, этот метод мало эффективен в выборе мест для изучения.

Метод суммы мест в различных ранжированных рядах эффективен для анализа аварийности на больших дорожных сетях страны, которые имеют много отрезков с почти одинаковым числом зарегистрированных ДТП. Особенно можно рекомендовать использование этого метода при анализе аварийности на пересечениях. Первый этап выбора мест для изучения аварийности проводится на основе подсчета числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП, на каждом из участков дороги, второй этап — на основе определения показателей аварийности по критерию числа участников в ДТП. Таким образом, из двух мест с одинаковым числом участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП, предпочтение (с точки зрения включения в исследование) отдается месту с большим риском совершения ДТП (показателем аварийности по критерию числа участников ДТП).

Места с различными условиями для движения при большом количестве всех мест должны анализироваться раздельно. Таким образом, отрезки скоростных автомагистралей не включаются в одну группу вместе с отрезками второстепенных дорог, а городские перекрестки — вместе с пересечениями загородных дорог.

Число участников ДТП и показатель относительной аварийности (число ДТП на 1 млн. авт-км) определяются для всех пересечений; число участников ДТП на 1 км дороги и показатель относительной аварийности определяются для каждого отрезка. Затем для каждой категории (или группы) мест определяются среднее число ДТП и показатели относительной аварийности.

Рекомендуемые критерии для выбора наиболее аварийных мест для их исследования.

Первый этап выбора.

Пересечения: превышение вдвое среднего числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП

Отрезки дороги: превышение вдвое среднего числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП, на 1 км отрезка дороги.

Второй этап выбора.

Пересечения: среднее число участников ДТП на 1 млн. транспортных средств, входящих на пересечение.

Отрезки дороги: среднее число участников ДТП на 1 млн авт.-км.

Если в соответствии с рекомендуемыми критериями будет выбрано намного больше мест, чем может быть изучено, граница выбора в списке может быть поднята вверх.

Контроль качества пришел из промышленности. Этот показатель эффективен в основном для отрезков загородных дорог с совершенно одинаковыми показателями интенсивности движения, но он может также использоваться для анализа аварийности на пересечениях. Вводится критический показатель аварийности, связанный со средним показателем для всех мест в группе. Если действительный показатель аварийности превышает критический, это отклонение является не случайным фактом, а зависит от плохих условий движения на том месте дорожной сети, которое исследуется.

Формула для вычисления критического показателя аварийности на отдельном отрезке дороги имеет вид:

$$R_c = R_a + k \sqrt{\frac{R_a}{M} + \frac{1}{2M}}, \quad (9.9)$$

где R_c — критический показатель относительной аварийности для отрезка дороги; R_n — средний показатель относительной аварийности для всех отрезков в группе, ДТП на 1 млн. авт-км; M — объем движения на отрезке, млн. авт-км; k — постоянная. Как правило, значение этой постоянной берут равным 1,5. Аналогичная формула может быть использована для пересечений. При этом R_n обозначает средний показатель относительной аварийности (в миллионах транспортных средств, входящих на все пересечения в группе) и M — число транспортных средств, входящих на отдельное пересечение.

Для ряда отрезков на дороге средний показатель относительной аварийности для всех отрезков и критический показатель аварийности для каждого из отрезков могут быть представлены графически (рис. 9.2). Точки 1, 2, 3 и т. д. на рис. 9.2 представляют собой действительные показатели относительной аварийности. Чем больше действительные показатели превышают критические (см. точки 1 и 9), тем больше вероятность, что эта ситуация не случайна и необходимо принимать меры по повышению безопасности движения в данных местах.

В методе контроля качества отрезки или пересечения, на которых произошло или очень мало или очень много ДТП, должны быть преобразованы при анализе. Для этой цели любой из отрезков дороги, на котором произошло менее семи ДТП, должен быть объединен с примыкающим к нему другим отрезком, на котором произошло наименьшее число ДТП. Если на отрезке произошло более 30 ДТП, он может быть разделен на два подотрезка.

Метод контроля качества позволяет определить места дороги, на которых число ДТП было гораздо меньше, чем это могло ожидаться на основе теории вероятности. Анализ этих мест дает возможность определить особо важные характеристики дороги. На рис. 9.2 показана нижняя критическая граница показателя относительной аварийности.

Отрезок 4 имеет действительный показатель относительной аварийности меньше нижней границы контроля и поэтому обладает какими-то характеристиками, которые делают его почти совершенно безопасным для движения.

Формула для определения нижней критической границы показателя относительной аварийности имеет вид:

$$R_c = R_n - k \sqrt{\frac{R_n}{M} - \frac{1}{2M}}. \quad (9.10)$$

Анализ аварийности на отрезках дороги между пересечениями. Так как пересечения дорог являются теми местами, где существует вероятность суммирования ДТП с транспортными средствами, подошедшими к пересечению со всех сторон, они анализируются отдельно от отрезков дорог. Но ДТП на других местах дороги (на которых ДТП также суммируются) первоначально включались в отчеты о ДТП как случившиеся на отдельных отрезках и учитывались в качестве особых видов ДТП на отрезке дороги. Если можно точно определить место совершения такого ДТП, оно может анализироваться отдельно от ДТП, случившихся на отрезке дороги. Например, такими местами могут быть проезжая часть

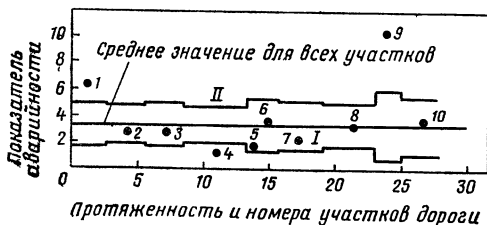


Рис. 9.2. Пример контрольной диаграммы для десяти отрезков дороги

I — нижняя граница контроля, II — верхняя граница контроля

подъездной дороги, узкие мосты и другие места с ограниченной шириной проезжей части

Другие аспекты анализа. На практике объем выборки определяется количеством мест на дорожной сети, аварийность на которых может быть исследована. Зная приблизительно, сколько человеко-дней можно выделить для проведения этого исследования и сколько человеко-дней требуется в среднем на исследование аварийности одного места, можно определить количество мест, которое может быть исследовано.

Объем выборки может меняться из года в год в зависимости от наличия ассигнований на проведение исследований и мероприятий по повышению безопасности движения. Если величина ассигнований на эти цели мало изменятся с годами, количество исследованных мест дороги в предыдущие годы берется за основу при определении объема выборки на следующие годы.

Может показаться, что если отсутствуют время и ассигнования на проведение в жизнь мероприятий по повышению безопасности движения на дорожной сети, то не требуется подготовка списка аварийных мест. Но это не так. Ежегодное составление списка по крайней мере из 3% всех мест дороги, имеющих максимальную аварийность, поможет в получении средств на проведение исследований и разработку мероприятий по повышению безопасности движения. Список может также помочь в выявлении тех мест дорожной сети, где предполагается проведение мероприятий по повышению безопасности движения, по которым не являются особо аварийными.

Выбор мест для проведения исследований не должен быть самоцелью. Предположим, что для исследований отобраны несколькими различными методами определения аварийности 20 наиболее опасных мест на дорожной сети. Так как во многих местах число ДТП мало, при ранжировании этих мест по любому из методов появляется значительный элемент случайности.

Оптимальным, особенно для дорожных сетей средних размеров, является метод, заключающийся в исследовании места с максимальной аварийностью, определении для него эффективности рекомендуемых мероприятий и их стоимости. Затем тем же способом можно изучить место, являющееся вторым по аварийности. Специалист всегда выбирает среди мест с высокой аварийностью то из них, на котором проведение в жизнь мероприятий по повышению безопасности движения может дать наибольший эффект, и рекомендует вкладывать материальные средства в мероприятия по снижению аварийности именно здесь. Часто важно бывает определить возможность повышения безопасности движения в комплексе с увеличением пропускной способности дороги или снижением транспортных задержек.

По всей вероятности в перспективе, организации, подведомственные органам управления штатами страны, будут собирать отчеты о ДТП во всех городах и населенных пунктах (за исключением, возможно, больших городов) и подготавливать ежегодные списки наиболее аварийных мест дорожной сети для использования этих данных в общенациональной программе по безопасности движения.

ВЫБОР ВОЗМОЖНЫХ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Исследование выбранных мест на дорожной сети помогает по существу определить характерные особенности ДТП, что позволяет выработать возможные мероприятия по повышению безопасности дорожного движения.

Применение для этих целей программ для ЭВМ весьма ограничено.

Конечно, программы, которые классифицируют ДТП в соответствии с основными характеристиками транспортного потока и количеством конфликтных точек, могут быть разработаны, затем напечатаны (для каждого изучаемого места) списки, в которых каждая комбинация «движение—конфликт» расставлена по номерам, зависящим от частоты их реализации. Иногда это будет обеспечивать точное определение трудных мест, но часто, особенно в местах с изменчивыми характеристиками, результаты анализа данных на ЭВМ имеют меньшую надежность, чем графический анализ.

Диаграммы столкновений. Для изучения ДТП обычно используются диаграммы столкновений на выбранных местах дорожной сети. Они позволяют визуально легко и быстро определить характер ДТП. Диаграмма столкновения — это схематический чертеж места ДТП, на котором обычными символами показаны траектории перемещений участников дорожного движения и характер конфликтной ситуации, приведшей к ДТП.

Для составления диаграмм столкновений используются отчеты о всех ДТП за период по крайней мере 2 года. Если для точного определения характера ДТП или преобладающего вида ДТП не хватает большого числа фактических данных об аварийности, могут быть использованы отчеты за другие годы, если они имеются в наличии.

На схематической диаграмме дорог в данном месте показываются следующие характеристики каждого ДТП:

1. Направление пути перемещения каждого участника дорожного движения (автомобиль, пешеход, велосипедист), вовлеченного в ДТП, включая и известных участников, не вовлеченных в непосредственное столкновение. Направление перемещения на диаграмме показывается до столкновения, а не после него.

2. Маневрирование (повороты, движение задним ходом и т. п.) до столкновения, а не после него.

3. День недели и информация по каждому ДТП относительно характера регулирования дорожного движения, освещенности и других обстоятельств, игравших роль во время совершения ДТП

4. Тяжесть повреждений или ранений для каждого участника дорожного движения.

5. Особые условия, например, скользкие дорожные покрытия

Используемые в диаграммах символы могут быть легко прочитаны, а стандартная форма диаграммы может быть использована для обычных пересечений дорог под прямым углом. Эту же форму можно применить и для T-образных пересечений, но пересечения других конфигураций обычно требуют использования специальных диаграмм.

Диаграммы столкновений на дорожных пересечениях включают все ДТП, при которых первая опасность возникла на самом пересечении, а также все ДТП, случившиеся во время движения к пересечению или после его проезда, но связанные с ним. Так, столкновения транспортных средств, находящихся в очереди на поворот, включаются в диаграмму, хотя они произошли за сотню футов (30,5 м) и более от действительного места поворота. На диаграммах столкновений на отрезках дорог между пересечениями показываются мосты, кривые участки, железнодорожные переезды, подъездные дороги и другие подобные объекты.

Изучение диаграмм столкновений состоит главным образом в визуальном определении характера ДТП, т. е. выделение групп ДТП, имевших место при определенных обстоятельствах. Иногда эти обстоятельства отчетливо видны, например ДТП при совершении левых поворотов. В других случаях они выражены неясно, как, например, ДТП при особой освещенности или при особых свойствах дорожного покрытия. Иногда регистрируется несколько различных видов ДТП в разное время дня или разные дни недели.

Меры по уменьшению аварийности непосредственно зависят от характера ДТП, но чаще определяются путем изучения вида ДТП в связи с исследованием физических характеристик места. Это может быть легко сделано при поездке на место и наблюдении там за движением, особенно в то же время и при тех же условиях, которые отмечены на диаграмме столкновения. Часто бывает полезно, подъезжая к месту столкновения с той же стороны, что и автомобили-участники ДТП, фиксировать наличие препятствий для обзора дороги, плохую видимость сигналов регулирования движения, неправильную установку дорожных знаков, наличие отражений и отвлекающих внимание объектов.

Диаграммы условий, при которых возникло ДТП. Если приезд на место ДТП не дает пользы, ключ к выбору возможных мер по снижению аварийности может дать составление диаграмм условий, при которых произошли ДТП. Эти диаграммы представляют собой масштабные карты пересечения или любого другого места дороги с указанием ширины проезжей части и обочины, объектов, мешающих обзору, уклонов, сигналов регулирования движения, систем освещения, наличия тротуаров, бортового камня, автомобильных стоянок, подъездных дорог и других объектов. Чертежи конструктивных элементов дороги могут быть полезны для составления диаграмм условий совершения ДТП, но обычно для этих целей специалистами в области организации движения подготавливаются специальные карты. Эти диаграммы могут быть использованы в качестве основы для улучшения конструктивных параметров дороги или для определения мест, на которых требуется установка сигналов регулирования движения.

Подсчет интенсивности транспортного движения. Тщательный подсчет интенсивности движения обеспечивает получение информации о преобладающем характере движения по дороге. Сравнивая движение в момент совершения ДТП с движением на этом же месте в другое время, можно определить характер наиболее опасных условий движения и предложить меры по снижению аварийности. - - -

Уменьшение тяжести ДТП. Должны быть также рассмотрены возможности снижения тяжести и частоты ДТП. Удаление препятствий с придорожной полосы, устройство дорожных ограждений и снижение скоростей движения могут снизить тяжесть последствий ДТП, когда не сработали другие меры по предотвращению дорожно-транспортных происшествий.

Определение возможных мер по борьбе с аварийностью, конечно, является больше искусством, чем наукой. Не существует определенной методики для разработки мер по предотвращению аварийности в определенных местах дорожной сети, на которых произошли особые виды ДТП. В общем можно сказать, что уменьшению количества боковых столкновений способствует установка дорожных знаков «остановка обязательна», сменных дорожных знаков и светофоров. Если велико число столкновений при подходе автомобилей к пересечению с двух примыкающих сторон, должна быть рассмотрена возможность ликвидации помех для обзорности в этом углу. Регистрация большого количества столкновений при левых поворотах предопределяет их запрет или установку специальных указателей поворота (например, в светофорах). Наезды при левоповоротном движении требуют организации специальных полос на проезжей части для осуществления левого поворота.

Снижение интенсивности транспортного движения на данном участке дорожной сети почти всегда уменьшает аварийность; но этот метод редко используется на практике.

Переориентировка транспортного движения на другие маршруты, запрещение левых поворотов и другие подобные меры, вводимые на отдельном участке дорожной сети, могут, снизив аварийность на этом месте, создать дополнительные трудности в других местах.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Все меры по снижению аварийности на отдельных местах дорожной сети можно подразделить на две основные категории: 1) те, которые способствуют предотвращению отдельных видов ДТП, и 2) те, которые обеспечивают предотвращение всех ДТП. Меры по снижению аварийности в отдельных ситуациях движения обычно более экономичны и часто более эффективны.

Некоторые меры могут быть непрактичны из-за того, что их осуществление требует больших расходов. Например, строительство пересечения автомобильной дороги с железной дорогой, выполненное в разных уровнях, позволит ликвидировать все столкновения автомобилей с поездами, но слишком большая стоимость такого пересечения оправдана только тогда, когда величина интенсивности дорожного или железнодорожного движения значительна или когда на переезде регистрируется большое число столкновений.

Методы подсчета. Обычным для определения эффективности мер, улучшающих условия дорожного движения, является подсчет числа тех ДТП, которые могут, вероятно, быть исключены при внедрении этих мер в определенный период (без учета тяжести ДТП). Часто не бывает альтернативы этому простому пути, так как имеющаяся в наличии информация об аварийности сводится только к общему количеству ДТП. К сожалению, этот путь не позволяет определить влияние принятых мер на снижение тяжести ДТП и их частоты. Рассмотрим, например, эффективность установки дорожных ограждений. Такая мера обычно увеличивает число столкновений, но снижает тяжесть их последствий настолько, что в общем можно считать эту меру эффективной.

Установка ограждений на разделительной полосе дороги (особенно на узкой разделительной полосе) вызывает дополнительные повреждения автомобилей при большом количестве наездов их на эти ограждения, но они позволяют исключать такие ДТП, как столкновения при переезде через разделительную полосу, лобовые столкновения, большинство из которых, вероятно, повлекли бы за собой смертельные случаи. Таким образом, если рассматривать только общее число ДТП после установки ограждений на разделительной полосе, может показаться, что эти ограждения более вредны, чем полезны, но если анализировать ДТП по категориям их тяжести, эффективность таких ограждений становится очевидной.

Обычно все ДТП классифицируются по трем категориям тяжести: 1) со смертельными исходами; 2) с ранениями и травмами и 3) только с повреждением транспортных средств. Так как ДТП со смертельными случаями немногочисленны, они могут объединяться с ДТП, имеющими своим последствием ранения и травмы людей. Это позволяет разбить все ДТП на две категории: 1) ДТП с ранениями и гибелью людей и 2) ДТП только с повреждениями транспортных средств.

Продолжительность периода изучения аварийности. Изучение аварийности на определенных местах дорожной сети может проводиться в течение нескольких лет. В этом случае полученное при вычислениях значение количества ДТП, которых удалось избежать, делится на число лет, во время которых проводилось изучение аварийности. Это позволяет рассчитать годовую эффективность мер по улучшению безопасности движения.

Если существующая информация об аварийности охватывает не полный год, то расчетное число ДТП, которых удалось избежать в результате внедрения мер безопасности, делится на число дней, во время которых велось изучение аварийности, и полученное частное умножается на 365, что позволяет вычислить этот показатель в пересчете на полный год.

На отдельных исследуемых местах дорожной сети ожидаемое уменьшение числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП после предполагаемого внедрения мер безопасности, может быть определено путем подсчета числа ДТП, случившихся в последнее время, на которые могло повлиять принятие этих мер. Например, если было зарегистрировано 24 легковых автомобиля — участников ДТП, имевших место на примыкающих друг к другу подходах к пересечению, то удаление препятствия, уменьшающего обзорность на углу, может повлечь за собой ликвидацию причин этого типа ДТП и уменьшение их количества.

Но нельзя назвать реальной веру в то, что улучшение условий движения позволит полностью избежать ДТП того характера, на устранение причин которых было направлено это улучшение. Таким образом, рассматривая вышеприведенный пример, можно сказать, что удаление препятствия, мешающего обзорности пересечения, вероятно, не позволило бы предотвратить все ДТП с 24 участниками, так как могут произойти боковые столкновения, на которые не оказывает влияние отсутствие препятствия, ограничивающего видимость. Поэтому очевидно, что степень снижения аварийности после внедрения мер безопасности должна быть почти всегда уменьшена. Тщательно разработанные правила, по которым можно определить снижение степени эффективности различных принятых мер по улучшению безопасности, отсутствуют, но можно использовать вполне надежные, обычно основанные на обстоятельствах данного вида ДТП и анализе характера принятых мер безопасности, приемы.

В некоторых случаях принятие мер по безопасности движения позволит снизить число ДТП одного вида, но увеличит число ДТП другого вида. Например, светофоры, установленные для уменьшения числа боковых столкновений, часто являются причиной наездов автомобилей друг на друга в месте подходов к пересечению. Следовательно, при анализе эффективности должны на равных основаниях приниматься во внимание позитивные и негативные стороны внедряемых мер безопасности движения.

Иногда выигрыш, достигаемый при внедрении мер безопасности на одном месте дорожной сети, влечет за собой рост числа ДТП в каком-либо другом месте. Так, например, при запрещении левых поворотов можно ожидать увеличения безопасности движения на данном месте, но левоповоротное движение при этом должно осуществляться в каких-либо других местах, что ведет к увеличению на них числа ДТП, если, конечно, в этих местах интенсивность движения достаточно велика. При этом общее число ДТП в определенном районе может даже возрасти при запрещении левоповоротного движения в неудачно выбранном для этого месте.

Определим раздельно эффективность принятия мер безопасности движения для ДТП, имеющих разную степень тяжести.

Обобщенные данные, опирающиеся на опыт внедрения различных мер безопасности движения, приведены в табл. 9.1. Ухудшение условий безопасности также учтено и показано в табл. 9.1 знаком минус. Это ухудшение может выражаться в увеличении числа ДТП, и поэтому такие меры должны практиковаться

Прогнозирование уменьшения числа ДТП

Меры по увеличению безопасности движения	Место: Г — в городе, З — за городом	Число полос для движения	Снижение числа ДТП в долях по видам		
			Все виды ДТП	ДТП с гибелью и ранениями	ДТП только с повреждениями автомобилей
<i>Отдельные отрезки дорог</i>					
Запрещение стоянок автомобилей	Г	Более 2	0,32	0,03	—
Устройство или улучшение разметки кромки проезжей части дороги	З	2	0,14	0,17*	—
Установка или изменение местоположения предупреждающих знаков	Г З З З	2	0,14	0,14*	—
		Более 2	0,20*	0,26*	—
		2	0,36	0,32*	—
		Более 2	0,18*	0,03	—
Установка тросового ограждения на раздельной полосе автомагистрали	—	Более 2	—0,33*	—0,04*	—
Установка ограждения из металлических балок на раздельной полосе автомагистрали	—	Более 2	—0,20*	—0,22*	—
Установка центрального барьера безопасности	—	Ширина раздельной полосы до 150 см	—0,53**	—0,61*	—
Выделение раздельной полосы разметкой или выполнение ее над уровнем проезжей части	Г	Более 2	0,12	—	—
Укладка нового дорожного покрытия	Г З	Более 2	0,42	0,46	—
		2	0,12	0,21	—
Стабилизация обочин	З	Более 2	0,44	0,59	—
		2	0,38	0,46	—
Уширение обочин (без учета размеров)	З	2	—0,2	0,07*	—
Уширение проезжей части (без учета размеров)	З	2	0,38	0,30	—
Уширение проезжей части дороги при ширине полос для движения 270 см и более	З	2	0,38	0,16	—
Уширение проезжей части дороги при ширине полос для движения 300 см и более	З	2	0,05*	—0,65**	—0,37*
Установка заграждений для домашнего скота вдоль дороги	З	2 и более	0,90	Учитываются только столкновения с домашним скотом	

Меры по увеличению безопасности движения	Место. Г — в го- роде, З — за го- родом	Число полос для движения	Снижение числа ДТП в долях по видам		
			Все виды ДТП	ДТП с гибелью и ранениями	ДТП только с повреждениями автомобилей
Модернизация в соответствии с конструктивными стандартами	{ 3	2	0,10	-0,06*	0,40**
	{ 3	Более 2	0,15**	0,22*	

Выпуклые вертикальные кривые в продольном профиле дороги

Нанесение раздельной линии	3	2	0,64	—	—
----------------------------	---	---	------	---	---

Дорожные кривые (в плане)

Установка направляющих устройств	{ 3	2	0,02**	0,16	—
	{ 3	Более 2	0,52	0,10**	
Установка или обновление предупреждающих знаков	{ 3	2	0,57	0,71	0,23*
	{ 3	Более 2	0,52	0,40	
Реконструкция кривых	3	2	0,88	0,89	0,96
Установка предупреждающих знаков и направляющих устройств	{ Г	Более 2	0,20	-0,27*	—
	{ 3	2	0,22*	0,41*	

Пересечения

Установка или обновление предупреждающих или указательных знаков	{ 3	2	0,37	0,19	—
	{ 3	Более 2	0,09	-0,07	
	{ Г	2	0,29	0,51*	
	{ Г	Более 2	0,41	0,47*		0,26*
Установка или обновление знаков на Т-образном пересечении	{ Г	2	0,61	0,43**	—
	{ Г	Более 2	0,65	0,67	
Установка знака «стоп»	3	2	0,47	0,96	—
Установка сменных знаков	Г	Более 2	-0,46	—	—
Установка на второстепенной дороге перед пересечением знака «остановка обязательна»	{ Г	2	0,48	0,71	—
	{ Г	Более 2	0,38*	0,18*	
	{ 3	2	0,65	0,89		0,22*
Установка знаков «стоп» на всех подходах к пересечению	Г	2	0,68*	0,67*	—
Установка предупреждающих сигналов То же, на Т-образном пересечении	{ Г	Более 2	-0,27**	0,73*	—
	{ 3	3	0,56	0,29*	
	{ 3	Более 2	0,21**	—	

Меры по увеличению безопасности движения	Место: Г — в городе, З — за городом	Число полос для движения	Снижение числа ДТП в долях по видам		
			Все виды ДТП	ДТП с гибелью и ранениями	ДТП только с поврежденными автомобилями
Добавление пешеходных сигналов	{ Г	2	0,13	0,56*	—
		Более 2	0,02*	0,42*	—
Обновление светофоров	{ Г	2	0,31	0,35*	—
		Более 2	-0,02	0,10**	—
То же на Т-образном пересечении	{ З	» 2	0,42*	0,45**	—
		» 2	—	0,57	—
Запрещение поворотов	Г	Более 2	0,40	0,39	—
Организация полосы для левых поворотов без светофора	{ Г	2	0,19*	0,80*	—
		Более 2	0,06	0,54	0,18*
То же, на Т-образном пересечении	{ З	» 2	-0,06	-0,01**	—
		2	0,79	0,79	—
То же, на У-образном пересечении	Г	Более 2	0,51*	0,62	—
Организация полосы для левых поворотов со светофорами	{ З	2	0,33	0,05	-0,15
		Более 2	0,27	0,01	0,07**
То же, на Т-образном пересечении	{ З	Более 2	0,43*	0,58*	—
		3	Более 2	-0,42*	-0,28**
Добавление сигнала разрешения левого поворота без организации полосы для левоповоротного движения	ХГ	Более 2	0,39	0,57	—
Добавление полосы для левоповоротного движения, светофора и освещения места поворота	Г	Более 2	0,46	0,76	—
		2 или более	0,29	0,50	—
Установка новых светофоров	Г	Более 2	0,20	0,15	—
Устройство шероховатого дорожного покрытия	Г	Более 2	0,20	0,15	—
Устройство трясущих полос	З	2	0,27**	0,26**	0,24**

Мосты и пересечения в разных уровнях

Установка направляющих устройств	З	2	0,47	-0,8**	0,89
	З	Более 2	0,53*	0,62	

*Средний размер выборки ограничивает надежность этих данных.

** Небольшой размер выборки ограничивает надежность этих данных.

только для целей, отличных от уменьшения аварийности, например для увеличения скорости движения или пропускной способности дороги. Некоторые показатели уменьшения аварийности в табл. 9.1 имеют знак вопроса. Это означает, что объем исследования, на котором базируются эти показатели, небольшой, вследствие чего надежность данных по уменьшению аварийности спорна.

Прогноз уменьшения числа ДТП после внедрения мер безопасности движения должен вестись с учетом изменения интенсивности дорожного движения на перспективу. Среднее значение интенсивности дорожного движения определяется на ближайшие 10 лет, т. е. на срок, в течение которого с определенной степенью вероятности будут действовать принятые меры по увеличению безопасности.

Пересчет ожидаемого снижения качества ДТП производится по формуле

$$S' = \frac{SV'}{V}, \quad (9.11)$$

где S — расчетное снижение числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП за год после внедрения мер, увеличивающих безопасность движения; V — среднесуточная интенсивность дорожного движения за анализируемый период, V' — ожидаемая среднесуточная интенсивность дорожного движения в следующем десятилетии; S' — ожидаемое уменьшение числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП за 1 год на перспективу.

Пример расчета ожидаемого уменьшения аварийности на перспективу после внедрения мер по увеличению безопасности для гипотетического места приведен в табл. 9.2. Если отсутствуют данные по числу участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП, и тяжести ДТП, можно подставить в приведенной формуле вместо числа участников само число ДТП, а категории тяжести ДТП исключить.

Определение эффективности мер по снижению аварийности без изучения отдельных мест дорожной сети. Иногда ожидаемый эффект по снижению аварийности в результате внедрения мер безопасности оценивается в проекте реконструкции автомагистралей без проведения детального изучения случившихся ранее ДТП, а на основе известного опыта по эффективности внедрения таких мероприятий в других местах. В этом случае результаты не могут быть точными.

Число ДТП, которые могут быть предотвращены в результате внедрения мер по безопасности движения, можно определить, умножая среднее число ДТП за прошлый год на показатель уменьшения этого числа ДТП (из табл. 9.2)

$$S = \frac{PA \cdot 365}{T}, \quad (9.12)$$

где A — число ДТП за T дней прошедшего периода; P — уменьшение аварийности (в процентах); S — снижение числа ДТП за год.

Для прогнозирования числа ДТП на перспективу по выше рассмотренной методике должна быть сделана поправка в соответствии с изменением интенсивности транспортного движения. Тогда снижение числа ДТП на перспективу за год

$$S = \frac{PA \cdot 365}{TV} V'. \quad (9.13)$$

Если в каком-либо месте дорожной сети внедрены две или большее количество мер по увеличению безопасности движения без проведения на этом месте анализа аварийности, расчетное общее число ДТП, которых можно избежать, намного преувеличивается в случае простого сложения цифровых показателей возможного снижения аварийности при внедрении каждой из мер. Можно предложить лучший способ вычисления совместного эффекта от внедрения нескольких мер по увеличению безопасности движения:

$$P_t = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3) \dots (1 - P_n), \quad (9.14)$$

где P_t — показатель уменьшения числа ДТП после внедрения всего комплекса мер по безопасности движения, выраженный в долях единицы; P_1 — показатель уменьшения числа ДТП после внедрения меры № 1, выраженный в до-

Ожидаемый эффект от внедрения мер по увеличению безопасности движения на отдельном участке дорожной сети

Результаты внедрения мер по улучшению безопасности дорожного движения	Виды ДТП		
	Без травм и без повреждений	С травмами и повреждениями	Всего
Теоретически возможное уменьшение числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП	13	6	19
Наиболее вероятное уменьшение числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП	10	5	15
Возможный рост числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП	-3	-1	-4
Эффект S за 2 года (разность между наиболее вероятным уменьшением и возможным ростом числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП), $2S$	7	4	11
То же за один год, S	3,5	2	5,5
Уменьшение числа ДТП, %, $2 \times 100S/A = P$	17	27	20
A	41	15	56
Ожидаемое уменьшение S' числа участников дорожного движения, вовлеченных в ДТП, $S' = SV'/V$	4,7	2,7	7,4

Примечание: V — среднесуточная интенсивность движения за год (с 1971 по 1972 г.); V' — среднесуточная интенсивность движения за 10 лет (с 1973 по 1983 г.); A — число участников дорожного движения, вовлеченных в 31 ДТП, зарегистрированное в 1971—1972 гг.

лях от единицы; P_2 — показатель уменьшения числа ДТП после внедрения меры № 2 и т. д.

Например, предположим, что для отрезка дороги по расчетам уширение проезжей части позволит уменьшить число ДТП на 0,38, укладка нового дорожного покрытия — на 0,12 и разметка края проезжей части — на 0,14. Сумма этих показателей дает показатель общего эффекта, равный $0,38 + 0,12 + 0,14 = 0,64$. Однако более реальное значение дает вычисление этого показателя по формуле (9.14):

$$P_t = 1 - (1 - 0,38)(1 - 0,12)(1 - 0,14) = 1 - 0,62 \cdot 0,88 \cdot 0,88 = 0,53.$$

Экономическая сторона уменьшения аварийности на дорогах. Не существует надежной информации для вычисления денежного эквивалента ущерба от ДТП, так как сбор и анализ этих данных проводятся нерегулярно.

Разработанные в США приблизительные показатели ущерба от ДТП, рассчитанные для условий 1972 г., были даны в этой главе.

Величины этих показателей растут из года в год в связи с инфляцией и по ряду других причин. Использовать эти показатели при определении ущерба от ДТП следует осторожно, особенно на тех местах дорожной сети, где количество зарегистрированных ДТП невелико и статистическая достоверность этих данных низкая.

Например, если среди случившихся ДТП до внедрения некоторой меры не было зафиксировано ни одного с гибелью людей и одно ДТП с гибелью людей

произошло в течение года после ее внедрения, эффективность этой меры может оказаться необоснованно скомпрометированной.

Из вышесказанного становится ясно, что вычисление денежного эквивалента ущерба от дорожно-транспортных происшествий ведется весьма приближенно, но тем не менее на его основе можно сделать ценные выводы относительно выбора меры по улучшению безопасности движения.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

По существу определение экономической эффективности мер по увеличению безопасности движения заключается в сравнении ежегодной суммы экономии, получающейся в результате ожидаемого снижения аварийности и расчетных затрат (приведенных к одному году), связанных с внедрением в жизнь соответствующей меры по увеличению безопасности движения.

Приведенная к одному году сумма затрат на внедрение меры по увеличению безопасности движения включает стоимость строительства, деленную на ожидаемый срок службы. Срок службы является основным элементом в этом расчете и данные, используемые для его определения, во многом основываются на показателе годовых расходов. Некоторые из капитальных улучшений условий транспортного движения, такие, как перепланировка дороги, имеют неопределенный срок службы. Другие, как, например, постройка новых мостов, могут иметь срок службы 30 лет. Ограждения и дорожные знаки могут заменяться или обновляться каждые 20 лет.

В сумму затрат должна включаться увеличенная стоимость эксплуатации. Некоторые меры могут снизить эксплуатационные расходы, например замена мостов, которые должны окрашиваться, водопропускными трубами, не требующими никакой окраски.

Сумма годовых затрат представляет собой величину первоначальных капиталовложений, умноженную на амортизационный коэффициент. Ниже приведен гипотетический пример экономического расчета двух вариантов улучшения условий дорожного движения через узкий мост:

Новый мост Установка дорожных знаков и ограждений на подходах

Стоимость строительства, долл.	45 000	6 000
Предполагаемый срок службы, годы	30	15
Приведенная годовая стоимость, долл.	3 269	618
Эксплуатационные годовые расходы, долл.	50	30
Суммарная стоимость за год, долл.	3 319	648

Новый мост, вероятно, в гораздо большей степени снизит аварийность, чем если бы был оставлен узкий мост со знаками и ограждениями на подходах к мосту.

Процентное уменьшение аварийности при внедрении каждого из вариантов может быть рассчитано вышеприведенным способом. Может быть определена экономическая эффективность каждого из двух указанных вариантов. Например, в этом примере среднегодовое число ДТП прием равным 3,7, суммарная стоимость ущерба от которых составляет 4100 долл.

Тогда экономическая эффективность может быть определена следующим образом:

Новый мост Установка дорожных знаков и ограждений на подходах

Величина ущерба от ДТП в среднем за год до внедрения варианта, долл.	4100	4100
Долевое значение уменьшения аварийности	0,9	0,2
Величина снижения стоимости ущерба от ДТП в среднем за год после внедрения варианта, долл.	3700	820
Приведенная годовая стоимость варианта, долл.	3319	648
Годовой экономический эффект, долл.	381	172
Коэффициент рентабельности варианта	1,11	1,27

Коэффициент рентабельности варианта, снижающего аварийность, рассчитывается как отношение величины снижения стоимости ущерба от ДТП после внедрения этого варианта в среднем за год к приведенной годовой стоимости варианта за год. Эти коэффициенты рассчитаны в рассмотренном примере. Вариант с установкой знаков и ограждений на подходах к мосту более рентабелен, так как позволяет на каждый затраченный доллар снижать материальный ущерб от ДТП на 1,27 долл., в то время как вариант строительства нового моста позволит на каждый вложенный в строительство доллар экономить меньшую сумму, а именно 1,11 долл.

Учитывая эту незначительную разницу, можно провести другой анализ вариантов с точки зрения выбора окончательного решения. Снижение годовой стоимости ущерба от дорожно-транспортных происшествий при строительстве нового моста более чем в 2 раза превышает эту сумму годовой экономии при использовании второго варианта.

В табл. 93 приведены значения коэффициентов рентабельности, взятые из ряда источников.

При решении вопроса об использовании любого варианта снижения аварийности должны приниматься во внимание также другие возможные показатели экономии, не зависящие от снижения числа ДТП. Например, использование светофоров может не быть полностью обоснованным в тех местах, где они обеспечивают только экономию на снижении ущерба от аварийности, но их установка полностью оправдана в тех местах, где они обеспечивают дополнительную экономию на уменьшении транспортных задержек.

Перспективный рост интенсивности транспортного движения может также влиять на показатель экономической эффективности. В предыдущем примере не учитывался рост интенсивности движения. Если предположить, что в течение ближайших 15 лет (срок службы наименее дорогостоящего варианта улучшения условий движения) средний показатель этой интенсивности будет в 1,5 раза выше, чем существующий, тогда рассматриваемый пример может быть представлен в следующем виде:

<i>Годовые расходы</i>	<i>Новый мост Знаки и ограждения подходов</i>	
Перспективный ущерб от ДТП без принятого варианта (4100 долл. \times 1,5), долл.	6150	6150
Приведенная годовая стоимость варианта, долл.	3319	648
Уменьшение ущерба от ДТП после внедрения варианта при той же интенсивности движения, долл.	3700	820

Уменьшение ущерба от ДТП после внедрения варианта при интенсивности движения на 50% превышающую существующую, долл. . . .	5550	1230
Экономическая эффективность варианта, долл.	2231	582
Коэффициент рентабельности варианта	1,67	1,90

Анализ результатов внедрения мер по уменьшению аварийности. Оценка каждого из вариантов мероприятий, направленных на снижение числа ДТП, позволяет определить, какие из этих вариантов могут быть применены на практике с достаточной степенью эффективности, а какие — нет. Об эффективности этих мер можно судить по числу ДТП до и после их внедрения. Для устранения влияния времени года на оценку аварийности должно подсчитываться и сравниваться число ДТП за полные 12 мес. до и после внедрения определенной меры. Если внедрение меры безопасности продолжается более недели, те месяцы, в течение которых происходит строительство, должны быть исключены из анализа аварийности, но все равно анализируемые периоды до и после внедрения должны включать полные 12 мес.

Если было зарегистрировано более чем 10%-ное увеличение или уменьшение интенсивности транспортного движения за анализируемые периоды, должна быть проведена корректировка числа ДТП после внедрения меры безопасности по описанной выше методике. После этого разность между числом ДТП за 12 мес. до

Т а б л и ц а 9.3

Коэффициенты рентабельности для различных вариантов снижения аварийности

Варианты	Средние величины капиталовложений, долл	Годовая приведенная стоимость, долл	Снижение стоимости ущерба от ДТП в год, долл *	Коэффициент рентабельности
1. Направляющие устройства	440	102	2 742	27,0
2. Защитные ограждения	2 230	289	3 751	13,0
3. Мигающие сигналы	2 740	355	1 250	3,5
4. Модифицированные светофоры	7 600	1 176	3 069	2,9
5. Модифицированные светофоры и канализованные движения	20 330	2 633	6 722	2,6
6. Канализирование движения на пересечениях	13 240	1 275	3 120	2,4
7. Новые светофоры	14 530	1 165	2 248	1,9
8. Реконструкции и комбинированные меры	34 470	2 764	2 648	0,95
10. Уширение дороги на длине 1,6 км в год	21 856	1 752	1 655	0,95
11. Модернизация дороги в соответствии с нормами безопасности на длине 1,6 км в год	33 300	2 310	548	0,24
	126 300	8 800	177	0,02

* Ущерб от одного ДТП принимается равным 662 долл. (средняя стоимость ущерба для всех категорий тяжести ДТП).

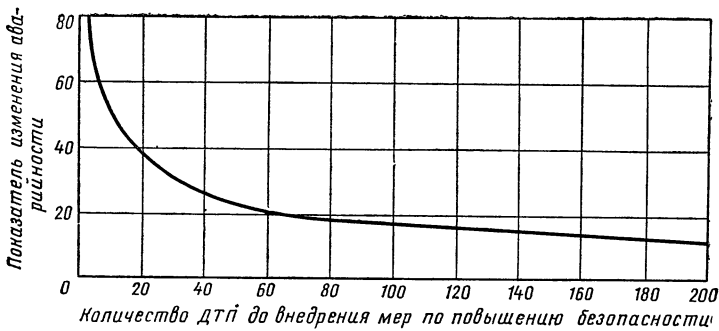


Рис. 9.3. График для оценки надежности показателя процентного изменения числа ДТП в определенном месте дорожной сети после внедрения мер безопасности. Значения показателей аварийности, лежащие ниже кривой, не надежны

и после внедрения меры по снижению аварийности должна быть разделена на число ДТП за 12 мес до внедрения, что позволяет получить показатель снижения (или увеличения) аварийности в результате внедрения меры безопасности.

Доверительная вероятность в этом показателе зависит от того, насколько большое число реальных данных было представлено на анализ.

Уменьшение аварийности от трех участников ДТП до двух может быть выражено показателем, равным 0,33; этот же показатель соответствует уменьшению числа участников ДТП от 30 до 20. Но первый вариант менее достоверен, чем последний.

Для определения уровня значимости этого различия используется аппарат математической статистики. На практике можно пользоваться кривой, представленной на рис. 9.3, которая показывает, что уменьшение числа ДТП от трех до двух не обеспечивает значимости показателя снижения аварийности, а уменьшение от 30 до 20 обеспечивает его значимость. Аналогичная методика может быть применена для того, чтобы определить, является ли увеличение аварийности следствием малой эффективности использованной меры или оно зависит от случайных причин.

Если показатель снижения аварийности (выраженный в виде дроби или процента) незначим, необходим анализ большего числа данных. Это может быть достигнуто увеличением продолжительности периода наблюдений за аварийностью как до, так и после внедрения меры по безопасности движения, что позволяет получить большее число анализируемых случаев ДТП.

Если подобная методика используется для ряда мест дорожной сети, где, например, были установлены сменные дорожные знаки, данные по аварийности как до, так и после установки этих знаков на всех исследуемых местах суммируются, что позволяет получить средний показатель снижения аварийности во всей этой группе мест.

Большее число данных о ДТП даст возможность получить более надежные показатели, характеризующие эффективность применяемых мер по увеличению безопасности движения.

Полезной может оказаться диаграмма столкновений для ДТП, имевших место после внедрения мер по снижению аварийности. Ее сравнение с диаграммой столкновений для дорожно-транспортных происшествий, которые были зарегистрированы до внедрения анализируемых мер, позволяет получить информацию об изменении характера столкновений.

Сравнение диаграмм столкновений до и после внедрения мер по снижению аварийности позволяет получить информацию не только об изменениях числа дорожно-транспортных происшествий, но также и о степени их тяжести. Эти диаграммы могут показать также, почему принятые меры по повышению уровня безопасности движения не дали эффекта по снижению аварийности и дать возможную информацию о мерах преодоления этих трудностей.

Глава 10

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Исследование интенсивности движения заключается в измерении темпа прохождения автомобилей через заданное сечение дороги. Интенсивность движения является одной из основных мер степени важности дороги. Учет движения может быть подразделен по времени дня, направлению движения и типам автомобилей.

Локальные измерения интенсивности движения проводятся для получения данных об интенсивности движения на определенных участках дорог и улиц. Такие данные необходимы для проектирования автомобильных дорог, анализа их пропускной способности и эксплуатационных характеристик, расчета параметров светофорного регулирования.

Данные об интенсивности движения собираются по направлениям или классифицируются по типам автомобилей (желательно использовать минимальное число классов) и записываются через каждые 10, 15 мин или за 1 ч наблюдения. На постах временного учета продолжительность обследования колеблется от одного дня до недели (при использовании автоматического оборудования). При ручном учете его продолжительность обычно составляет несколько часов, включающих в себя периоды пикового движения транспортных средств. Для получения данных о характере дневных колебаний учет интенсивности движения проводится в течение двух—шести периодов и полученные данные усредняются. Серия краткосрочных отсчетов внутри рассматриваемого периода времени может проводиться следующим образом. Интенсивность движения в сечении просчитывается в течение 5 мин каждого часа дня; один наблюдатель при этом может учитывать интенсивность на нескольких различных участках (до шести), используя 5 мин для отдыха и перехода от одного сечения к другому. Результаты пятиминутных отсчетов в каждом сечении умножают на 12 и получают оценку часовой интенсивности на рассматриваемом участке. Получаемая при этом ошибка не превышает нескольких процентов.

Интенсивность движения на перекрестках обычно учитывают вручную. На перекрестках с малой интенсивностью подсчет может осуществляться одним наблюдателем, а на перекрестках с высокой интенсивностью — двумя или более. Каждый наблюдатель подсчитывает автомобили, входящие на перекресток как максимум с двух примыкающих подходов, записывает потоки сквозного и поворотного движения и классифицирует автомобили по типам. Подсчеты обычно суммируются каждые 15 мин. Учет интенсивности движения по полосам требует большего числа наблюдателей.

Учет движения на перегонах обычно выполняется автоматически. Если требуется определить только суммарную интенсивность движения, используется один счетчик, если же нужно знать распределение ее по направлениям, используются два счетчика. Для оценки состава потока транспортных средств проводятся краткосрочные отсчеты вручную, случайным образом распределенные между пиковыми и внепиковыми периодами движения транспортных средств.

Обработка данных локальных исследований зависит от типа требуемой информации.

Примером статистического анализа данных локального исследования является сравнение доли грузовых автомобилей в процентах, полученной в двух обследованиях одного и того же участка в различное время дня. В первом обследо-

вании из 400 зарегистрированных автомобилей 40 явились грузовыми, а во втором из 600 автомобилей грузовых было 100. Расчет проводится следующим образом:

1. Находят средневзвешенный процент грузовых автомобилей: $100(40+100) : (400 \times 600) = 14\%$ (предполагаем, что в обоих случаях процент грузовых автомобилей определен достаточно точно).

2. Исходя из найденного средневзвешенного процента находят ожидаемое число грузовых и легковых автомобилей в обоих случаях:

Первое обследование: грузовых автомобилей $(0,14 \times 400) = 56$;
 легковых автомобилей $(0,86 \times 400) = 344$.
 Второе обследование: грузовых автомобилей $(0,14 \times 600) = 84$;
 легковых автомобилей $(0,86 \times 600) = 516$.

3. Определяют квадрат разности между действительно наблюдаемыми и ожидаемыми величинами, полученные результаты делят на ожидаемое значение и суммируют. Полученная сумма известна как статистика «хи—квадрат»:

$$\frac{(40-56)^2}{56} + \frac{(360-344)^2}{344} + \frac{(100-84)^2}{84} + \frac{(500-516)^2}{516} = \\ = 4,57 + 0,74 + 3,05 + 0,50 = 8,86.$$

4. Из таблицы распределения «хи—квадрат» видно, что полученная величина превышает 3,84 и, следовательно, 10% грузовых автомобилей, зарегистрированных в первом обследовании, и 16,7%, зарегистрированных во втором, являются существенно различными.

Зональное обследование проводят для получения пространственных и временных данных об интенсивности движения транспортных средств на сети дорог и улиц определенной зоны.

Реализуя непрерывную программу выборочных учетов интенсивности движения через регуляторные промежутки времени, получают данные, характеризующие как краткосрочные изменения интенсивности движения, так и долгосрочную тенденцию ее изменения.

В большинстве областей административного деления США в течение многих лет проводится непрерывная программа обследования интенсивности движения на основе хорошо отработанной методологии.

Интенсивность движения изменяется в течение дня, дней недели и времени года. Теоретическое обоснование метода зонального обследования может быть выражено кратко следующим образом: доля суточного движения за любой данный период времени суток является постоянной величиной во всех сечениях участка маршрута (где характеристики движения являются однородными) или для маршрутов аналогичного характера в том же или подобных районах. Поэтому результаты краткосрочного обследования с использованием соответствующего коэффициента могут быть распространены на другой период времени. Это теоретическое обоснование может быть расширено для учета всех колебаний движения, включая сезонные, суточные и часовые.

Преобразование данных краткосрочного обследования в средние значения долгосрочного обследования может быть сделано следующим образом:

Оценка долгосрочного учета на участке A = (оценке краткосрочного учета на участке A) \times $\frac{\text{Долгосрочный учет на главном участке } B}{\text{Краткосрочный учет на главном участке } B}$.

где $\frac{\text{Долгосрочный учет на участке}}{\text{Краткосрочный учет на участке}}$ = переходному коэффициенту;

краткосрочный учет на участке A = величине краткосрочного учета на рассматриваемом участке;

долгосрочный учет на участке A = неизвестной оцениваемой величине долгосрочного учета на рассматриваемом участке;

краткосрочный учет на главном участке В-известному краткосрочному учету на ближайшем участке в тот же период, что и на участке А. Этот учет обычно является частью долгосрочного учета на главном участке;

Средний долгосрочный учет на главном участке В-известному среднему долгосрочному учету на примыкающем участке за период времени, для которого оценивается искомая величина на участке А.

Аналогично тому, как одно- или двухчасовой учет может быть преобразован в среднесуточный, однодневный учет может быть переведен в средненедельный, месячный или годовой, а средний отсчет за зимний сезон — в средний летний. Сначала необходимо классифицировать улицы или дороги для определения маршрутов с аналогичными характеристиками. Обычно используют четыре основные классификации: скоростная магистраль, обычная магистраль, улица, соединяющая местные проезды с магистралью (коллекторная улица), и улица местного значения.

Улицы местного значения, в свою очередь, подразделяются на улицы жилых массивов, торговых и промышленных районов.

Исследование движения в черте города. Поскольку одновременное обследование всех участков исследуемого района города является непрактичным, отсчеты, сделанные в различные периоды времени, приводятся к общему базису при помощи постоянного контрольного отчета. Для оценки среднесуточной интенсивности движения проводится корректировка выборочных отсчетов. Главные посты учета устанавливают на основной системе улиц. По крайней мере один пункт учета должен быть расположен на каждой скоростной или обычной магистрали и улице, соединяющей местные проезды с магистралью. Рекомендованный минимум продолжительности и частоты обследования — сутки машинного учета каждый второй год. Второстепенные посты используются для определения размеров движения на характерных участках сети улиц местного значения. В небольшом городе в каждом классе улиц местного значения должно быть установлено не менее трех постов.

На каждом из постов каждый второй год проводится односуточный автоматический учет (без учета направления движения).

Ключевые посты учета используются для определения часовых суточных и сезонных колебаний объемов движения.

Для каждого класса улиц необходимо выбирать по крайней мере один ключевой пост. Ежегодно проводится однонедельный автоматический учет интенсивности движения (без учета направления движения) и ежемесячно и ежеквартально суточный автоматический отсчет (без учета направления движения). Суточные отсчеты на всех постах осуществляются в рабочие дни недели.

Зональное обследование проводят для оценки среднесуточного объема движения по всей системе улиц. На контролируемых участках скоростных и обычных магистралей, а также коллекторных улиц проводится суточный учет без учета направленности движения.

Учет повторяется каждый четвертый год или реже. Зональные обследования могут проводиться с помощью описанного ниже метода плавающего автомобиля. На улицах местного значения проводится суточный автоматический учет на каждой миле (1,6 км) улицы (без учета направлений движения). Обследование повторяется по мере необходимости.

Обследование движения с разделением автомобилей по типам проводится вручную. При этом обычно ограничиваются 14-часовым периодом любого рабочего дня недели с 6 утра до 8 ч вечера. Данные об интенсивности записываются по направлениям движения ежечасно.

При планировании городского транспортного процесса нередко требуется проведение обследования движения на каждом перегоне или участке дорожно-уличной сети.

Как правило, на каждом перегоне проводятся два суточных обследования с учетом движения по направлениям. Учет направления движения в часы пик может проводиться на главных постах выборочного учета. В этих случаях также широко применяется метод плавающего автомобиля.

Исследование движения вне населенных пунктов и городов. Программы обследования движения вне населенных пунктов и городов существенно отличаются между собой в зависимости от типа и размеров подлежащей исследованию территории. Классификация загородных дорог базируется на характере движения автомобилей по ним, на протяженности и ряде других факторов. Рекомендуются использовать несколько постов учета для каждого класса дорог. На каждом таком посту учет движения транспортных средств проводится непрерывно весь год. Менее важные посты учета регистрируют движение одну неделю в месяц. Зональные посты расположены на всех участках дорог и осуществляют подсчет двое — четверо суток в неделю. Для дорог со среднесуточным объемом движения более 500 автомобилей отмечаются стандартные ошибки, меньшие 10%, а для дорог со среднесуточным движением 100 автомобилей стандартная ошибка составляет около 20% т. е. примерно $\frac{2}{3}$ зональных постов действительные величины среднесуточных объемов движения отклоняются от расчетных менее чем на 0,20 действительной величины среднесуточного объема движения.

Для того чтобы данные обследования движения внутри были сопоставимы между собой, среднесуточный объем движения обычно рассчитывают для каждого участка дороги с использованием переходных коэффициентов, полученных с постов учета.

В последнее время в масштабах США введена в действие централизованная система получения и обработки данных по дорожному движению. Детекторы соединяются с небольшими компьютерами, периферийные компоненты подключают к центральной ЭВМ при помощи арендуемых телефонных линий. Данные могут обобщаться в любой желаемой форме.

Учет всех автомобилей и лиц, входящих или выходящих из обследуемой зоны (кордонный учет). Кордонный учет осуществляется для получения сведений о суммарном количестве автомобилей определенных типов (или) пассажиров в пределах участка, ограниченного кордонной линией, а также о количестве автомобилей, въезжающих и выезжающих из обследуемой территории в зависимости от времени дня. Кордонный учет служит для исследования автомобильного движения в центральном деловом районе города или движения из центрального района города, городов в целом или метрополий. Этот учет может являться частью всестороннего обследования движения для определения пунктов отправления и назначения автомобильных поездок или использоваться через регулярные периоды времени для получения данных, характеризующих тенденцию изменения интенсивности движения.

Кордонная линия определяется как граница обследуемого участка. Корректировка кордонной линии может быть сделана для сокращения числа пересекающих ее улиц. На всех пересекающих кордонную линию улицах устанавливаются посты учета (на улицах местного значения с незначительной интенсивностью движения постов учета можно не ставить).

Соответственным образом классифицированный подсчет движения по направлениям проводится на каждом посту в течение 12- или 24-часового периода (продолжительность периода обследования зависит от требуемой информации). По возможности желательно, чтобы на всех постах учет проводился в один и тот же день; однако при необходимости обслуживания набора нескольких постов учета кордонный учет может продолжаться несколько недель. При помощи контрольных отсчетов все полученные данные приводятся к одному общему дню.

Анализ полученных данных зависит от вида требуемой информации. При исследовании центральных деловых районов городов первостепенный интерес приобретают характеристики накопления автомобилей в пределах зоны кордонного учета. Часто накопление автомобилей изображают графически (рис. 10.1). Данные о числе автомобилей, находящихся в зоне в момент начала исследования, получают при помощи обследования занятости стоянок.

Исследование движения на границе зон. Исследование на границе зон движения проводится для определения размеров между этими зонами. Некоторые

исследования такого рода выполняют через регулярные промежутки времени, что позволяет определить долгосрочные тенденции изменения объемов межзонального движения. Исследования движения на границе зон используют также для проверки точности данных обследования источников поездок и их назначений.

Исследования движения на границе зон проводят так же, как и кордонные обследования. Границей зон может служить река, горный массив, железная дорога или другое препятствие физико-географического характера. Если границу зоны устанавливают искусственно, то ее проводят таким образом, чтобы число пересекающих ее дорог было минимальным. При этом стараются избегать также повторных пересечений интенсивных транспортных потоков.

Оборудование для исследования интенсивности движения. Оборудование для автоматического подсчета объемов движения обычно содержит два основных элемента: детектор, регистрирующий присутствие или прохождение по дороге транспортных средств, и счетчик для накопления данных подсчета числа транспортных средств, зафиксированных в данном месте за определенные промежутки времени. Ошибки, допускаемые при автоматическом подсчете объемов движения обычно не превышают 2%.

Детекторы. Разработан ряд устройств для регистрации проходящих транспортных средств. Детекторы бывают портативными — для кратковременных обследований, и стационарными — на постоянных постах.

<i>Тип и наименование</i>	<i>Регистрация при помощи</i>
Стационарные	
Ленточный	электрического контакта
Фотоэлектрический	света
Магнитный	электрического поля
Индуктивный петлевой	»
Радарный	радиосигнала
Ультразвуковой	звука
Инфракрасный	теплового излучения
Портативные	
Пневматический	давления
Ленточный	электрического контакта

Как видно, детекторы могут быть чувствительны к теплу, свету, давлению, звуку, взаимодействию электрических или магнитных полей. Детектор классифицирует автомобили по высоте, длине или числу осей.

При краткосрочных обследованиях наиболее часто используют пневматические детекторы, в которых чувствительным элементом является гибкий шланг, закрепляемый поперек проезжей части дороги. При наезде на шланг колес автомобиля формируется воздушный импульс, который через пневматический переключатель замыкает электрическую цепь и включает счетчик.

Другой тип детектора содержит два металлических контакта, разделенных прокладками и встроенных в гибкую оболочку. Наезд колес автомобилей приводит к замыканию контактов. Эти устройства могут быть смонтированы стационарно в неглубокую канавку на мостовой.

Оба эти типа датчиков регистрируют не автомобили, а оси транспортных средств, поэтому автомобили с числом осей более двух вносят ошибку в кумулятивный счет. Вероятность ошибки возрастает с увеличением доли грузовых перевозок в автомобильном движении. Ошибки могут быть компенсированы проведением краткосрочного учета с подразделением автомобилей по типам и вычислением поправочного коэффициента.

Некоторые стационарные посты учета на загородных двухполосных дорогах используют фотоэлектрические детекторы. Один или два световых луча направлены через дорогу на фотоэлементы. При прерывании луча транспортным средством вырабатывается электроимпульс, поступающий на счетчик. Такие детекторы применяются в туннелях.

Магнитный и индуктивный петлевой детекторы регистрируют возмущение электрического поля или изменения индуктивности петли, возникающие при появлении автомобиля в зоне чувствительности детектора.

Для учета автомобильного движения разработаны также электронные детекторы, устанавливаемые над проезжей частью дороги. Существуют три основных типа таких детекторов: радарный, ультразвуковой и инфракрасный. Для регистрации движения автомобиля радарные детекторы используют пучки высокочастотного радиоизлучения и доплеровский сдвиг частоты отраженного движущимся автомобилем сигнала. В ультразвуковых и инфракрасных детекторах для регистрации автомобилей используют соответственно ультразвуковое и инфракрасное излучение.

Другие модели электронных детекторов разработаны для использования в системах управления движением и охватывают сразу несколько полос движения. При использовании таких детекторов для обследования получают заниженные результаты наблюдений из-за наличия ситуаций, когда в зоне действия детектора находятся сразу несколько транспортных средств.

Счетчики. В самых простых счетчиках автомобильного движения без записывающих устройств показания сумматора снимаются вручную через необходимые интервалы времени, например через каждые 24 ч. При этом единственными получаемыми данными являются суммарные отсчеты за период времени между двумя последовательными считываниями. Эти счетчики могут быть оборудованы часовым механизмом, который включает и выключает их в установленное время, фиксируя на регистраторе необходимый итог.

В одном из типов записывающего счетчика печатное устройство, приводимое в действие часовым механизмом, переносит показатели регистратора на бумажную ленту в заранее установленные периоды. Обычно промежуточные итоги печатаются каждые 15 мин и регистратор автоматически устанавливается на ноль каждый час.

Разработаны также счетчики с циркулярно-графической записью. На циркулярную диаграмму можно записывать объемы движения от 0 до 1000 автомобилей за каждые 5, 10, 15, 20, 30 и 60 мин обследования, проводимого в течение 24 ч или 7 дней. Расстояние, проходимое записывающим пером от центра диаграммы, пропорционально интенсивности движения; вращение диаграммы выполняет функцию времени. Имеются счетчики, записывающие интенсивность движения в двоичном коде на специальную ленту. Далее лента может обрабатываться вручную или с помощью ЭВМ.

Учет интенсивности движения вручную. Ручной учет проводится тогда, когда требуемые данные не могут быть получены механическими или автоматическими счетными устройствами или когда стоимость установки такого оборудования превышает расходы по сбору данных вручную. Такой метод используется при определении интенсивности поворотных движений на перекрестке, классификации автомобилей по типам и установлении соотношения между отсчетом автомобилей и отсчетом их осей.

Наблюдатель в обычных ситуациях в состоянии учитывать от 1000 до 1500 автомобилей в час с ошибкой, не превышающей 1%.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

В этом разделе излагаются различные методы исследования скоростей движения транспортных потоков; описываются методики исследования и применяемое оборудование.

Локальные исследования скоростей движения. Измерение скоростей автомобилей на определенном участке дороги называется локальным исследованием

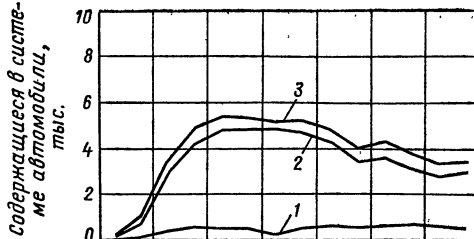


Рис. 10.1. Почасовой анализ накопления автомобилей в исследуемой зоне при помощи данных кордонного учета:

1 — грузовые автомобили; 2 — легковые автомобили; 3 — все автомобили

скорости Объем выборки при этом должен быть достаточным для точного определения требуемых характеристик. Скоростные характеристики, получаемые локальными исследованиями, находят широкое применение. Благодаря периодическим исследованиям в одном и том же сечении может быть определена тенденция изменения скорости. Локальные исследования имеют существенное значение для: 1) установления скоростной зоны, 2) обоснования ответов на жалобы по превышению скорости, 3) необходимого ограничения режимов движения, 4) определения необходимости установки указателей безопасной скорости движения на поворотах, 5) установки дорожных знаков, регулирующих режимы движения, предупредительных и указательных знаков соответствующего размера и на требуемых участках, 6) определения размеров зон запрещенного обгона, 7) анализа дорожно-транспортных происшествий.

Исследование скоростей до и после улучшения условий движения дает возможность оценить эффективность рассматриваемых инженерно-технических мероприятий.

При измерении локальных скоростей необходимо иметь в виду различие между пространственными и временными распределениями, рассматриваемыми в гл. 4. Если данные о скорости получаются при одновременном замере мгновенных скоростей всех автомобилей на участке дороги (например, путем изучения двух аэрофотоснимков, сделанных через короткие промежутки времени), то результатом явится пространственное распределение; последовательный же замер скоростей автомобилей, проходящих через сечение дороги, даст временное распределение. Эти распределения и соответствующие им средние значения не совпадают между собой, так как временное распределение скорости имеет большее среднее значение, чем пространственное распределение.

Соотношение между средней временной скоростью и средней пространственной скоростью имеет вид

$$\bar{u}_t = \bar{u}_s + \frac{\sigma_s^2}{\bar{u}_s},$$

где σ_s^2 — варианта пространственного распределения; \bar{u}_t — средняя временная скорость; \bar{u}_s — средняя пространственная скорость.

Исследование скорости движения на маршруте. Средняя скорость \bar{u} движения по маршруту протяженностью L км определяется из соотношения

$$\bar{u} = \frac{60L}{t},$$

где t — время поездки, мин.

Метод плавающего автомобиля также можно использовать для определения средних скоростей движения по маршруту. Когда требуется определить среднюю скорость автомобиля в движении (техническая скорость), то время, затраченное на остановки, вычитается из знаменателя в вышеприведенной формуле. Когда о скорости на участке дороги длиной L требуется более подробная информация, то скорость удобно описывать средним значением и дисперсией, называемой «шумом ускорения» (см. гл. 7). На практике «шум ускорения» определяется измерением промежутков времени Δt_i , за которые скорость движения изменяется на 3 км/ч.

Методы и оборудование. Для определения мгновенных скоростей на участке используются два основных метода. Один из них заключается в измерении времени, затрачиваемого автомобилем на прохождение заданного короткого отрезка дороги, другой — в определении скорости движущегося автомобиля с помощью соответствующих приборов.

На практике время проезда автомобилем заданного участка (базы) определяется с помощью секундомера.

Границы базы могут быть размечены на проезжей части, однако такая практика может привести к ошибкам из-за параллакса. Этого можно избежать применением простого устройства, называемого эноскопом (открытая с обоих концов трубка L -образной формы с установленным в ней под углом 45° зеркалом). Эноскоп поворачивает визуальную линию наблюдения таким образом, что она становится

перпендикулярной к направлению движения автомобилей. В момент пересечения автомобилем границы базы наблюдатель видит в приборе вспышку света. Желательно установить эноскопы на обеих границах базы (рис. 10.2). При этом может быть получена точность до 3 км/ч

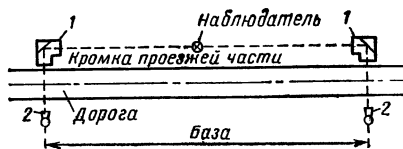


Рис. 10.2. Типичная схема с использованием двух эноскопов:

1 — эноскопы; 2 — источники света для ночных исследований

Наиболее широко для измерения скоростей используются радары. Действие радарного скоростемера основано на эффекте изменения частоты радиоволн, отраженных от движущихся целей; при этом изменение частоты прямо пропорционально скорости движения этих целей. Разработано несколько моделей радаров, отличающихся между собой лишь некоторыми эксплуатационными характеристиками. Основное преимущество радарных скоростемеров заключается в их компактности и простоте эксплуатации. Однако при высокой интенсивности движения радар уже «не различает» отдельные автомобили. Гарантируемая точность измерений составляет 3 км/ч

Для измерения скорости используются также кино съемка, 20-канальные самописцы и фотоэлектрические детекторы. Фотографическая техника используется чаще всего в тех случаях, когда необходимо измерить скорость более чем одного потока автомобилей. Она кратко рассматривается в разделе, посвященном исследованию транспортных потоков.

Объем выборки. Обычно выборка должна содержать скорости по крайней мере 50 (предпочтительно 100 и более) автомобилей. Для оценки необходимого объема выборки используется метод, основанный на среднесуточном объеме интенсивности движения на данном участке.

На рис. 10.3 показана связь между объемом выборки и стандартным отклонением для медианы и 95%-ной скорости. Стандартное отклонение скорости может быть оценено на основе данных, приведенных в гл. 4. Когда требуется получить среднесуточные величины, исследования обычно проводят в следующие периоды времени: от 9 до 12 ч, от 15 до 18 и от 20 до 22 ч. Как правило, исследования проводятся в хороших погодных условиях.

При низкой интенсивности движения (менее 200 авт/ч) наблюдатель может измерять скорости практически всех автомобилей. При более высоких интенсивностях уже нельзя измерить скорость каждого автомобиля, и поэтому это надо делать выборочно.

Чтобы избежать смещения результатов, выбор автомобилей из транспортного потока для измерений скорости движения должен проводиться случайным образом.

К общим ошибкам, ведущим к возникновению смещения результатов и методам уменьшения этих ошибок, относятся следующие.

1. В группе движущихся автомобилей для измерения всегда выбирают первый из них. Поскольку движущиеся за ним автомобили стремятся ехать по крайней мере так же быстро, как и он, результат оказывается смещенным в сторону меньших скоростей. Когда автомобили движутся группами, измерения необходимо проводить, варьируя положение транспортного средства в группе.

2. Для измерений выбирают слишком большое число грузовых автомобилей. Их скорости могут быть непредставительными для остальных автомобилей выборки. Необходимо попытаться получить в выборке приблизительно такую же пропорцию грузовых автомобилей, какая фактически существует в наблюдаемом потоке

3. Стремятся получить в выборке слишком большую долю автомобилей, движущихся с высокими скоростями. Неопытный наблюдатель, как правило, игнорирует движущиеся с нормальной скоростью автомобили с тем, чтобы успеть «поймать» приближающиеся с высокой скоростью автомобили или замерить все автомобили с высокими скоростями. При этом результаты измерений смещаются

Таблица 10.1

Данные исследования мгновенных скоростей

Время* t_n , с	Число наблю- дений f_n	Кумулятив- ный процент** P_n	$f_n t_n$	$f_n t_n^2$	Скорость U_n , мили/ч	$f_n u_n$	$f_n u_n^2$
2,0	1	100,0	2,0	4,0	30,0	30,0	900
2,2	2	99,2	4,4	9,7	27,3	54,6	1491
2,4	2	97,7	4,8	11,5	25,0	50,0	1250
2,6	4	96,2	10,4	27,0	23,1	92,4	2134
2,8	7	93,1	19,6	54,9	21,4	149,8	3206
3,0	15	87,7	45,0	135,0	20,0	300,0	6000
3,2	22	76,2	70,4	225,3	18,8	413,6	7776
3,4	16	59,2	54,4	185,0	17,6	281,6	4956
3,6	12	46,9	43,2	155,5	16,7	200,4	3347
3,8	11	37,7	41,8	158,8	15,8	173,8	2746
4,0	9	29,2	36,0	144,0	15,0	135,0	2025
4,2	7	22,3	29,4	123,5	14,3	100,1	1431
4,4	5	16,9	22,0	96,8	13,6	68,0	925
4,6	6	13,1	27,6	127,0	13,0	78,0	1014
4,8	3	8,5	14,4	69,1	12,5	37,5	469
5,0	0	6,2	0,0	0,0	12,0	0,0	0
5,2	2	6,2	10,4	54,1	11,5	23,0	264
5,4	3	4,6	16,2	87,5	11,1	33,3	370
5,6	1	2,3	5,6	31,4	10,7	10,7	114
5,8	0	1,5	0,0	0,0	10,3	0,0	0
6,0	1	1,5	6,0	36,0	10,0	10,0	100
6,2	1	0,8	6,2	38,4	9,7	9,7	94
Итого	130		4698,	1774,5		2251,5	40612

в сторону более высоких скоростей. Отдельные свободно движущиеся автомобили не должны составлять заметной доли в выборке.

Анализ и представление данных. Анализируя данные локальных измерений, можно получить несколько характеристик транспортного потока.

Ниже приводится пример статистической обработки данных измерения мгновенных скоростей транспортных средств в черте города. В табл. 10.1 представлена серия из 130 измерений мгновенных скоростей, сделанных при помощи хронометрирования прохождения автомобилей через базу длиной 26 м. Показания секундомера сгруппированы в классы по 0,2 с. Первая колонка таблицы показывает среднюю точку наблюдений каждой группы, вторая колонка — частоту наблюдений. Кумулятивный процент, показанный в третьей колонке, получен делением каждой кумулятивной частоты (например, восемь автомобилей проехали базу за 5 или более секунд) на общее число наблюдений и умножением результата на 100 ($8 \times 100 : 130 = 6,2\%$). Следующие две колонки вычислены для получения величины среднего и варианты пространственного распределения скорости, шестая — скорость каждого класса. Последние две колонки используются для определения среднего и варианты временного распределения.

В выборочное среднее. Средняя арифметическая временная скорость \bar{u} используется более часто и вычисляется по формуле

$$\bar{u} = \frac{\sum f_n \bar{u}_n}{N},$$

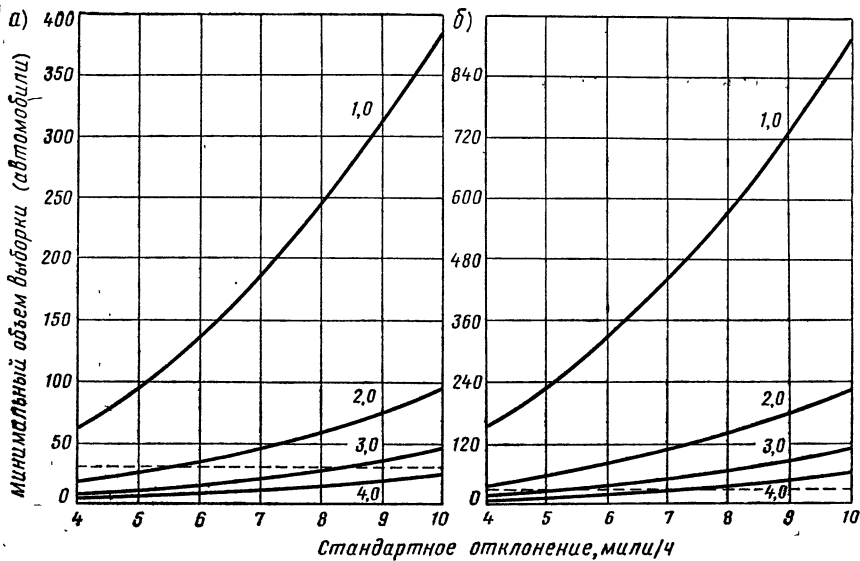


Рис. 10.3. Объем выборки для медианы (а) и скорости 95-процентной обеспеченности (б)

где $\sum f_n \bar{u}_n$ — сумма скоростей всех автомобилей (итог колонки 7); N — суммарное число наблюдений (итог колонки 2).

Пример расчета показан ниже.

Статистические расчеты с данными исследований мгновенных скоростей на участке.

$$\text{Среднее время} - \frac{469,8}{130} = 3,61 \text{ с.}$$

$$\text{Средняя пространственная скорость} - \frac{60}{3,61} = 16,6 \text{ мили/ч.}$$

$$\text{Средняя временная скорость} - \frac{2251,5}{130} = 17,3 \text{ мили/ч.}$$

$$\text{стандартное отклонение} \sqrt{\frac{40,612}{129} - \left(\frac{2251,5}{130}\right)^2} = 3,86 \text{ мили/ч.}$$

$$\text{Варианта } \sigma - (3,86)^2 = 14,9 \text{ мили/ч.}$$

$$7\text{-процентная скорость} = 12,3 \quad \gg$$

$$15\text{-} \quad \gg \quad = 13,7 \quad \gg$$

$$50\text{-} \quad \gg \quad = 17,5 \quad \gg$$

$$85\text{-} \quad \gg \quad = 20,3 \quad \gg$$

$$93\text{-} \quad \gg \quad = 22,3 \quad \gg$$

$$\text{Индекс асимметрии} - 2 \left(\frac{22,3 - 17,5}{22,3 - 12,3} \right) = 0,96$$

$$\text{Стандартная ошибка среднего} = \frac{14,9}{130} = 0,34 \text{ мили/ч.}$$

Стандартное отклонение. Стандартное отклонение распределения, из которого получена выборка, оценивается из соотношения

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f_n (u_n)^2}{N-1} - \left(\frac{\sum f_n u_n}{N} \right)^2}$$

Варианта σ^2 является квадратом стандартного отклонения.

Стандартная ошибка среднего. Эта величина определяет диапазон, в котором находится фактическая средняя скорость всего транспортного потока на том же участке и в то же время, когда проводилось выборочное обследование.

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}$$

где σ_u — стандартная ошибка среднего выборки; N — число наблюдаемых автомобилей.

С доверительной вероятностью в 95% можно утверждать, что истинная средняя скорость всего потока на данном участке в рассматриваемый момент времени находится в диапазоне, определяемом средним значением выборки \bar{u} , плюс-минус почти удвоенное значение стандартной ошибки σ_u . Как видно из приведенного расчета, истинное среднее находится в пределах 17,3 мили/ч плюс-минус примерно $2\sigma_u = (2 \times 0,54)$ или между 16,6 и 18,0 мили/ч (с доверительной вероятностью 95%).

Сравнение средних для двух исследований скорости. Для того чтобы определить, является ли существенной разница между средними скоростями для двух локальных исследований, необходимо оценить стандартное отклонение разности средних, пользуясь следующим соотношением:

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_{u1}^2 + \sigma_{u2}^2}$$

где σ_d — стандартное отклонение разности средних; σ_{u1}^2 — варианта среднего для первого исследования; σ_{u2}^2 — варианта среднего для второго исследования.

Если абсолютная величина разности средних скоростей выборок в 2 раза превышает стандартное отклонение разности средних, т. е. если $|d = \bar{u}_1 - \bar{u}_2| > 2\sigma_d$, то с 95%-ной вероятностью можно утверждать, что наблюдаемая разность средних скоростей является статистически значимой и вызвана не случайно. Пример расчета приведен ниже, где данные, использованные для оценки параметров распределения, не указаны.

Существенная разница средних скоростей

Параметр	Исследование 1	Исследование 2
Средняя скорость	17,3	19,0
Стандартная ошибка средней	0,34	0,50

$$\sigma_d = \sqrt{0,34^2 + 0,5^2} = 0,605;$$

$$|d| = |17,3 - 19,0| = 1,7$$

Так как 1,7 больше, чем $2(0,604)$, то разность между ними является достаточно существенной.

Графический анализ. Кумулятивный процент, вычисленный в табл. 10,1 строится графически в зависимости от верхнего предела каждой скоростной группы. В рассматриваемом примере пределы каждой группы определяются продолжительностью интервалов, используемых для измерения скоростей. Начиная с самой малой скорости (наибольшее время проезда), видим, что нет автомобилей, затрачивающих на пересечение базы более 6,3 с, т. е. 0,0 процента автомобилей едут со скоростью менее 9,5 мили/ч. Аналогичным образом один автомобиль (0,8%) требует, как минимум, 6,1 с, что соответствует верхнему пределу скорости 9,8 мили/ч, и в итоге два автомобиля (1,5%) требуют по крайней мере 5,9 с, или 10,2 мили/ч, как верхний предел для этого класса. На верхнем конце кривой 100% автомобилей требуют 1,9 с или более, так что 100% автомобилей пересекают базовое расстояние со скоростью, не превышающей 31,5 мили/ч (плавная S-образная кривая, проведенная через точки, называется кумулятивной кривой скорости). Поскольку выборка используется для оценки общего

распределения скоростей, важно, чтобы эта кривая была плавной, а не ломаной.

Для данных из табл. 10.1 соответствующая кумулятивная кривая показана на рис. 10.4.

Скорость 50 %-ного обеспечения — медиана. Одной из характеристик распределения скоростей является медиана или срединная скорость. Медианой называется скорость, с превышением которой едет столько же автомобилей, сколько едут и с более медленной скоростью. Медиана определяется по кривой отсчетом скорости, соответствующей 50 %-ному значению, что в рассматриваемом случае составляет 17,5 миль/ч. Она может быть определена с помощью линейной интерполяции в классе, в который медиана попадает (см. колонку 3 табл. 10.1).

Процентные скорости. Ординатой на рис. 10.4 является процент автомобилей, движущихся с данной или меньшей скоростью. Скорость, соответствующая любому проценту на этой шкале, скажем i -му проценту, называется i -процентной скоростью. К наиболее часто используемым из этих скоростей относятся следующие:

1. 85 %-ная скорость, иногда называемая критической. Водители, превышающие эту скорость, обычно рассматриваются как нарушающие безопасный режим движения для данных условий. В рассматриваемом примере 85 %-ная скорость составляет 20,3 мили/ч (см. колонку 3 табл. 10.1).

2. 15 %-ная скорость, более важная при обращении внимания на нижний предел скоростей. Автомобили, движущиеся с меньшими скоростями, создают помехи движению основного потока и тем самым увеличивают опасность возникновения ДТП.

3. 50 %-ная скорость (медиана).

4. 7 и 93 %-ные скорости, используемые при определении асимметрии распределения или при отсутствии симметрии.

Индекс асимметрии вычисляется по кумулятивным процентным значениям следующим образом:

$$\text{индекс асимметрии} = \frac{2(P_{93} - P_{50})}{P_{93} - P_7},$$

где P_i — i -процентная скорость.

Индекс асимметрии, равный единице, указывает на симметрию относительно медианы. Если его значения меньше 1, то это означает, что кривая распределения отклоняется в сторону меньших скоростей, а выше 1 — в сторону высоких скоростей. На дорогах с незаторовыми режимами движения распределение скоростей имеет незначительную асимметрию, но время поездки сдвинуто в сторону больших значений. На загруженных дорогах распределения скоростей отклонены в сторону высоких скоростей. В табл. 10.1 индекс асимметрии составляет 0,96.

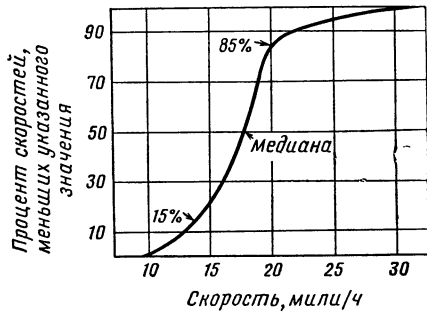


Рис 10.4. Кумулятивное распределение скорости

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЕЙ ПОЕЗДОК И ВЕЛИЧИНЫ ЗАДЕРЖЕК

Измерение времени, необходимого для проезда рассматриваемого участка пути, называется исследованием продолжительности поездки. Если в ходе измерения получена дополнительная информация о месте, длительности и причинах задержек, то говорят об исследовании скорости и задержки на маршруте.

Основные задержки на маршруте

Данные обследования

Заезд № _____

Маршрут _____ Направление _____

Начало заезда в _____
(Место) (Пробег)Конец поездки _____
(Место) (Пробег)

Остановки			Замедления	
Местоположение	Продолжительность остановки	Причина	Местоположение	Причина

Протяженность поездки _____ Время проезда _____ Средняя скорость _____

Время в движении _____ Время остановок _____

Причины задержек: светофорная сигнализация, знаки «Стоп», левые повороты, стоящие автомобили, стоянка автомобилей в два ряда, пешеходы, пассажиры, входящие и выходящие из автобуса на остановке

Примечания _____

Дата _____ Наблюдатель _____

Данные о времени проезда необходимы для оценки существующего уровня обслуживания. Когда исследования ведутся систематически, это дает возможность оценить изменения в уровнях обслуживания за определенный период времени

На дорогах с высокой интенсивностью движения данные о средних скоростях движения с учетом задержек, их причин и продолжительности, мест возникновения и т. д. используются для выбора средств оперативного регулирования движения.

Методы и оборудование. Для получения информации о времени проезда применяются два основных метода. В первом случае тестовый автомобиль движется в транспортном потоке, а во втором — проводятся наблюдения за передвижением каждого автомобиля на рассматриваемом участке. Для получения представительных данных о времени проезда контрольный автомобиль совершает серию поездок по исследуемому маршруту. В этом случае применяются два метода вождения. При так называемой технике вождения «плавающий автомобиль» водитель оценивает среднюю скорость путем обгона такого же числа автомобилей, сколько обогнали его. При использовании этой техники вождения возникают некоторые погрешности, особенно на многополосных дорогах в заторовых условиях и на дорогах с очень малыми объемами движения. Второй метод вождения — техника

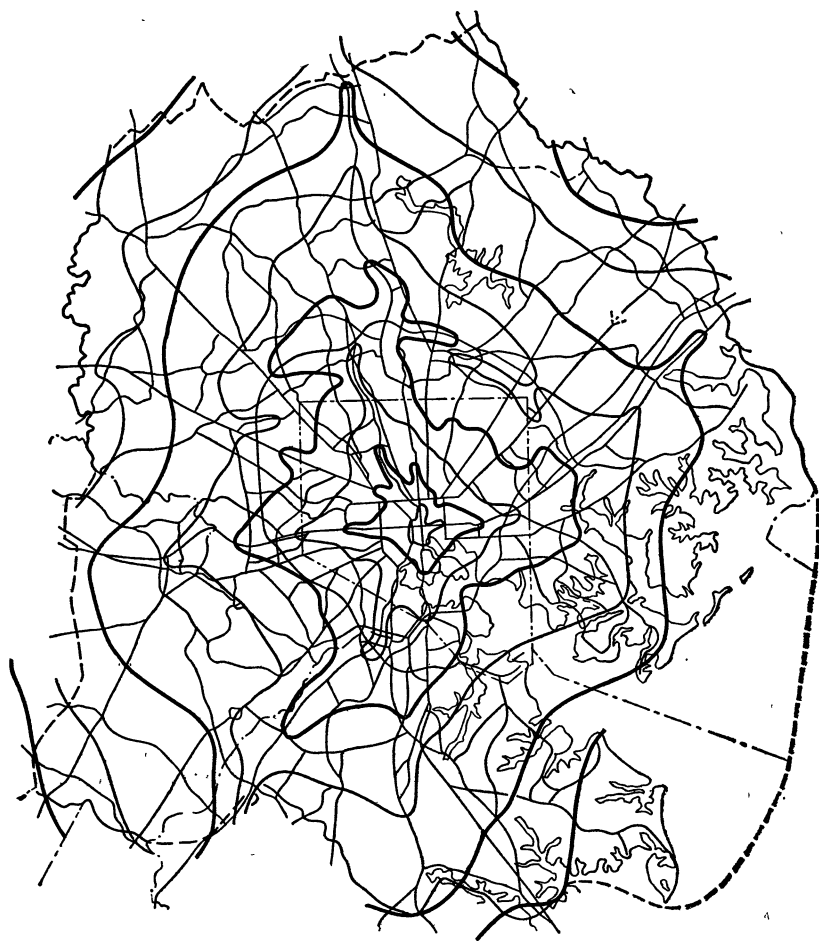


Рис. 10.5. Изохронная карта (цифры, показывающие время проезда из центрального делового района города, не указаны)

«средней скорости», когда водитель передвигается, как он считает, с такой скоростью, которая является характерной для всего движения на данном участке в рассматриваемое время. Проверки этого метода показали хорошую корреляцию с истинным средним временем проезда.

Данные, полученные при помощи этих двух методов, записываются или наблюдателем в автомобиле или механическими рекордерами. Наиболее распространенным методом является использование наблюдателя с двумя секундомерами. Наблюдатель включает один секундомер в начале поездки и засекает время проезда различных точек вдоль всего маршрута. В исследовании средних скоростей на маршруте с учетом задержек движения второй секундомер употребляется для определения продолжительности каждой задержки (форма 10.1), т. е. второй секундомер используется для определения суммарного времени стоянки, так что может быть определено время в движении. Время, место возникновения и причины задержек записываются или в специально разработанных формулярах, или на диктофон. Исследования показали, что для оценки средней продолжительности

поездки по маршруту с точностью до 10% необходимо сделать в каждом направлении от 6 до 12 поездов.

Метод «плавающего» автомобиля точнее можно использовать для определения средней продолжительности поездки (см. ниже).

Для получения информации о времени проезда стационарным методом на каждом въезде и выезде с исследуемого участка устанавливают по одному или несколько наблюдателей. Каждый наблюдатель записывает время и некоторые характеристики, определяющие автомобиль, такие, как три или четыре цифры номера каждого автомобиля (так называемый метод автомобильных номеров) в момент пересечения им зоны наблюдения.

Оборудование, применяемое для этого исследования, состоит из синхронных секундомеров, формуляров для записи или диктофонов. Ручная обработка данных очень трудоемка. Большие массивы данных могут быть проанализированы с использованием перфокарт. В большинстве случаев выборка из 50 пар записей обеспечивает достаточную точность получаемых результатов.

Техника опроса может быть полезной в тех случаях, когда необходимо быстрое получение большого объема информации с незначительными затратами на проведение экспериментального исследования.

Анализ и представление данных. Информация о времени проезда маршрута может заключаться в среднем времени или эксплуатационной скорости, поддерживаемой на исследуемом маршруте. При исследованиях времени проезда из одной точки маршрута по различным направлениям часто строятся изохронные карты. Изохронные карты показывают расстояния от общего пункта отправления (часто центральный деловой район), которые могут быть достигнуты за данное время. Типичная изохронная карта показана на рис. 10.5. Зоны заторовых режимов движения проявляются на карте там, где изохроны располагаются близко друг к другу. Скоростным магистралям и магистралям со свободными режимами движения соответствуют изохромы, имеющие пальцеобразный вид.

Другой метод представления данных о времени проезда заключается в вычислении относительной задержки автомобиля. При этом определяется время проезда километра пути, которое затем сравнивается с уровнем обслуживания, рекомендуемым для данного типа улиц. Разность между этими двумя величинами и является относительной задержкой. Относительная задержка, умноженная на интенсивность движения, дает задержку в автомобилеминутах на километр, которая затем также может анализироваться графически.

Данные, получаемые при исследованиях средних скоростей движения по маршруту и задержки на нем, подлежат тщательному анализу.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ВРЕМЕННЫХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Хотя изучение интенсивностей и скоростей движения составляет основу для дальнейшей работы инженера по организации движения, существуют также и другие характеристики транспортного потока, которые могут быть измерены и непосредственно использованы. В этом разделе описываются методы измерения плотности потока, временных и пространственных интервалов между автомобилями.

Плотность в любой момент времени может быть получена прямым наблюдением или фотографированием. Плотность также может быть вычислена по данным исследования занятости дороги или интенсивности и скорости. При фотографировании дистанция между автомобилями определяется непосредственным расчетом.

Исследование временных интервалов между проходами и через створ двух автомобилей. Интервал между последовательными проходами через створ наблюдения двух автомобилей (измеряемый по пересечению створа передним бампером) является важным показателем для инженера по организации движения. Частота появления интервалов приемлемой продолжительности необходима во многих конфликтных ситуациях. Частота приемлемых интервалов используется также при обосновании необходимости установки предупредительных знаков и других средств регулирования движения

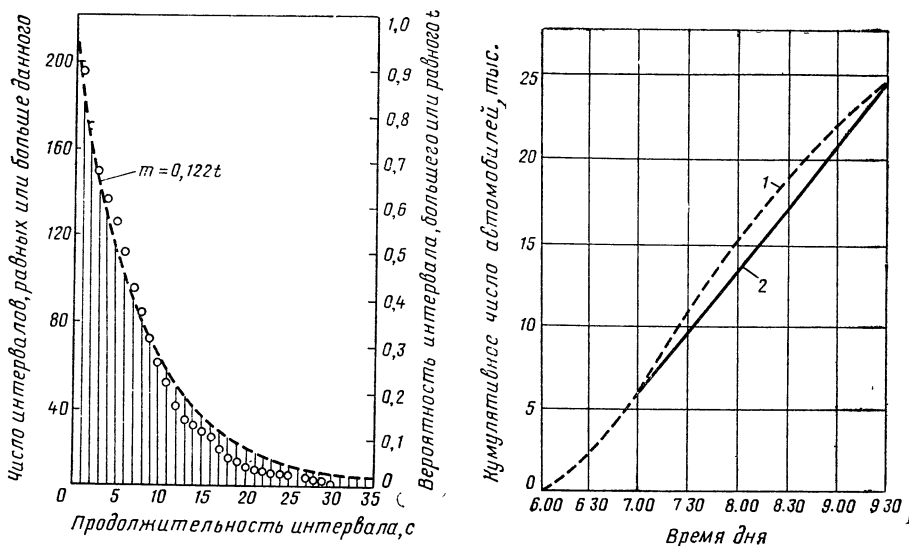


Рис. 10.6. Теоретическое и экспериментальное распределение интервалов: кружочки — означают экспериментальные частоты, вертикальные линии — теоретические частоты, прерывистая кривая относится только к шкале вероятности

Рис. 10.7. Пример исследования входящих и выходящих потоков: 1 — вход; 2 — выход

на пешеходных переходах. Интервал имеет важное значение также в расчетах пропускной способности дороги и в определении перестроений в рядах и в слияниях потоков, безопасных с точки зрения попутных столкновений, а также для обоснования необходимости установки знаков «Стоп».

Интервалы между автомобилями измеряются хронометражными приборами. Наиболее подходящим прибором является цифровой или ленточный счетчик, который приводится в действие детектором или вручную наблюдателем. Для измерения интервалов между отдельными автомобилями применяют также секундомеры и метрономы. Покадровая киносъемка или промышленное телевидение также могут быть использованы для этих целей. На рис. 10.6 показаны результаты экспериментального исследования интервалов и теоретическое распределение вероятности.

Исследование занятости дороги. Наличие детекторов, способных регистрировать присутствие автомобилей, привело к широкому использованию такого параметра, как занятость дорог. Занятость O определяется как процент времени, в течение которого зона чувствительности детектора занята автомобилями. С учетом эффективной ширины детектора можно легко увидеть, что занятость связана со средней плотностью и средней длиной автомобиля. Например, при интенсивности движения по полосе в 1000 авт/ч, средней длине автомобиля 5,7 м, скорости движения 48 км/ч и эффективной ширине детектора, равной 1,8 м, будет зарегистрирована занятость:

$$\frac{(5,7 + 1,8) (1000) (100)}{(4,8) (1,47) (3600)} = 15,8\%.$$

Исследование входящих и выходящих из системы транспортных потоков. Другим видом исследования характеристик транспортного потока является исследование типа «вход-выход», результаты которого легко интерпретируются графически. На каждом из концов исследуемого участка ведется непрерывный кумулятивный счет интенсивности с записью результатов через короткие интервалы

(1, 2, 5 мин). По результатам строится график, показанный на рис. 10.7. При этом «нормальное» время нахождения в пределах рассматриваемого участка вычитается из времени выхода автомобиля из участка. Очевидно, что время проезда отдельных автомобилей можно получить по масштабу горизонтальной оси (время); число автомобилей на участке («занятость» участка) определяется по масштабу вертикальной оси, а средняя задержка в пределах участка — делением площади зоны между двумя кривыми на количество автомобилей, прошедших через участок за это время.

ОДНОВРЕМЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Некоторые исследования дают возможность оценить две характеристики потока на дороге или дорожно-уличной сети. Так как средняя интенсивность, скорость, плотность и обратные им величины — интервал, время проезда и дистанция связаны между собой, то измерение любых двух независимых характеристик может быть использовано для определения третьей. Можно также использовать другие меры, хорошо коррелирующие с этими характеристиками.

Метод плавающего автомобиля. При использовании метода плавающего автомобиля время проезда контрольного автомобиля и интенсивность (относительно движущегося автомобиля) используются для оценки скорости и истинной интенсивности движения на участке дороги. Этот метод дает достаточно точные значения интенсивности движения. 30-минутная выборка на улице с интенсивностью движения в 300 авт/ч дает стандартную ошибку в 10% от истинной интенсивности. Некоторые трудности возникают при использовании этого метода на улицах с малой интенсивностью.

Изучаемая дорога или дорожно-уличная сеть разбивается на участки длиной L (в милях или километрах) таким образом, чтобы каждый участок имел приблизительно однородные транспортные и физические характеристики. По этим участкам в обоих направлениях проводится ряд контрольных поездок со средней скоростью движения потока.

Маршрут контрольных автомобилей может охватывать одной поездкой несколько участков. В каждом автомобиле находятся два наблюдателя (один из них может быть водителем, если используется счетчик продолжительности поездки или диктофон). При этом получают следующие данные:

T_i — продолжительность движения контрольного автомобиля по маршруту (в часах) в направлении i . Обратное направление обозначим через j .

N_i — число автомобилей, движущихся в направлении i и встреченных контрольным автомобилем при его движении в направлении j .

F_i — число автомобилей, движущихся в направлении i , которые обогнали контрольный автомобиль при его движении в том же направлении.

S_i — число автомобилей, движущихся в направлении i , которые обогнал контрольный автомобиль при движении в направлении i .

Для каждого участка и для каждого исследуемого периода дня требуется по крайней мере шесть заездов. Если сумма разностей между отдельными продолжительностями и средним значением больше среднего значения, совершаются еще четыре или шесть дополнительных заездов и их результаты объединяются с данными первой серии заездов. В приведенных ниже формулах используются средние значения T , N , F .

Интенсивность движения для i -го направления q_i на участке дороги подсчитывается по следующей формуле:

$$q_i = \frac{N_i + F_i - S_i}{T_i + T_j},$$

а средняя пространственная скорость потока \bar{u}_i — из формулы

$$\bar{u}_i = \frac{L}{\frac{T_i - (F_i - S_i)}{q_i}}.$$

На улицах одностороннего движения q , подсчитывается неподвижным наблюдателем и только второе уравнение употребляется для определения средней скорости.

Измерение суммарного пробега. Суммарный пробег в автомобиле-километрах может быть получен косвенно выборочной аэрофотосъемкой плотности и оценкой средних скоростей с использованием контрольных автомобилей. Эти величины перемножаются и дают в результате интенсивности, которые, в свою очередь, умножаются на протяженность маршрута

Измерение суммарной продолжительности поездки. Вместо простой техники измерения средней продолжительности движения по маршруту и интенсивности и умножения этих величин друг на друга плотность может быть определена фотографированием через интервалы времени T . Для оценки средней продолжительности проезда маршрута вычисляется средняя плотность и умножается на период исследования T . Варианты этого метода применяются для определения времени проезда через перекресток. Исследования такого рода очень эффективны на сети автомобильных дорог.

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ПЕРЕКРЕСТКАХ

Существует ряд важных специальных исследований, проводимых инженером по организации движения на перекрестках как со светофорным регулированием, так и без него. Они включают в себя исследования длин очередей ожидающих автомобилей, задержек и конфликтных ситуаций.

Исследования приемлемости интервалов обычно проводятся на нерегулируемых перекрестках.

Исследования пропускной способности регулируемых перекрестков. В дополнение к измерениям физических характеристик перекрестка проводятся два оперативных исследования для определения пикового фактора и фактора загрузки. При этом используется метод О. К. Нормана, описанный в «Руководстве по пропускной способности автомобильных дорог».

Фактор загрузки. Фактор загрузки является измеряемой характеристикой степени насыщения или использования подхода к перекрестку со светофорным регулированием и косвенно величины задержек, испытываемых автомобилями на этом подходе. Он определяется как процент пикового зеленого времени, полностью используемого движением, и может быть измерен наблюдением за эффективностью использования зеленого времени и записью получаемых результатов для каждой фазы светофора.

Пиковый фактор. Так как интенсивность движения подвержена существенным колебаниям в течение часа, а анализ пропускной способности автомобильных дорог производится часто для периодов меньшей продолжительности, то необходимо получить поправочный коэффициент, учитывающий эти изменения. Его и называют пиковым фактором и определяют подсчетом движения за каждые 15 мин пикового часа с использованием следующей формулы

$$\text{пиковый фактор} = \frac{\text{интенсивность в часы пик}}{4 \times (15\text{-минутная интенсивность в часы пик)}}$$

Используются также и другие интервалы учета. Если используется t -минутная интенсивность, знаменатель принимает вид $(60/t) \cdot (t$ — минутная интенсивность в часы пик).

Исследование очередей автомобилей. Существуют два вида исследований очередей на перекрестках со светофорным регулированием — исследования разгрузки очереди и длины очереди.

Разгрузка очереди. Проводятся исследования нескольких зеленых фаз светофора, чтобы получить параметры, необходимые для подсчета пропускной способности в особых случаях. В начале зеленой фазы включается секундомер, а когда последний автомобиль из очереди пересечет стоп-линию или когда зеленая фаза окончится, секундомер останавливается. Для определения пропускной способности разгрузки используется число автомобилей, вошедших на перекресток, и время входа последнего автомобиля.

Длина очереди. Исследование длины очереди дает важную информацию для подсчета фактора загрузки (необходимого для исследования пропускной способности дорог и оценки величины задержек. Несколько раз подсчитывается (или фотографируется) число автомобилей, стоящих или медленно движущихся в очереди. Учет на перекрестке со светофорным регулированием должен проводиться на каждом исследуемом подходе в момент начала зеленой фазы светофора и в конце желтой фазы. Необходимо также отмечать момент полной разгрузки очереди в течение фазы. На нерегулируемых перекрестках проводят выборочные измерения в одинаковые интервалы времени

Исследование длины очереди может быть использовано для определения эффективности того или иного метода управления светофорной сигнализацией, как это показано на рис. 10.8.

Исследование задержек на перекрестках. Исследования продолжительности поездок или средних скоростей движения с учетом задержек на маршруте могут выявить некоторые перекрестки, которые являются источником задержек чрезмерной величины и поэтому требуют более тщательного обследования. Исследование задержек на перекрестках дает фактическую информацию о величине задержек на одном или более подходах к перекрестку.

Исследование помогает найти рациональную организацию движения, определить параметры цикла светофорного регулирования, а также обосновать необходимость проведения таких мероприятий, как запрещение стоянок или поворотов, уширение перекрестка и его канализование.

Ряд основных величин обычно вычисляют по данным исследования задержек на перекрестке. К ним относят суммарную задержку для каждого подхода к перекрестку, среднюю задержку на один автомобиль, среднюю задержку на один стоящий автомобиль, число задержанных автомобилей в процентах и интенсивность движения на подходе. Эти количественные показатели позволяют оценить работу перекрестка.

Методы и оборудование. Существуют различные методы измерения времени проезда перекрестка и задержек на нем. При исследовании продолжительности проезда маршрута, соответствующим образом приспособленного для изучения задержек на перекрестке, на одном или более подходах к нему измеряют время проезда от точки перед перекрестком до точки на или за перекрестком. Для получения данных о продолжительности поездки используют следующие прямые методы:

1. Проезд контрольного автомобиля между ключевыми точками.
2. Регистрация в ключевых точках номеров автомобилей и времени их прохождения.
3. Покадровая киносъемка через определенные промежутки времени с удобной позиции, позволяющая проследить движение каждого автомобиля.
4. Использование ленточного счетчика, приводимого в действие пневматическим датчиком или наблюдателем при помощи переключателя.
5. Регистрация наблюдателем времени в критических точках, который трассирует каждый отдельный автомобиль, проходящий через перекресток.

Все эти методы могут потребовать довольно значительного числа людей или времени для сбора или анализа данных.

Метод, дающий оценку среднего времени проезда автомобилем через перекресток для всех автомобилей на подходе к перекрестку, основан на взаимосвязи интенсивности, плотности и скорости. Метод требует наличия на каждом исследуемом подходе одного наблюдателя с секундомером. Наблюдатель учитывает и записывает через определенные интервалы, например через 15 с, все автомобили, находящиеся на его подходе. Длина подхода считается от точки, удаленной на максимально возможную длину очереди, до точки, где не испытывается уже никаких дополнительных задержек, возможно, в дальней части перекрестка. Этот выборочный замер плотности, сопровождаемый учетом интенсивности, дает возможность оценить суммарные и средние автомобиле-секунды времени проезда или задержки достаточно точно, если соответственно подобраны интервалы выборочных замеров и цикл регулирования не разбит на четное число интервалов. Суммарная продолжительность поездки в автомобиле-секундах получается умножением общего количества зарегистрированных автомобилей (сумма периодических наблюдений) на интервал наблюдения (в секундах). Среднее время проезда

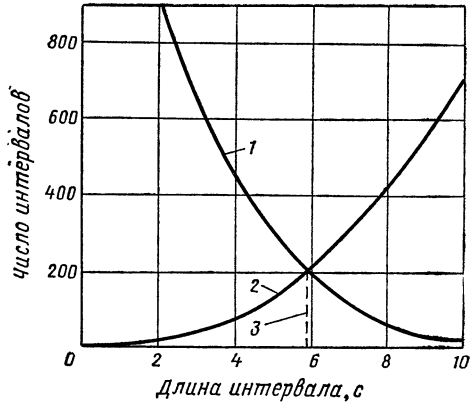
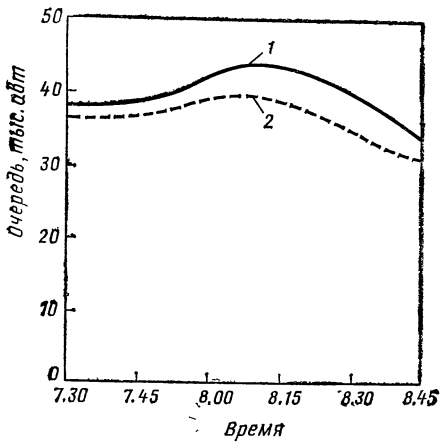


Рис. 10.8. Сравнение эффективностей жесткого 1 и гибкого 2 управления светофорной сигнализацией

Рис. 10.9. К определению критического интервала:

1 — число отклоненных интервалов; 2 — число принятых интервалов; 3 — критический интервал $T=5,9$ с

вычисляется делением общего количества зарегистрированных автомобилей на число автомобилей, въехавших на подход. Это может быть выражено соотноше-

$$T = \frac{Nt}{V},$$

где T — среднее время проезда исследуемой зоны; N — суммарный отсчет плотности — общее количество зарегистрированных во всех периодических отсчетах автомобилей; t — интервал времени между наблюдениями, с; V — общий объем движения на рассматриваемом подходе за время обследования.

В табл. 10.2 приведен пример 5-минутного обследования времени проезда. В этом случае общее количество автомобилей (V) за 5-минутный интервал равнялось 44. За это время в 15-секундных наблюдениях зарегистрирован 61 автомобиль (N). Среднее время проезда, как показано в табл. 10.2, составило 20,8 с.

Исследование приемлемости интервалов при слиянии (или пересечений) потока автомобилей. В местах конфликта двух транспортных потоков часто необходимо соблюдать интервалы в потоке, принятые или отвергнутые движением второстепенного направления. При этом используется интервал, принятый половиной водителей. Используется также и критический интервал (рис. 10.9). При исследовании необходимо учитывать, что водитель примет только один интервал и может отклонить любое число других.

Исследование скорости на перекрестке. Иногда специальные исследования локальных скоростей движения проводятся на перекрестках. При этом используют самопишущие приборы. Полосы подхода к перекрестку размечаются на 6-метровые отрезки. Разметку начинают приблизительно за 45 м от перекрестка и продолжают примерно на 6 м на сам перекресток. Разметка не должна привлекать внимание водителей, приближающихся к перекрестку автомобилей. При пересечении автомобилем линии разметки наблюдатель нажимает на соответствующую кнопку и приводит в действие самописец. Для каждого подхода берется выборка, содержащая от 50 до 100 автомобилей. Полная остановка отмечается приведением в действие специального пера самописца.

Если исследуемый подход к перекрестку оборудован светофорной сигнализацией, учитывают количество автомобилей, въехавших на перекресток в течение зеленого, желтого и красного сигналов. Для идентификации фазы светофора мо-

Результаты обследования задержек на перекрестке

Время (минут начала)	Число автомобилей, наблюдаемых через				Интенсивность, авт/мин
	+00 с	+15 с	+30 с	+45 с	
17.00	0	0	2	4	11
17.01	7	2	0	1	7
17.02	3	6	3	0	5
17.03	0	4	9	9	11
17.04	3	0	2	6	10
Сумма за период					44
$N=61$ $t=15$ $V=44$ $T = \frac{61 \cdot 15}{44} = 20,8 \text{ с}$					

жет быть успешно использовано специальное перо самописца, действующее от сети светофора.

Исследование ускорений и замедлений. Часто инженер по организации движения заинтересован в определении типичных для заданного участка дороги величин ускорений и замедлений. Если ускорения имеют почти постоянный характер, исследования могут проводиться при помощи хронометража прибытия автомобиля в четыре или пять отмеченных пунктов, расположенных предпочтительно таким образом, чтобы время проезда автомобиля между двумя пунктами составляло приблизительно 2 с (для наблюдения с секундомерами). Используются три или четыре секундомера, которые все включаются у первого пункта и по одному останавливаются по прибытии автомобиля к каждому последующему пункту учета. Затем на пространственно-временной диаграмме (x, t) наносится траектория автомобиля (плавная кривая, соединяющая полученные точки). Скорость как производная по времени (dx/dt) вычисляется графическим методом с использованием касательной к кривой в нескольких местах. Затем строится зависимость скорости от времени. Ускорение определяется наклоном последней кривой.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Общей целью исследования работы общественного транспорта является оценка качества обслуживания пассажиров, осуществляемого средствами общественного транспорта в пределах данного района, и определение степени использования услуг общественного транспорта. Специальные исследования могут сосредоточить внимание на местных проблемах, например, на расположении автобусных остановок или на влиянии улиц одностороннего движения на маршрутизацию общественного транспорта.

Исследования эксплуатации общественного транспорта дают сведения об интенсивности пассажирского движения, характеристиках поездок средств общественного транспорта, о водителе и пассажирах автобуса, продолжительности поездок и соблюдении расписания. Эти исследования имеют существенное значение, так как полученные данные используются для улучшения маршрутов и расписания движения общественного транспорта. Инженер по организации движения использует полученные результаты при выработке рекомендаций по расположению автобусных остановок, запрещению поворотов, введению систем улиц одностороннего движения.

Для определения характеристик эксплуатации общественного транспорта используются три вида исследований: проверка загрузки общественного транспорта, оценка интенсивности посадки и высадки пассажиров и исследование средних скоростей движения на маршруте с учетом задержек.

Загрузку общественного транспорта проверяют обычно наблюдатели, расположенные в одной или более точках вдоль исследуемых маршрутов движения общественного транспорта. Точка максимальной загрузки расположена на маршруте там, где перевозится наибольшее количество пассажиров. Если исследования проводятся одновременно в двух или более точках маршрута, то можно измерить продолжительность движения каждого общественного транспортного средства между этими точками. Наблюдатель регистрирует при этом номер автомобиля, время прибытия или отъезда, число пассажиров в автомобиле в момент прибытия, число высадившихся и вошедших пассажиров.

Оценка интенсивности посадки и высадки пассажиров осуществляется едущими в общественном транспорте наблюдателями. Каждый наблюдатель регистрирует число высадившихся и вошедших пассажиров на каждой остановке, число едущих пассажиров между остановками, время, когда автобус проходит мимо определенных регистрационных точек на маршруте. На слабо загруженных линиях наблюдатель имеет возможность проследить за каждым пассажиром и определяет место его посадки и высадки.

Исследования средних скоростей движения общественного транспорта на маршруте с учетом задержек совпадают с аналогичными исследованиями автомобильного потока в целом, описанным в этой главе ранее. Данные собираются наблюдателями при поездках на общественном транспорте в различное время дня.

Регистрируются время прохода общественным транспортом контрольной точки, причины и длительность задержек.

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК

Исследования автомобильных стоянок проводятся, чтобы определить остроту проблемы стоянок. Масштабы исследования могут колебаться от подготовки проекта автомобильных стоянок в масштабе всего города до определения потребностей погрузочно-разгрузочной зоны для одного магазина.

Обычно требуются следующие виды информации:

1. Наличие автомобильных стоянок.
2. Спрос на автомобильные стоянки.
3. Характеристика текущего использования стоянок.
4. Юридические, финансовые и административные факторы.

Прежде всего устанавливается район, подлежащий исследованию. Пределы исследования включают в себя не только сам источник возникновения проблемы стоянок (деловой район, парк промышленных автомобилей и т. д.), но также и окружающий район (в пределах разумного расстояния от автомобильной стоянки, которое колеблется от 90 до 450 м).

Каждому небольшому участку или кварталу исследуемого района присваивается соответствующий кодовый номер. Наблюдатель обьезжает все улицы (и часто переулки) и оценивает или измеряет линейную протяженность кромки тротуара, зон запрещения стоянок, погрузочно-разгрузочные зоны грузовых автомобилей и общественного транспорта, размеры стоянок с ограничением и без ограничения времени пользования. Данные наносятся на схему и часто накладываются на карту района.

Занятость автомобильных стоянок. Занятость проезжей части у тротуаров может быть определена периодическим осмотром каждой лицевой части квартала с подсчетом занятого стояночного пространства, грузовых автомобилей в погрузочно-разгрузочных зонах, автомобилей, стоящих в запрещенных местах или в погрузочно-разгрузочных зонах, автомобилей, совершивших паркование в два ряда, и размеров площадей, не могущих быть использованными из-за неправильно стоящих автомобилей или по любой другой причине. Если исследуемый район включает несколько кварталов, то наблюдатель совершает обезд его в автомобиле. Интервал между последовательными наблюдениями зависит от целей

исследования. Обычно достаточно проводить один учет каждый час, однако, если существуют резкие колебания спроса на стоянки, необходим более частый учет.

Данные о внеуличных стоянках также можно получить периодическим подсчетом автомобилей. Другим методом является учет на границе стоянки при помощи наблюдателя или автоматических счетчиков.

Загрузка площадей автомобильных стоянок может быть занесена в таблицы и графически изображена на картах. Процент используемой территории стоянок в площади-часах является при этом наиболее полезной единицей.

Исследования продолжительности стоянок и общего числа автомобилей, пользующихся стоянкой в течение фиксированного времени. Эти исследования проводятся для измерения продолжительности стоянки автомобилей и степени использования стоянки, называемой оборотом. Информация о продолжительности и обороте автомобильных стоянок влияет на определения предела допустимого времени стоянки у тротуара и на герметические и эксплуатационные характеристики внеуличных стоянок.

Эти данные могут быть получены наблюдением через частые и регулярные интервалы за стоянками и регистрацией автомобильных номеров или других опознавательных данных каждого автомобиля, занимающего стоянку во время наблюдения. Так как большинство стоянок вдоль тротуаров имеет относительно короткую продолжительность, часть автомобилей, которые останавливаются и уездают со стоянки в промежутке между интервалами проверки, не будут отмечены совсем. Их доля в распределении продолжительности стоянки окажется, таким образом, не учтенной. Для того чтобы сократить до минимума число неучтенных автомобилей, следует сократить интервал между последовательными проверками. Обычно он не превышает 20 мин.

В отдаленных торговых районах даже 10-минутный интервал может быть слишком большим. Установлено, что около 20% всех автомобилей, стоящих вдоль улиц, примыкающих к деловому району, могут быть не зарегистрированы, если наблюдение проводится каждые 10 мин. Для 15-минутного интервала ошибка может составить приблизительно 30%. Однако использование экспоненциального распределения продолжительности стоянки позволяет оценить процент автомобилей, которые пользовались стоянкой, но не были зарегистрированы во время такого исследования.

На рис. 10.10 показан график, которым пользуются для корректировки по методу, базирующемуся на связи между интервалом проверки и средней продолжительностью стоянки.

В некоторых районах с высоким оборотом автомобилей наблюдения за стоянками у тротуаров необходимо проводить непрерывно.

Продолжительность стоянки на внеуличных стоянках может быть определена непрерывным наблюдением за частью или всей площадью стоянки или регистрацией автомобильных номеров через периодические интервалы. Оборот автомобилей на стоянках можно получить, учитывая входящий и выходящий потоки автомобилей. Так как продолжительность стоянок на внеуличных стоянках более длительная, чем на стоянках вдоль улиц, интервалы между последовательными проверками стоянок могут составлять от 20 мин до 2 ч. Можно установить контрольные пункты на стоянке и записывать номера автомобилей и время входа и выхода со стоянки каждого автомобиля.

При периодических проверках время использования стоянок оценивается умножением числа зарегистрированных в момент проверки автомобилей на продолжительность интервала между проверками. Средняя продолжительность стоянки, рассчитанная на основе этих данных, превышает истинное среднее из-за того, что часть автомобилей оказывается при этом неучтенной.

Данные о продолжительности стоянок обычно сводятся в таблицы, а оборот автомобилей на стоянках часто изображается графически. Строится также кумулятивное распределение продолжительности стоянки.

Цветная аэрофотосъемка успешно использовалась для определения продолжительности стоянки и оборота автомобилей на автостоянках в центральном деловом районе города. Были получены удовлетворительные данные о загрузке и продолжительности стоянок при снижении стоимости проведения таких исследований на 70%. Фотографирование центрального делового района полезно также и для ряда других исследований автомобильных перевозок.

Планирование автомобильных стоянок. Метод опроса водителей на автостоянках позволяет определить расстояния, проходимые водителями и пассажирами автомобилей от автостоянок до самых отдаленных пунктов назначения, цели совершения поездок, пункты отправления или следующие пункты назначения автомобильных поездок. Получаемые результаты используются при планировании новых автостоянок. При этом часто одновременно получают данные о загрузке, продолжительности и обороте автомобильных стоянок.

При обычном исследовании опрос осуществляется на всех уличных и внеуличных стоянках изучаемого района. Из-за ограничений в рабочей силе район разбивают на участки, которые исследуют по очереди. Каждый наблюдатель обслуживает от 12 до 15 мест уличной стоянки и пытается опросить водителя каждого из стоящих в зоне его наблюдения автомобилей. На внеуличных стоянках наблюдатели располагаются на въездах и выездах со стоянок.

В результате опроса получают следующие данные:

1. Куда планирует пойти водитель или пассажир, пока автомобиль находится на стоянке.
2. Откуда автомобиль приехал на данную стоянку.
3. Цель поездки.

Наблюдатель записывает на своем бланке опроса место используемой автомобильной стоянки, время прибытия и отправления автомобиля. Иногда учет водителей и пассажиров ведется с разбивкой их по общим возрастным группам.

Если целью исследования является установление степени влияния важного источника транспортной нагрузки на паркование, то опрос может проводиться у этого источника. Наблюдатели располагаются на въездах в этот район. Опрос носит такую же общую форму, как и в предыдущих исследованиях, за исключением того, что сначала определяется, использует ли опрашиваемое лицо частный автомобиль или другие транспортные средства. Затем определяется место стоянки их автомобилей. Этот же вопрос выявляет информацию об использовании услуг общественного транспорта и такси в исследуемом районе.

Пункты окончания поездок лиц, использующих автомобильные стоянки в пределах исследуемого района, часто изображаются графически на картах. Цель поездки и расстояние, проходимое пешком, обычно представляется в форме таблиц. Пункты отправления и назначения автомобильных поездок к местам стоянок или из мест стоянок в исследуемом районе чертятся на картах или на схемах желаемых транспортных связей.

Исследование работы автомобильных стоянок при помощи почтовых открыток дает такую же информацию, как и их исследование методом опроса. Почтовая открытка помещается на ветровое стекло всех автомобилей, расположенных на уличных и внеуличных стоянках исследуемого района.

Почтовые открытки содержат те же вопросы, какие задаются при уличном опросе. Каждой открытке присваивается опознавательный номер для того, чтобы определить расположение места автомобильной стоянки, где была вручена открытка. Открытки могут также вручаться в местах транспортной нагрузки для определения их влияния на характеристики паркования в рассматриваемом районе. Как правило, возвращается около одной трети выданных открыток.

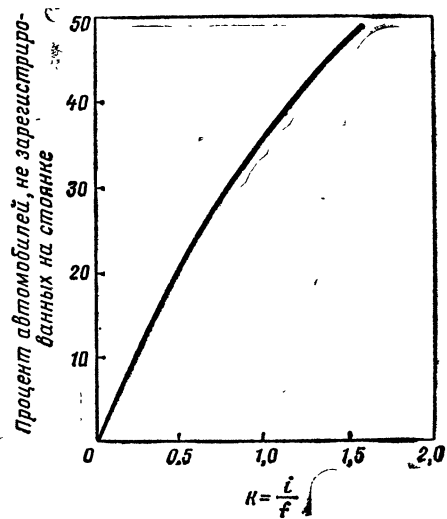


Рис. 10.10. Автомобили, не зарегистрированные на стоянках при периодических проверках (i — интервал проверки; f — средняя продолжительность стоянки)

Глава



ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Быстрое и широкое проникновение ЭВМ в сферу организации дорожного движения ставит специалистов по дорожному движению перед необходимостью овладеть основными принципами работы с ЭВМ.

Решение задач с применением ЭВМ состоит в основном из подготовки чисел (или данных), которые должны использоваться при вычислениях, из определения последовательности операций, которые нужно выполнить, и указания формы выдачи ответов. При этом необходимо обеспечить ЭВМ точными инструкциями (командами) по каждой выполняемой ею операции.

ЭВМ может выдавать результаты вычислений различными способами: распечатать результат на электрической пишущей машинке или на быстродействующем печатающем устройстве, осуществить вывод на перфокарты, записать выходные данные на магнитную ленту или перфоленту, воспроизвести результаты на электронно-лучевой трубке или графопостроителе. При помощи соответствующего устройства выходные данные могут управлять различными электрическими цепями, например светофорной сигнализацией или устройствами управления слиянием транспортных потоков.

Электронные цифровые вычислительные машины обладают определенными характеристиками, которые и делают их особенно полезными:

1. Чрезвычайно высокая скорость выполнения вычислений, измеряемая миллионными долями секунды в пересчете на одну элементарную операцию.

2. Высокая точность.

3. Возможность многократного использования различных программ (последовательностей операций или команд), организуемых в виде специальных библиотек.

Широкое применение ЭВМ в ряде случаев сдерживается следующими обстоятельствами:

1. Разработка программ представляет собой довольно медленный, отнимающий много времени процесс. Некоторые разовые задачи проще и дешевле решать на настольном калькуляторе.

2. Покупка или аренда ЭВМ является довольно дорогим мероприятием.

Работа вычислительной машины. Память электронной цифровой вычислительной машины можно сравнить с системой ящиков для бумаг. Каждый ящик представляет собой ячейку запоминающего устройства, имеющую свой адрес. Каждая ячейка может содержать определенное количество информации — некоторое число, которое может быть использовано в качестве данных или команды.

Перед началом решения задачи в памяти машины в последовательных адресах запоминается программа (набор команд). Затем эта программа выполняется, т. е. последовательно одна за другой выполняются запомненные команды. При этом одни команды считывают данные и заносят их в память машины, в область, не занятую программой, другие команды пересылают данные из памяти на печатающее устройство или на какое-нибудь другое устройство вывода. Арифметические команды выполняют вычисления над данными, хранящимися в памяти. Команды управления проводят сравнение данных и изменяют последовательность выполнения команд. В конце программы ставится команда останова.

На рис. 11.1 в символическом виде представлена память ЭВМ, в которой хранится простая программа для вычисления средней скорости. Выполнение этой программы начинается с первой команды, хранящейся в памяти, т. е. с занесения нуля в ячейку 8. После этого ЭВМ переходит к следующей по порядку команде,

1 Поместить 0 в ячейку 8	2 Поместить 0 в ячейку 9	3 Если на устройстве ввода больше нет сообщений о скорости, перейти в ячейку 10	4 Подсчитать сообщение о скорости и изменить его в ячейку 16
5 Сложить числа, находящиеся в ячейках 8 и 16	6 Прибавить 1 к числу, находящемуся в ячейке 9	7 Перейти в ячейку 3 для выполнения следующей команды	8
9	10 Разделить число из ячейки 8 на число из ячейки 9 и поместить результат в ячейку 15	11 Вернуть каретку пишущей машинки и напечатать „Средняя скорость“	12 Распечатать на пишущей машинке число из ячейки 15
13 Напечатать „км/ч“	14 Провести останов	15	16

Рис. 11.1. Символическое представление программы для вычисления средней скорости

находящейся в ячейке 2, а затем к команде в ячейке 3. В ячейке 3 машина принимает решение о дальнейшем ходе вычислений. Если на устройстве ввода больше нет данных о скорости, ЭВМ выбирает следующую команду из ячейки 10. Если же еще есть данные, ожидающие ввода, машина переходит к следующей по порядку команде.

Когда ЭВМ достигнет ячейки 7, команда управления изменит порядок выполнения команд, заставив выбрать следующую команду из ячейки 3. Таким образом организуется цикл, в соответствии с которым машина будет последовательно обрабатывать каждое сообщение о скорости. После того, как будет считано и обработано последнее сообщение, команда в ячейке 3 заставит ЭВМ выйти из цикла.

Начиная с этого момента, команды будут выполняться в порядке следования их адресов до тех пор, пока не будет достигнута ячейка 14. В этой точке машина проведет останов согласно полученной команде.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Полная вычислительная система состоит из трех основных элементов:

- 1 Устройство ввода, осуществляющие загрузку программы и данных в ЭВМ.
- 2 Устройство вывода, осуществляющие выдачу результатов и ответов.
- 3 Процессор.

На рис. 11.2 представлена фотография вычислительной системы. В правой части фотографии находится устройство для ввода с перфокарт, т. е. устройство ввода. В центре — процессор. В левой части — печатающее устройство, т. е. устройство вывода.

Устройство ввода. Существует много способов обеспечения вычислительной машины исходной информацией в зависимости от ее источника.

Одним из самых распространенных является устройство для ввода с перфокарт, которое проводит считывание расположенных на перфокарте кодовых пробивок.

Устройство для ввода с перфокарт проводит считывание расположенных на перфокарте кодовых пробивок.

В обоих случаях расположение пробивок связывается с определенными знаками. Каждая колонка на карте и каждая поперечная строка на ленте соответствует одному знаку.

Для передачи информации в вычислительную машину могут использоваться специальные электрические пишущие машинки. Они часто применяются в местах, удаленных от ЭВМ, связь с которой осуществляется по обычной телефонной линии.

Носителями вводных данных могут быть магнитная лента, магнитный диск и магнитный барабан. Для ввода данных могут применяться световое перо и электронно-лучевая трубка. Иногда малая машина подсоединяется к большой ЭВМ. В этом случае малая машина передает данные из своей памяти в большую машину. Информация от датчиков-детекторов в системе управления дорожным движением может передаваться в ЭВМ с помощью соответствующего устройства (интерфейса).

Устройство вывода. Существует много способов вывода из ЭВМ результатов обработки данных.

Самым распространенным устройством вывода является быстродействующее печатающее устройство.

Такой удаленный терминал, как пишущая машинка, работающая на вводе, может применяться и как устройство вывода.

Носителями выводимых данных могут служить перфокарты, магнитная лента, магнитный диск и магнитный барабан.

Результаты вычислений могут быть переданы другой ЭВМ, высвечены на электроннолучевой трубке или начерчены графопостроителем. Выходные данные через соответствующий интерфейс могут контролировать работу системы световой сигнализации и устройств по управлению слиянием транспортных потоков.

Важным аспектом устройств ввода-вывода является время срабатывания. Скорость передачи информации в ЭВМ или из ЭВМ с помощью пишущей машинки ограничивается скоростью работы оператора или скоростью самой машинки и может составить пять знаков в секунду.

При считывании с перфокарт информация передается со скоростью порядка 1 тыс. знаков в секунду.

Обычное быстродействующее устройство может распечатывать данные со скоростью до 2,5 тыс. знаков в секунду.

Процесс считывания данных с магнитной ленты происходит со скоростью приблизительно 100 тыс. знаков в секунду.

Поскольку по сравнению со скоростью выполнения ЭВМ операций, скорость работы устройств ввода-вывода очень мала, широкое применение получили буферизация ввода-вывода. Можно сказать, что процесс буферизации представляет собой выделение промежуточной области в памяти для хранения данных при их

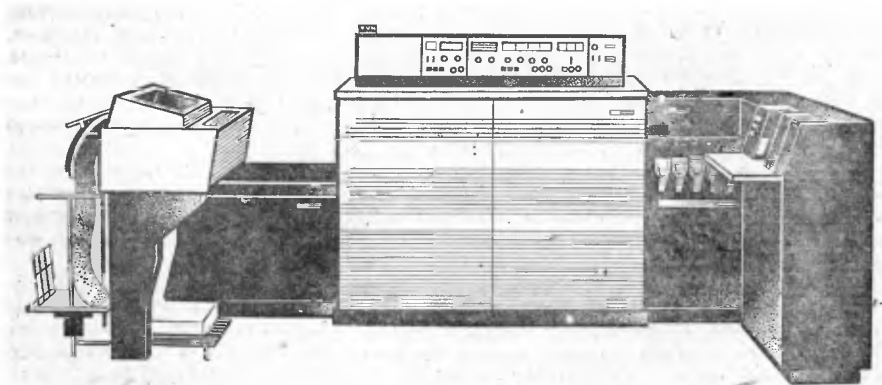


Рис. 11.2. Вычислительная система, состоящая из быстродействующего печатающего устройства, процессора и устройства ввода с перфокарт

пересылках между устройствами ввода-вывода и ЭВМ. Например, во время вывода информации, которую необходимо напечатать, она предварительно будет помещена в буфер вывода. И пока относительно медленно работающая пишущая машинка или печатающее устройство распечатывают информацию из буфера, ЭВМ может продолжить выполнение других операций. Таким образом сокращается время, требуемое для выполнения программы.



Рис. 11.3. Основные элементы вычислительной системы

Обычно процесс буферизации происходит с применением буферных запоминающих устройств, магнитных лент и одной или нескольких малых ЭВМ, непосредственно подключенных к главной электронно-вычислительной машине.

Процессор. Процессор состоит из трех основных элементов (рис. 11.3):

1. Запоминающее устройство. Хранит программы и другую информацию, в которой заинтересован пользователь.
2. Арифметическое устройство. Выполняет операции сложения, вычитания, умножения и деления, а также набор логических операций.
3. Устройство управления. Управляет потоком поступающей информации, проходящим через память, арифметическое устройство и устройство ввода-вывода.

Специалист по организации дорожного движения может считать, что эти три блока объединены в один большой «черный ящик» — процессор.

ПРОГРАММЫ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Набор последовательных команд, в соответствии с которыми работает ЭВМ, называется программой, а процесс составления программы — программированием.

Существуют следующие этапы программирования:

1. Постановка задачи и анализ. Этот этап заключается в точной формулировке задачи и идентификации информации, которая будет выводиться как результат выполнения программы. Необходимо также определить формулы (алгоритмы) для получения выходной информации из входной.
2. Составление блок-схем. Программистом должно быть составлено описание операций, которые будут выполнены ЭВМ над входными данными, причем в той последовательности, которая гарантировала бы получение желаемых результатов. Для облегчения наглядного восприятия всех шагов решаемой по сложным программам задачи составляются подробные блок-схемы. В случае простых программ можно ограничиться списком шагов, показывающим логическую последовательность выполняемых операций.
3. Написание программы и кодирование. Чтобы решить задачу на электронно-вычислительной машине, необходимо предоставить ей точные инструкции по каждой операции. Эти инструкции (команды) в соответствии с блок-схемой или списком шагов должны быть написаны на языке, понятном вычислительной машине.
4. Отладка. Как только программа написана и приведена к виду, удобному для ввода в ЭВМ (обычно — колода перфокарт), она должна быть испытана. Испытания покажут, правильно ли составлена программа и приводит ли она к верным результатам. Во время испытания должны быть выявлены все ошибки перфорации и кодирования, а также логические ошибки. В заключение правильность программы проверяется сравнением машичных результатов с ручным расчетом. Когда все ошибки исправлены и программа выдает правильные результаты, ее можно запускать в производство.

Языки программирования. Имеются три уровня языков программирования, используемых для написания программы для ЭВМ:

1. Машинные языки. Каждая ЭВМ имеет набор внутренних команд, используемых для управления работой машины. Набор символов, который может интерпретироваться машиной, чтобы формировать эти команды для выполнения определенной программы, называется машинным языком.

Машинные языки различаются не только для ЭВМ различных систем, но и для разных моделей одной системы. Чтобы написать программу на машинном языке, надо затратить массу усилий, так как эти языки чрезвычайно сложны и трудны при изучении.

2. Символические языки ассемблера. Для облегчения процесса кодирования ввели символические языки ассемблера, которые формируют команды в виде мнемонических символов и дают адресам памяти символические имена. Хотя эти языки значительно упростили процесс кодирования, они требуют знания системы представления чисел в машине и способов использования регистров. Кроме того, они разные для различных машин.

3. Языки компилятора. Чтобы преодолеть недостатки символических языков ассемблера, были созданы языки высокого уровня, известные как языки компилятора. Эти языки в достаточной степени стандартизированы, и одна и та же программа может транслироваться (переводиться в коды машин) на разных ЭВМ без изменения текста. При написании программы на языке компилятора нет необходимости знать машинный язык, представление чисел или использование регистров. Хотя программы в машинных кодах, сгенерированные транслятором с языка компилятора, не так эффективны, как команды, сгенерированные транслятором с языка ассемблера, значительное сокращение времени программирования компенсирует некоторую неэффективность самой программы.

а) ФОРТРАН. Из более чем двухсот языков программирования, созданных к настоящему времени, пожалуй, самым распространенным является ФОРТРАН. Он настолько походит на язык математики, что специалист по организации дорожного движения после непродолжительной подготовки сможет без особых затруднений составить программу для ЭВМ.

б) АЛГОЛ является еще одним широко используемым языком компилятора. Он представляет собой попытку создать более мощный и гибкий язык по сравнению с ФОРТРАНОм. АЛГОЛ получил всеобщее признание в европейских странах и других частях света, но в Соединенных Штатах он используется не так широко по той причине, что в США большее распространение получил ФОРТРАН и многие организации затратили большие средства на создание фондов фортрановских программ.

Работа вычислительных центров. Имеется несколько режимов работы персонала вычислительных центров:

1. Центр без доступа пользователей к ЭВМ. Персонал вычислительного центра прodelывает фактически всю работу: анализирует задачу, составляет программу и выходит на машину.

2. Центр с доступом пользователей к ЭВМ. В этом случае пользователи сами проводят анализ, пишут программу и работают на ЭВМ.

3. Центр с ограниченным доступом. Многие организации работают в режиме, который лежит где-то посередине между режимом без доступа и режимом открытого доступа. В связи с существованием различий между направлениями и квалификацией персонала разных вычислительных центров специалист по дорожному движению может испытывать затруднения при общении с программистом центра по поводу разрабатываемой программы. С другой стороны, программисту довольно трудно почувствовать специфику и сферу действия задачи по организации дорожного движения, не зная основ данного предмета. Существует общее мнение, что лучше обучить принципам программирования специалиста по дорожному движению, чем программиста принципам организации по дорожному движению и многим другим специальностям. Поэтому во многих организациях программы составляет специалист, т. е. пользователь, а работу на ЭВМ осуществляет персонал вычислительного центра. По просьбе пользователя этот же персонал может оказать ему помощь в процессе создания программы. Если пользователь не обладает достаточным опытом программирования, ему следует обращаться за консультациями к сотрудникам вычислительного центра.

Документация. Подготовка надлежащей документации для разрабатываемой программы является важнейшей частью всего процесса создания программы. Документация по программе представляет собой краткий отчет, описывающий программу, а также ее функцию, применение, область действия, вычислительный подход, ограничения и требования. Такая документация особенно необходима при передаче программы другому пользователю. К тому же, если программа не сопровождается надлежащей документацией, она может потерять свою ценность в случае ухода ее создателя на другую работу. Необходимо отметить, что о программе судят по ее документации.

Итак, документация должна содержать всю информацию о программе. Ниже приводится рекомендуемый план оформления документации для программы по организации дорожного движения:

1. Наименование, автор, дата.
2. Формулировка задачи, которую решает программа, и класс задачи.
3. Применяемый вычислительный подход, включая уравнения, а также допущения и упрощения, сделанные для облегчения процесса программирования. Если требуется, можно привести блок-схему.
4. Программные ограничения и требования к конфигурации ЭВМ (набору ее устройств).
5. Требования к подготовке данных. Можно представить бланки для кодирования и краткую инструкцию по кодированию.
6. Специальные инструкции для оператора ЭВМ (если это необходимо).
7. Расшифровка выходных данных, включая сообщения об ошибках.
8. Распечатка различных стадий решения контрольного примера.
9. Распечатка программы.

Обмен программами. Стоимость вычислительного оборудования и стоимость разработок программ — это две основные статьи расходов в применениях ЭВМ. В отдельных случаях расходы на создание программ превышают расходы на приобретение оборудования. В связи с этим многие организации стремятся к обмену программами с другими пользователями или к приобретению уже готовых. Иногда такой подход к математическому обеспечению приносит успех. Однако он не лишен определенных недостатков:

1. Бывает, что программа, написанная некоторой группой программистов, не может полностью удовлетворить все желания нового пользователя. Поэтому, чтобы адаптировать такую программу для определенных нужд нового пользователя, необходимо провести ее модификацию. И если в этом случае придется сделать много изменений, то гораздо быстрее и дешевле разработать программу с самого начала, нежели пытаться вникнуть в хитросплетения чьей-то чужой работы.

2. Могут быть различия и в вычислительном оборудовании. Так, например, программу, требующую три лентопротяжных устройства, бессмысленно использовать в системе с двумя лентопротяжными устройствами. Программа, которая требует определенного объема памяти, не может быть запущена на машине, не удовлетворяющей этому требованию.

3. Очень часто программная документация отсутствует или составлена неудовлетворительно. В этом случае новый пользователь не в состоянии использовать эту программу с максимальной эффективностью.

Имеется несколько источников программ, которые могут заинтересовать специалистов по организации дорожного движения и автомобильных перевозок:

1. Федеральное дорожное управление.
2. Отделы дорожного движения и планирования автомобильных перевозок в дорожных управлениях штатов, а также некоторые окружные и городские службы по делам дорожного движения и планирования перевозок.
3. Библиотека программ для ЭВМ Национального вычислительного центра Великобритании.
4. Организация по обмену программами в области дорожного строительства (НЕЕР).
5. Многочисленные статьи в журналах *Traffic Engineering*, *Transportation Research* и в других периодических изданиях, описывающие уже разработанные программы.

ХАРАКТЕРНЫЕ СЛУЧАИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Существуют сотни вариантов применения цифровых вычислительных машин при решении задач по организации дорожного движения. Цель данного раздела — дать специалисту по дорожному движению хоть небольшое представление о некоторых таких применениях. Примеры, представленные здесь, не предназначены для исчерпывающего освещения каждой темы; они выбраны лишь для иллюстрации характерных и интересных случаев применения ЭВМ. Понятия и примеры взяты из описаний программ и отчетов — документаций, представленных дорожными управлениями штатов, консультантами по дорожному движению, университетами и другими учреждениями по организации дорожного движения и планирования автомобильных перевозок.

Случаи применения ЭВМ, представленные в этом разделе, разбиты на четыре функциональных класса.

Вычислительные применения. Применения ЭВМ, которые носят вычислительный характер, характеризуются обычно небольшим количеством исходных данных, но требуют большого числа вычислительных операций. Главным образом они находят применение при конструировании и статистическом анализе. Ниже даны характерные случаи применения ЭВМ в области организации дорожного движения, которые классифицируются как вычислительные применения.

1. **Конструирование дорожных указателей знаков.** Решение задачи по определению положения надписей на дорожных указательных знаках представляет собой трудное и утомительное занятие, так как при выполнении этой работы надо придерживаться многочисленных правил оформления и пространственных критериев. В настоящее время есть опыт использования ЭВМ при конструировании дорожных указательных знаков. По крайней мере, одна программа в этом направлении уже разработана. Она не только определяет разметку всех надписей знака, но и с помощью управляемого ЭВМ графопостроителя вычерчивает знак. Чертежи выполняются в любом заданном масштабе, а надписи представляются в своем истинном виде в надлежащем месте (рис. 11.4).

2. **Управление светофорной сигнализацией.** В гл. 17 описаны методы, применяемые для разделения транспортных потоков во времени при помощи светофорной сигнализации. Эти методы сложны для реализации в следующих ситуациях:

расстояния между светофорами неодинаковы;
распределение скорости потока изменяется от одного участка системы к другому;

значения скорости различаются в зависимости от направления движения;
расстояния между стоп-линиями различаются в зависимости от направления движения;

движение протекает неравномерно или пропорционально интенсивности транспортного потока в данном направлении.

В этой связи были созданы программы для ЭВМ, которые учитывают все эти факторы и оптимизируют, например, ширину ленты времени. Выходные данные таких программ состоят из напечатанных таблиц и пространственно-временных диаграмм оптимального решения поставленной задачи.

3. **Расчет пропускной способности.** Применение схем и таблиц для расчета пропускной способности многими специалистами было признано громоздким и сложным процессом. Одним из приемлемых предложенных решений этой проблемы явилась разработка серии из пяти программ для вычисления пропускной способности в следующих точках:

- а) на перекрестках;
- б) на улицах с односторонним движением и с ограниченными возможностями маневра;
- в) на скоростных и обычных автострадах;
- г) в местах въезда;
- д) на извилистых участках.

Каждый элемент входных данных для этих программ набивается на одной перфокарте. Каждая программа распечатывает сводку всех входных данных и результаты расчета.

Применения ЭВМ по обработке данных. Применения ЭВМ по обработке данных служат главным образом для приведения исходных данных к более удобному виду. ЭВМ используются при подведении итогов по рабочим замерам, при подготовке сводок со статистическими данными, а также при построении графиков и диаграмм. Ниже дано несколько характерных случаев применения ЭВМ, которые классифицируются как применения по обработке данных.

1. Анализ результатов контроля скорости. Одним из наиболее общих применений по обработке данных является программа для подведения итогов контроля скорости радаром. Результаты измерений скоростей движения транспортных средств заносятся в специальный бланк, который затем кодируется и вводится в ЭВМ.

Выходной документ программы содержит обычно следующие статистические данные:

процент замеренных значений, равных верхнему пределу ограничения скорости;

процент замеренных значений, равных нижнему пределу ограничения скорости;

средняя скорость;

стандартная девиация (отклонение);

скорость у осевой;

максимальная скорость;

процентное отношение превышений скорости;

объем выборки.

2. Расчет интенсивности движения через перекресток в данном направлении. Наиболее эффективным методом подсчета перемещений транспортных средств через перекресток все еще остается ручной счетчик многократного действия. Тем не менее уже разработаны эффективные методы с применением ЭВМ, используемые в настоящее время для обработки данных такого подсчета.

Для более наглядной интерпретации данных подсчета интенсивности транспортных потоков полезно применять блок-схемы перекрестков. ЭВМ использовались не только для сведения данных подсчета в таблицу, но и для создания графических схем.

Существуют программы, которые сравнивают фактические значения скоростей потоков с рекомендованными и готовят диаграммы для управления светофорной сигнализацией, а также гистограммы интенсивности дорожного движения.

3. Учет дорожно-транспортных происшествий. В связи с необходимостью обработки большого количества отчетов по ДТП, власти многих городов возложили выполнение таких функций, как оформление и обработка сведений по ДТП, на ЭВМ. Информация, имеющая отношение к каждому ДТП, заносится на бланки для кодирования или на бланки для считывания меток. Затем происходит преобразование этой информации в массив, ориентированный на машинную обработку (например, на перфокартах или на магнитной ленте).

В организации дорожного движения используются данные по ДТП четырех следующих классов:

а) Статистические сводки по ДТП. Сюда включается статистический анализ ДТП, случившихся в течение определенного времени (часть суток; сутки, неделя, месяц, год) в городе, округе или в штате. Кроме того, включаются такие сведения, как серьезность ДТП, погодные условия, состояние покрытия, освещенность, причины ДТП, положение транспортных средств к моменту совершения ДТП, возраст и пол водителя, и многие другие.

б) Сводки по определенному маршруту. Сводка по каждому маршруту содержит длину маршрута, среднесуточную интенсивность дорожного движения, тип и количество ДТП, частоту совершения ДТП. Список сводок может быть упорядочен по номерам маршрутов или в соответствии с понижением частот совершения ДТП.

в) Список участков с повышенной аварийностью. Эта сводка содержит сведения по всем перекресткам или отдельным участкам трассы с повышенной концентрацией ДТП, происшедших за данный период времени. Список может быть упорядочен в соответствии с расположением этих мест или в соответствии с убыванием частот совершения ДТП.

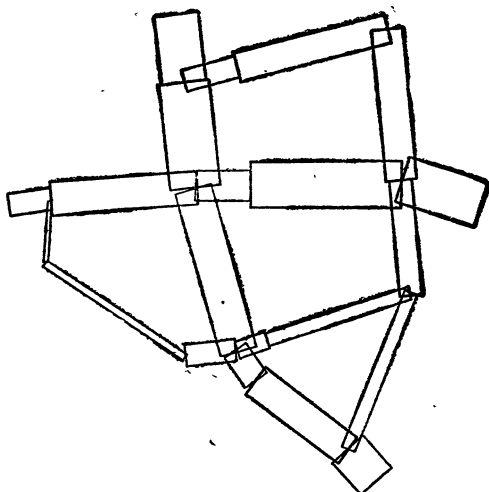
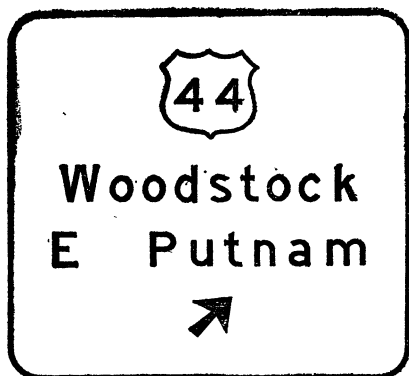


Рис. 11.4. Дорожный указательный знак, разработанный и начерченный ЭВМ

Рис. 11.5. Карта интенсивности дорожного движения по маршрутам

г) Диаграммы столкновений. Были предприняты отдельные попытки получения диаграмм столкновений на участках с повышенной аварийностью. Эти диаграммы содержали следующие характеристики ДТП:

- направления движения;
- маневры транспортных средств;
- разновидность ДТП;
- условия освещенности;
- состояние дорожного покрытия;
- время совершения ДТП;
- серьезность ДТП.

Применение ЭВМ для моделирования. Существуют следующие характерные случаи применения ЭВМ для моделирования:

1. Распределение транспортных потоков. Одной из важнейших задач планирования автомобильных перевозок является определение грузонапряженности дорожной сети. При выполнении этой задачи для моделирования возможных транспортных потоков используется ЭВМ.

Программа выбора маршрутов между пунктами отправления и назначения учитывает такие факторы, как продолжительность поездки, расстояние, скорость, соотношение между интенсивностью и пропускной способностью.

После закрепления за выбранными маршрутами рейсов и определения количества рейсов через каждое звено дорожной сети подготавливаются маршрутные карты и табличные данные для оценки дорожной сети.

Пример такой карты, выполненной ЭВМ, показан на рис. 11.5.

2. Моделирование транспортных потоков на перекрестке. Предпринимаются многочисленные попытки построения имитационных моделей для прогноза разрывов потока, задержек транспортных средств, мест скопления очередей, возможности совершения ДТП и т. п. Благодаря наличию таких имитационных моделей специалист по дорожному движению получает возможность оценить влияние различных условий на потоки транспортных средств, а также оценить методы управления дорожным движением на перекрестке.

Важным моментом в использовании ЭВМ для моделирования дорожного движения является достоверность модели. Результаты исследований на основе имитационной модели следует попутно сличать с результатами исследований в реальных условиях, имеющих характеристики, аналогичные характеристикам моделируемого перекрестка.

Управление в режиме реального времени. При организации управления в режиме реального времени ЭВМ является неотъемлемой частью всей системы управления. Собранные системой данные поступают в ЭВМ, оцениваются и возвращаются в систему уже в качестве сигналов управления. Ниже приведены некоторые примеры организации дорожного движения с помощью системы управления в реальном времени.

1. Система управления слиянием транспортных потоков. Довольно часто автомобилисты испытывают затруднения при выезде на скоростные дороги. Чтобы помочь водителю спокойно и безопасно соединиться с транспортным потоком в ином скоростном режиме, были разработаны различные системы управления. Такая система детектирует¹ положение и скорость транспортных средств на скоростной дороге и въезде, определяет момент возникновения на скоростной дороге разрыва, которым могут воспользоваться транспортные средства на въезде, и сообщает об этом водителям с помощью специальных табло, установленных вдоль въезда.

2. Надзор за дорожным движением и управление дорожным движением. Эффективное функционирование городской дорожной сети зависит, в частности, от заблаговременного обнаружения нежелательных условий дорожного движения и от оперативности мер, осуществляемых по их устранению. При этом постоянно контролируются такие параметры, как интенсивность и плотность потоков, скорости автомобилей, длины очередей у перекрестков. Как только один из контролируемых параметров достигнет определенной величины, или детектор, находящийся ниже по ходу движения, покажет уменьшение длины очереди, а детектор, находящийся выше, — увеличение, ЭВМ генерирует сигналы управления, оказывающие корректирующее воздействие. Эти сигналы в пределах системы, которая точно определяет места нарушения нормального дорожного движения, могут управлять многопозиционными знаками, изменяющими направления движения, работой устройств управления слиянием транспортных потоков, светофорами. Кроме того, такие системы надзора и управления могут информировать участников движения и других заинтересованных лиц об интенсивностях потоков, скоростных режимах, длинах очередей по всей дорожной сети.

3. Управление светофорной сигнализацией. В некоторых городах применяются цифровые вычислительные машины для управления светофорной сигнализацией. Движение транспортных средств по уличной сети фиксируется многочисленными детекторами, оценивается ЭВМ и регулируется светофорами, приводимыми в действие ЭВМ на основе произведенной оценки. Эти системы не только собирают данные о дорожном движении, но и реализуют разнообразные способы регулирования, используя одно и то же оборудование. Они обеспечивают реализацию практически неограниченного количества методов разделения транспортных потоков во времени и могут принимать на обслуживание новые звенья дорожной сети с минимальными дополнительными расходами.

ДЕВИД К. УИЗЕФОРД

Глава 12

ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРОДСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Безопасное и быстрое перемещение пассажиров и грузов — главная задача инженеров-транспортников. И в решении этой задачи наряду с правильным проектированием, эксплуатацией, обслуживанием и управлением важное значение приобретает и правильное планирование. Планирование — это прогнозирование потребностей, разработка экономических и приемлемых методов удовлетворения их, подготовка рекомендаций по капиталовложениям и, наконец, наблю-

¹ Фиксирует при помощи индуктивных датчиков детекторов.

дение за ходом реализации намеченных планов для внесения необходимых корректиров согласно изменившимся обстоятельствам.

Инженеры по организации дорожного движения при подготовке планов сотрудничают со специалистами других областей: архитекторами и проектировщиками, демографами и экономистами, ибо планирование перевозок — многофункциональная задача. Инженеры по организации дорожного движения, занимающиеся проблемами эксплуатации, также должны разбираться и в вопросах планирования городского движения и уметь оценивать его эффективность.

По мере того, как отдельные аспекты планирования городского движения переходят из области качественных оценок к формам, поддающимся обработке на ЭВМ и количественному анализу, возникают все новые, учитываемые при планировании факторы. Так, экологические факторы в США не принимались во внимание до тех пор, пока в 1968—1969 гг. не появились соответствующие требования к ним в федеральном законодательстве. До конца 60-х годов не находили широкого применения концепции «комплексной застройки» и «многоцелевого использования».

В данной главе главным образом рассматриваются элементы планирования и роль инженера-транспортника в этом планировании.

ВИДЫ ТРАНСПОРТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Планирование городского движения может быть направлено на разработку оперативных (краткосрочных) и перспективных мероприятий.

Оперативные мероприятия, как правило, узко специализированы и привязаны к определенной территории, определенному виду транспортных средств или определенному маршруту.

Рассмотрим основные направления транспортных исследований, выполняемых в оперативных целях.

Исследования отдельных источников транспортных потоков. Обследования транспортных потоков на отдельных территориях проводят для определения потребности в автостоянках и регламентации порядка их использования в периоды максимальной интенсивности движения.

Такое исследование¹ обычно требует:

получения количественных данных, характеризующих деятельность на исследуемой территории;

определения величины зарождающихся транспортных потоков:

выявления периода максимальной интенсивности движения, в расчете на которую будет проводиться проектирование;

установления максимального количества транспортных средств на территории;

распределения интенсивности движения по направлениям.

Порядок выполнения крупного исследования источников транспортных потоков виден на примере исследований, проведенных в г. Мемфисе для медицинского центра. В результате исследований была получена информация о имеющихся в этом районе площадках для стоянок автомобилей и дорогах, а также об ожидаемой транспортной подвижности населения. Затем был составлен прогноз потребности в площади для стоянок на основе использования коэффициентов, связывающих количество стояночных мест, число коек в больнице и число сотрудников медицинского центра.

На принятие решения существенное влияние оказали также такие факторы, как характер местного движения пешеходов и транспортных средств и связь его с внешней дорожной сетью.

Характеристики движения, связанного с крупными источниками транспортных потоков, приведены в гл. 5.

Исследования транспортных потоков, образуемых застройкой территории. Проектирование жилых микрорайонов, реконструкция городов или отдельных городских районов требуют выбора проектных

¹ Приемы исследования и необходимые данные описаны в гл. 10.

критериев, анализа улично-дорожной сети, оценки потребности в автостоянках, а также прогнозирования пешеходного движения.

На рис. 12.1 показаны основные принципы, применяемые при проектировании жилых микрорайонов. Большое значение придается расположению кварталов и автостоянок в соответствии с топографическими возможностями и эстетическими канонами.

При разработке схемы организации движения решают вопросы обеспечения необходимых условий видимости, управления движением на перекрестках, минимизации количества конфликтных точек и объемов транзитного движения, а также определяют необходимую ширину проезжей части, мест для стоянок, методы разделения пешеходных и транспортных потоков.

Исследования движения в грузо-пассажирских узлах. Грузо-пассажирские узлы могут включать в себя следующие объекты: железнодорожные и автобусные вокзалы и станции, вертолетные станции, автомобильные стоянки, зоны отдыха и развлечений, пешеходные зоны, административные здания, пересадочные пункты на транспорт авиакомпаний, а также торговые и прочие предприятия. Учет и прогнозирование потребностей в различных видах передвижений — прибытий, пересадок, отправлений — жизненно важны для успешного функционирования грузо-пассажирского узла.

Планирование грузо-пассажирских узлов требует тщательного анализа. Следует изучить действие этого нового источника транспортных потоков на окружающую застройку.

План транспортного узла, расположенного в центральной деловой части города, показан на рис. 12.2. Проект включает в себя в качестве основных транспортных сооружений вертолетную станцию, железнодорожный вокзал и станцию пересадки, автобусный вокзал и гараж для стоянки автомобилей. Вокруг них расположены туристский центр, универсам, театр, гостиница, административные учреждения и учебные заведения.

На рис. 12.3 показано распределение прогнозируемого на 1985 г. потока пассажиров транспортного узла по видам транспортных средств.

Не менее сложны проблемы наземного транспорта в аэропортах. При планировании потока авиапассажиров оценивают объем прибытия различных транспортных средств (личных автомобилей, автомобилей-такси, автобусов и др.), изучают потребности в автостоянках и участках погрузки-разгрузки автомобилей, в обработке багажа, а также разрабатывают меры по минимизации пеших передвижений между местами прибытия пассажиров, операционным залом и выходом на посадку. Кроме того, могут также быть предусмотрены различные мероприятия по организации пересадки пассажиров, имеющих багаж с одной авиалинии на другую.

Организацией перевозок авиапассажиров наземным транспортом не ограничивается решение транспортной проблемы в аэропортах. Наибольшие трудности может представлять организация поездок персонала аэропортов. Проведенное в международном аэропорту им. Кеннеди в Нью-Йорке исследование показало, что в пиковый период от 6 до 9 ч утра число поездок персонала аэропорта превышало число поездок авиапассажиров почти в 2 раза, а в период от 15 до 18 ч число поездок персонала составляло 54%.

Конечные пункты на линиях грузового автомобильного сообщения выдвигают совершенно иной круг проблем. Перевалочные пункты, на которых доставленные из других городов грузы распределяются для местного потребления или, наоборот, местные грузы концентрируются для отправки в другие города, могут оказывать большое влияние на организацию движения в районе их расположения.

Исследования движения на территориях комплексной застройки. Комплексная застройка — метод, опирающийся на принцип многоцелевого использования застраиваемой территории.

Земли, прилегающие к скоростным дорогам и другим крупным дорожно-транспортным сооружениям, часто представляют возможность для комплексной застройки. Существуют четыре способа комплексной застройки в зонах городских скоростных дорог: использование пространства под наземными сооружениями; использование воздушного пространства над дорогой; использование прилегающих к дороге земель и использование различных сочетаний вышеперечисленных способов.

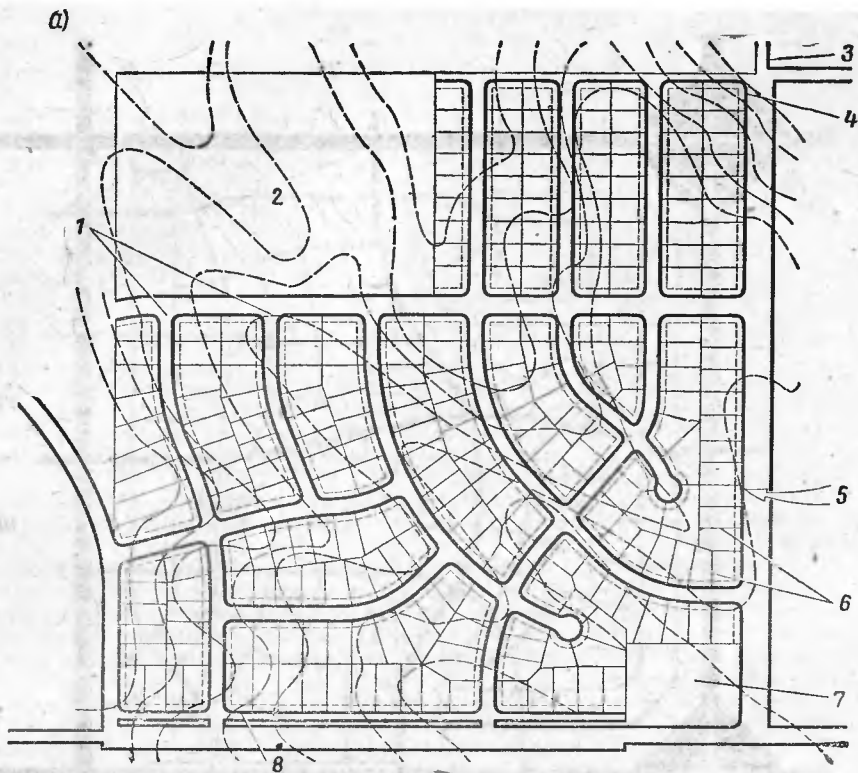


Рис. 12.1. Некоторые принципы районирования застроенной территории:

a — микрорайона, *б* — крупного участка города или поселка,

1 — второстепенные и главные дороги, пересекающиеся под прямым углом для повышения безопасности дорожного движения, 2 — школа, 3 — существующая полоса отчуждения; 4 — дополнительная полоса отчуждения, выделенная при регистрации участка микрорайона, в соответствии с планом главных улиц, 5 — территория для застройки, прилегающая к главной улице (ее рекомендуется удалять от главной улицы по крайней мере на 61 м для уменьшения уличного шума), 6 — линии, ограничивающие площадки для стоянки автомобилей, перпендикулярные к улице либо касательные к изгибу улицы; 7 — общественное здание; 8 — территория для автостоянки (расположенная на углу стоянка должна быть дополнительно расширена для обеспечения выезда на боковую улицу); 9 — коммерческие

Возможные благоприятные ситуации комплексной застройки:

если на пути прокладки магистрали планируется перестройка старой части города, эти проекты могут быть скоординированы таким образом, чтобы достичь максимальной степени взаимосвязки;

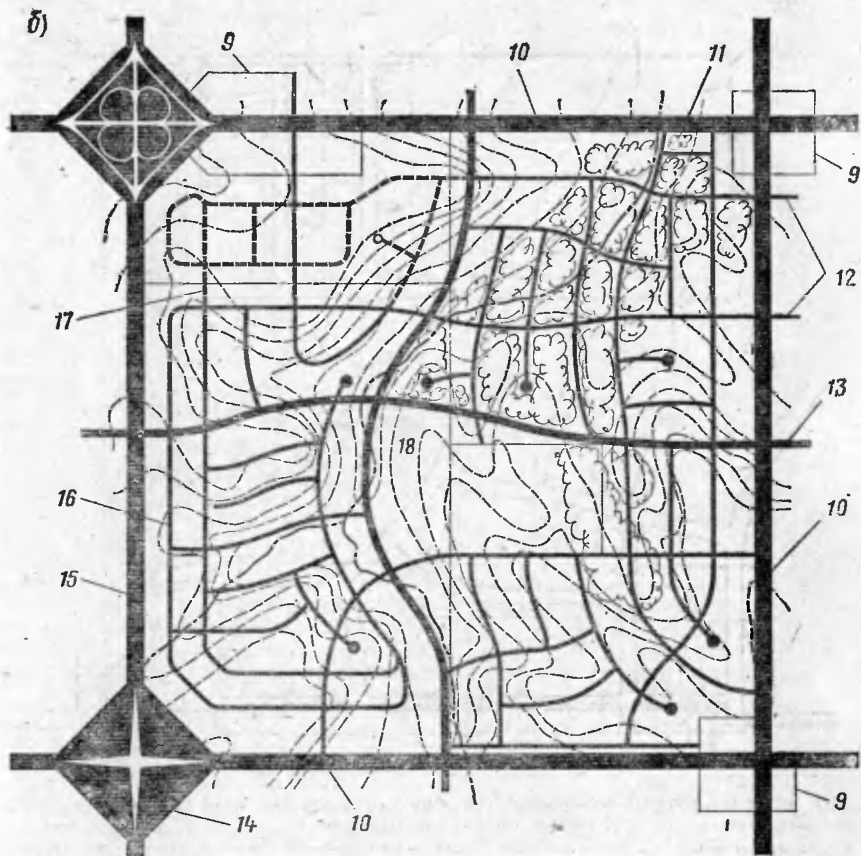
запланированная постройка учебных заведений — школ, колледжей, университетов — может проводиться одновременно с дорогами;

разбивка парков (например, парка между автомобильной дорогой и берегом водоема) и прокладка скоростной магистрали создаст благоприятные условия для отдыха местного населения и удобства для тех, кто пользуется этой дорогой;

вдоль осевой линии дороги могут быть проложены линии скоростного рельсового транспорта или полосы для движения только автобусов;

конечные станции других видов транспорта могут сооружаться в комплексе с автомобильными дорогами.

Возможности комплексной застройки привели к новой организационной форме проектирования городских магистралей. Группа «формулирования целей», вклю-



объекты; 10 — главная улица; 11 — небольшие парки; 12 — примыкание второстепенных улиц к главным (при проектировании следует сократить до минимума такие примыкания, чтобы создать благоприятные условия для движения транспортного потока по главной улице и обеспечить безопасность движения); 13 — магистральная улица; 14 — полоса отчуждения для будущей транспортной развязки; 15 — улицы с ограниченным доступом; 16 — участки для автостоянок (лучше не выделять такие участки, выходящими сразу на две улицы); 17 — тупик (при проектировании стоянок следует избегать тупиков, кроме тех мест, где стоянка может потребоваться в будущем); 18 — детская площадка

чающая специалистов в области архитектуры, городского планирования и проектирования, инженеров-транспортников и дорожников, экономистов и социологов (при необходимости в нее могут входить представители других отраслей знаний, например специалисты по системному анализу, юристы, специалисты в области образования, здравоохранения и др.), отвечает за комплексную оценку обстановки на участке, где предполагается расположить транспортное сооружение.

На разных стадиях проектирования могут использоваться три вида таких групп: предварительного проектирования; оценки последствий реализации проектов и реализации.

Группа предварительного проектирования изучает проект района или полосы предполагаемого строительства, рассматривая на этой ранней стадии проектирования возможности проекта в широком аспекте

Группа оценки последствий реализации проекта более подробно исследует возможное воздействие предложенного расположения объекта на окружающие районы. На данной стадии требуется привлечение специалистов всех отраслей

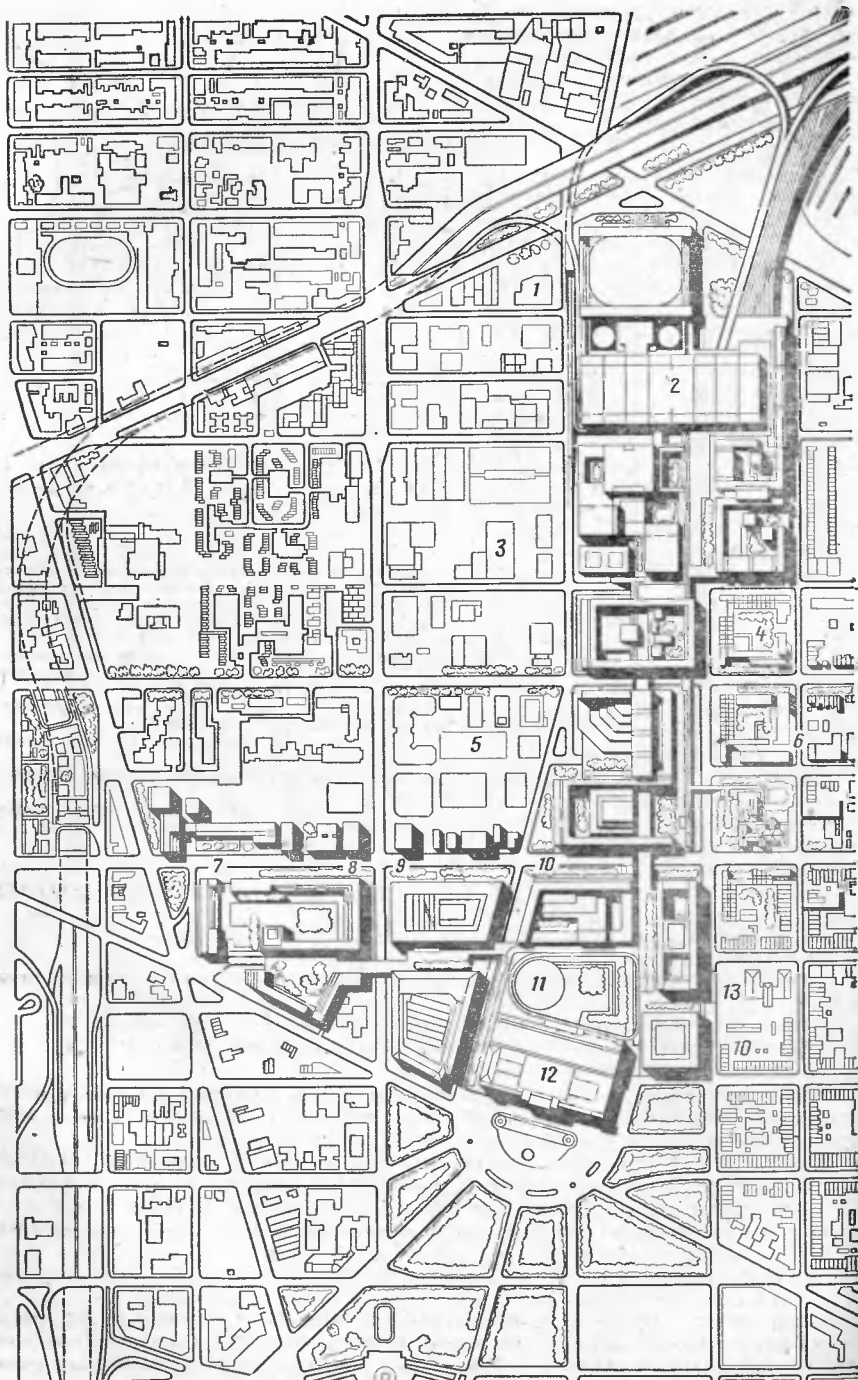


Рис. 12.2. План транспортно-туристского центра в Вашингтоне:

- 1 — театр; 2 — транспортный узел, 3 — универмаг; 4 — профессионально-техническое училище;
- 5 — институт; 6 — образцово-показательная застройка; 7 — административные здания; 8 —
- жилые дома; 9 — новый корпус почтамта, 10 — гостиница, 11 — вертолетная станция; 12 —
- туристский центр; 13 — почтамт

знаний для оценки проекта с точки зрения социально-экономического эффекта его воплощения.

Группа реализации заботится о практических аспектах подготовки проекта для его осуществления.

Согласно выводам комитета инженеров транспорта инженер по организации дорожного движения может в процессе проектирования транспортного сооружения решать несколько задач: эксплуатация проектируемого сооружения и прилегающих объектов, оценке транспортных потоков, размещению развязок, детализации проектных решений, воздействию транспортных потоков на окружающие объекты, общему планированию автомагистрали.

Территориальные исследования также относятся к разряду оперативных и направлены на разработку планов более широкого масштаба. Повышение пропускной способности дорог и безопасности движения достигается через непрерывный комплексный процесс организации дорожного движения, увязанный с проектами развития общественного пассажирского транспорта и автостоянок.

При выполнении общей программы разрабатывают проекты совершенствования районной транспортной системы. Эти проекты включают:

составление перечня показателей и данных, характеризующих дорожную сеть;

анализ технических средств и схем регулирования движения;

изучение автостоянок;

анализ положения на конечных станциях общественного пассажирского транспорта;

обследование подъездов к аэропортам;

совершенствование системы регулирования и контроля за движением;

улучшение освещения автомагистралей;

расширение и прокладку туннелей и развязок в разных уровнях в местах пересечений автомобильных дорог и железнодорожных линий и в пунктах оживленного пешеходного движения;

проведение мероприятий, связанных с ограничением стоянки автомобилей.

Эффективность общей программы оценивают сравнением количества дорожно-транспортных происшествий, пропускной способности автомагистралей, скорости движения транспортных средств и данных о простоях до и после усовершенствований.

Различные цели и методы обследования автостоянок были описаны в гл. 10.

Для совершенствования транспортной системы особое значение имеет организация автостоянок в связи с проблемами перенасыщенности транспортными средствами центральных деловых районов ЦДР городов. Координированная разработка программы развития сети автомагистралей, организации транзитных поездов

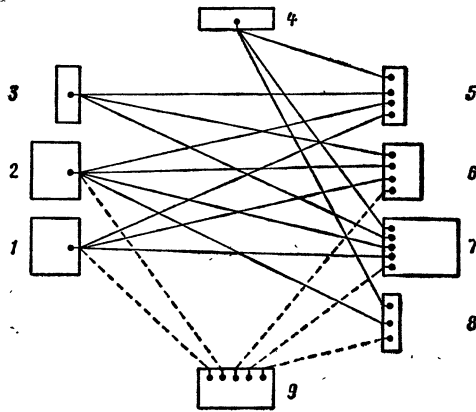


Рис. 12.3. Прогнозируемый объем пассажирских перевозок через транспортно-туристский центр в 1985 г.:

1 — пассажиры, перевозимые междугородными автобусами (14—15 P); 2 — пассажиры, перевозимые железной дорогой (14—15 P); 3 — пассажиры, перевозимые автомобилями авиакомпаний (9—10 P); 4 — пассажиры — сотрудники центра (2,6 P); 5 — пассажиры, перевозимые легковыми автомобилями (7,89 P; 3,26 V); 6 — пассажиры, перевозимые автомобилями-такси (16,23 P; 10,8 V); 7 — пассажиры, перевозимые городскими автобусами (35,29 P; 1,41 V); 8 — пешеходы (3,635 P); 9 — пассажиры, перевозимые транзитным экспрессом (32—34 P); P — количество человек в день (в обоих направлениях), тыс чел.; V — количество транспортных средств в день (в обоих направлениях) тыс. Максимальное количество транспортных средств в час — 950V

и автостоянок является частью процесса планирования городского движения. Например, строительство автостоянок в периферийных районах города в сочетании с организацией скоростного сообщения с ЦДР есть один из методов повышения пропускной способности внутригородских автомагистралей и изыскания места для автостоянок в течение всего дня в пределах ЦДР.

Исследования транзитных поездок преследуют цель сбора данных по: динамике годовых финансовых поступлений, количеству перевезенных пассажиров, пробегу по отдельным маршрутам и т. п., составленные на основе отчетной документации транспортной организации (эксплуатационные данные);

вместимости и состоянию транспортных средств и оборудования, состоянию и наличию ремонтной базы и прочих объектов;

структуре управления (организации работы со служащими и рабочими); маршрутам и видам услуг (частоте движения в разное время суток, точности соблюдения расписания, безопасности водителя и пассажиров, расположению и оборудованию остановочных пунктов, организации пересадок);

качеству обслуживания на основе результатов опроса пассажиров.

Источниками данных о транзитных поездках являются также опросные обследования на дому и данные переписей, представляющие собой дополнительную информацию о населении и характере поездок на работу.

Велосипедное движение является частью транспортной системы, и потому его планирование и проектирование должны отражать эту связь. Соответственно велодорожка есть элемент многоплановой системы путей сообщения.

Такая тесная связь, равно как и существующая и ожидаемая в будущем взаимозависимость велосипедного движения и других систем передвижения, должна учитываться не только в планах на длительную перспективу, но и при оперативном планировании. Существуют три категории велодорожек:

категория I — велодорожка исключительно для движения велосипедов. Пересечение с потоками пешеходов и автомобилей сведено к минимуму. Чаще всего велодорожки категории I расположены в парках, зонах отдыха, в сельских местностях и районах нового жилищного строительства, где их проектируют и сооружают совершенно обособленными как от автомобильных дорог, так и от пешеходных дорожек;

категория II — велодорожка для ограниченного движения велосипедов. Сквозное движение автомобилей и пешеходов запрещено; тем не менее может быть разрешена стоянка автомобилей. Разрешено пересечение велодорожки: автомобилями для выезда, например, на подъездные дороги или автостоянку; пешеходами для подхода к автостоянке или расположенным по соседству земельным участкам;

категория III — совмещенная велодорожка. Наряду с велосипедами разрешено сквозное движение (а не только стоянка) автомобилей или пешеходов.

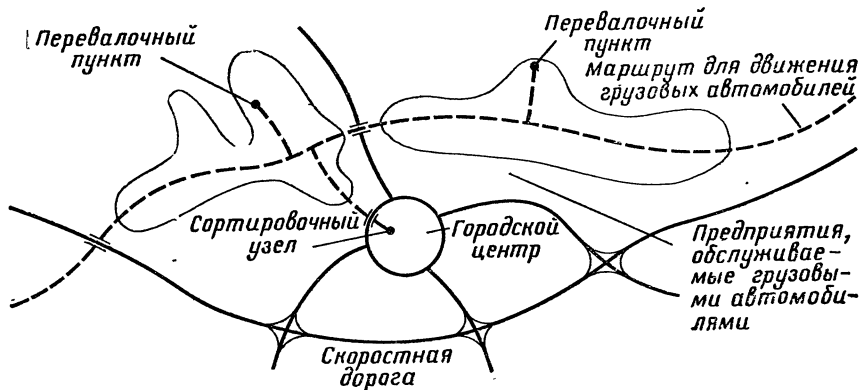


Рис. 12.4. Маршруты движения грузовых автомобилей, обслуживающих предприятия

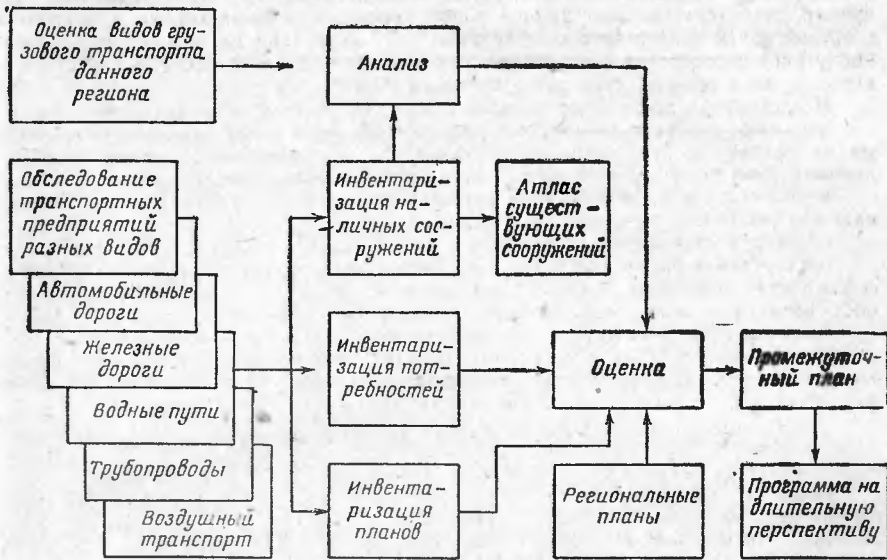


Рис. 12.5. Организационная структура исследования грузоперевозок

При планировании велодорожек следует: провести обследование существующих сооружений для велосипедного движения и выявить характер их использования, определить характеристики велодвижения;

- составить прогноз использования велосипедов и спроса на них;
- установить цели и задачи планирования, включающие безопасность движения, мобильность, эффективность, гибкость и сочетание с местным ландшафтом;
- обеспечить возможность хранения велосипедов в удобных для велосипедистов местах.

Специалисты все большее внимание уделяют внутригородским грузовым перевозкам, поскольку последний этап доставки грузов практически полностью возложен на грузовые автомобили. На рис. 12.4 показано, каким образом можно проложить обходные маршруты для устранения движения грузовых автомобилей в городских центрах, и как организовать обслуживание ЦДР города и других районов, привлекающих большое количество грузов. Определенные улицы могут быть закрыты для движения грузовых автомобилей в силу особенностей застройки (например, жилые районы), состояния дорожного покрытия или дорожно-транспортных сооружений (см. также гл. 18).

Прочие исследования, относящиеся к грузовым перевозкам, могут включать изучение организации погрузочно-разгрузочных работ, имея в виду планирование следующих мероприятий:

- ограничение доставки грузов во времени;
- сокращение зон погрузки-выгрузки;
- установление в некоторых внутриквартальных проездах одностороннего движения;

ограничение движения грузовых автомобилей в определенных районах;

выделение площадок для погрузочно-разгрузочных работ вне проезжей части.

На рис. 12.5 приведена блок-схема процесса изучения спроса и предложений на транспортные средства и сооружения грузового транспорта в г. Чикаго. Чтобы получить исходные данные, использовались вопросники и метод интервьюирования и затем был составлен транспортный атлас данного района.

Исследования для целей перспективного планирования. Исследования предназначены для разработки программы развития систем городского движения, на

Затраты на отдельные фазы исследования

Статьи затрат	Затраты в среднем, тыс. долл.	Процент от общих затрат
Сбор и подготовка данных	250	49
Разработка и проверка модели	31	6
Прогнозирование	31	6
Распределение расходов	20	4
Анализ альтернативных систем	80	15
Подготовка доклада	37	7
Прочее	68	13
Итого	517	100

завершение которых могут потребоваться десятилетия. Такие исследования, как и оперативные, могут касаться какого-то одного вида транспорта или отдельного вопроса (например, планирования грузовых перевозок), но более вероятно, что они будут объединены с другими элементами городского проектирования. Интегрированные проекты могут затрагивать ряд проблем очень широкого диапазона.

Основной задачей нацеленного на длительную перспективу исследования городского движения является разработка проекта транспортного обслуживания населенного пункта будущего. Содержание проекта зависит от конкретных задач. Некоторые проекты могут содержать рекомендации по созданию автостоянок, пассажирских станций и предложения о строительстве новых дорожных сооружений. Другие могут ограничиваться программой оперативных мероприятий по совершенствованию дорожной сети в сочетании с проектами развития сети автомагистралей, рассчитанными на 20 лет и более. В одних проектах может указываться подробное расположение скоростных дорог с точным указанием пунктов доступа на них, в других — определяться лишь примерные направления дорог.

Итак, исследования на длительную перспективу направлены на определение объемов работ, которые необходимо выполнить в будущем для удовлетворения потребностей населения в передвижениях, а также для соответствующих экономических затрат и ожидаемого воздействия на окружающую среду.

В основе планирования лежит системный анализ — изучение функционирования различных систем и взаимодействия между ними. Таким образом, инженер-транспортник в равной степени интересуется как воздействием различных вариантов застройки на характер транспортных проблем, так и влиянием различных вариантов транспортных систем на характер городского развития.

В рамках общей транспортной системы можно выделить две подсистемы — пассажирский транспорт и грузовой транспорт. Каждая из этих подсистем ставит перед исследователем свои проблемы движения и хранения (стоянки) транспортных средств и грузов.

Организационные формы исследований на длительную перспективу. При планировании на

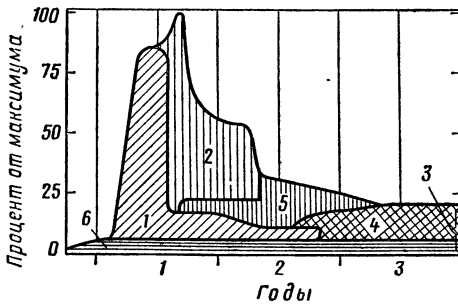


Рис. 12.6. Потребность в специалистах для крупного транспортного исследования:

1 — сводные данные; 2 — обобщение и анализ; 3 — постоянный персонал; 4 — опробование вариантов и подготовка доклада; 5 — прогнозы; 6 — организационно-административные вопросы

длительную перспективу используют различные организационные формы. Независимо от них общая потребность в проектно-исследовательских кадрах приблизительно одна и та же. На рис. 12.6 показаны потребности в персонале для транспортных исследований в крупном городе в течение трех лет. Затраты на исследования, как и потребности в персонале, на протяжении исследования не остаются постоянными. Максимальное число сотрудников (около 200 чел.) для проведения исследования описываемых нами объемов требуется в течение первого года, когда проводятся опросы на дорогах и на дому, а вспомогательный персонал кодирует полученные данные для машинной обработки. Затем число необходимых сотрудников падает до $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ максимума.

В табл. 12.1 показаны затраты на каждую фазу технической программы, составленные по материалам восьми исследований. Затраты на сбор и подготовку данных существенно превышают все другие виды затрат. Однако в будущем (по мере углубления знаний о характере поездок в городах и облегчения получения данных из внешних источников типа переписей) затраты на эту часть работы, по-видимому, снизятся. В то же время больший вес приобретут разработка моделей и проверка их адекватности:

ПЛАНИРОВАНИЕ

В сводном виде основные стадии планирования городского движения приведены на рис. 12.7. На первой стадии решают вопросы финансирования, определяют состав участвующих организаций, разрабатывают организационные формы, структуру комитетов, а также мероприятия по комплектованию штата. Далее планирование проходит шесть стадий, заканчивающихся выдачей рекомендаций и их реализацией: определение целей и задач, сбор данных, анализ, составление прогноза, разработка альтернативных вариантов плана, проверка и оценка плана.

Определение целей и задач. Исследовательские проекты создаются для непрерывного и комплексного планирования городского транспортного хозяйства. Успех их зависит главным образом от правильности выбора целей и задач плана, которые являются важнейшим связующим звеном между техническими соображениями и нуждами местного населения. Процесс оценки сочетает количественные, относительно точные критерии с приблизительными качественными показателями.

Для каждого конкретного исследования проводится своя оценка целей, однако можно выделить три основополагающих момента.

1. Облегчение транспортных связей, что включает в себя:
обеспечение равноценного для всех доступа к местам работы и учебы;
предоставление возможности выбора места проживания;
стимулирование процесса развития чувства общности.

2. Расширение транспортных возможностей населения, что означает:
планирование и расположение сооружений и служб рациональным образом, понятным гражданам;

обеспечение удобств и безопасности передвижений с учетом ландшафта и окружающей застройки;
облегчение контактов между людьми.

3. Эффективное использование ресурсов, включающее:

людские и природные ресурсы;
производительность и экономичность общественных средств.

Достижение указанных целей обеспечивается решением следующих задач:

уменьшением транспортных издержек за счет сокращения количества дорожно-транспортных происшествий и их тяжести, снижения стоимости эксплуатации транспортных средств и времени, затрачиваемого на поездки;

обеспечением тех, кто не пользуется автомобилем, средствами общественного транспорта;

совмещением объектов транспортного хозяйства с другими объектами;
минимизацией ущерба, наносимого существующим населенным пунктам при возведении новых транспортных сооружений;

уменьшением загрязнения воздуха, шумового и прочего отрицательного воздействия транспортных средств на окружающую среду;

достижением максимума транспортных удобств при данном уровне ассигнований.

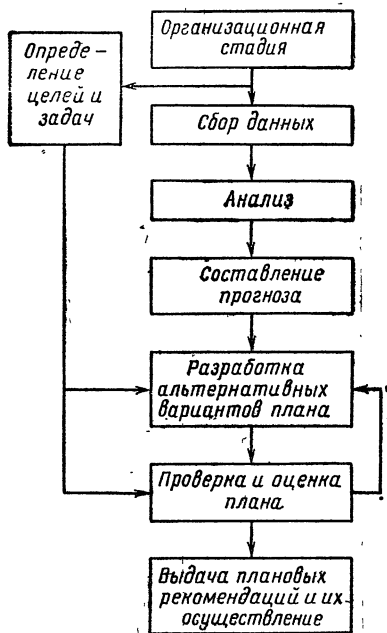


Рис. 12.7. Основные стадии планирования городского движения

транспортные ресурсы — обзор схем расположения транспортных сооружений региона в прошлом и настоящем.

Данные обследования использования земли, как правило, включают следующие сведения:

долгосрочную динамику развития, например динамику урбанизации по десятилетним периодам;

топографические и физические факторы, сдерживающие развитие; площади, занятые городом, с детализацией по типам застройки; площади пустующих земель, подразделенных на пригодные и непригодные для использования, частные и находящиеся во владении муниципалитетов; местоположение крупных пунктов генерации транспортных потоков; сущность существующих форм контроля за использованием земли — зонирование, издание официальных карт, подразделение на микрорайоны; районы, подлежащие реконструкции.

Как правило, требуется несколько исследований, направленных на оценку физических и эксплуатационных характеристик существующей дорожной сети.

Классификация улиц и дорог по их принадлежности и функциям дает возможность выделить первичную и вторичную сети дорог (см. гл. 13). Сводка физических характеристик выступает в виде исходных данных для анализа плотности, взаимосвязи, пропускной способности дорог. Обследования скорости движения и величины задержек в движении транспортных средств указывают на качество транспортного обслуживания, а отчеты о дорожно-транспортных происшествиях — на проблемы безопасности.

Качество обслуживания скоростных перевозок можно оценивать на основе анализа маршрутных карт и расписаний. Кроме того, для оценки функционирования транспортной системы могут также быть проведены проверки степени заполняемости транспортных средств и соблюдения расписаний движения.

Сбор данных. Важное значение имеет установление связи между характером использования земли, транспортных средств и сооружений и характеристиками поездок. Анализ данных значительно упрощается, если удастся взаимно увязать координатные коды района обследования и кодовые обозначения дорожных сетей, а также если классификация категорий использования земли одинакова и при обследовании использования земли, и при обследовании передвижений. При сборе данных следует предусматривать возможность их использования другими организациями. Для этих целей особенно важно, чтобы границы зон соответствовали границам переписей.

Данные транспортного обследования обычно включают:

историческую характеристику населения — территориальное распределение, миграцию, плотность и динамику роста населения за прошедший период;

характеристику населения на момент обследований — географическое распределение, национальный состав, плотность, средний доход, владение автомобилем, тип жилища, занятость по профессиям, отраслям или видам деятельности и величина совокупной рабочей силы;

экономическую деятельность — характер капиталовложений в обрабатывающей промышленности, в сфере услуг, строительстве и проч.;

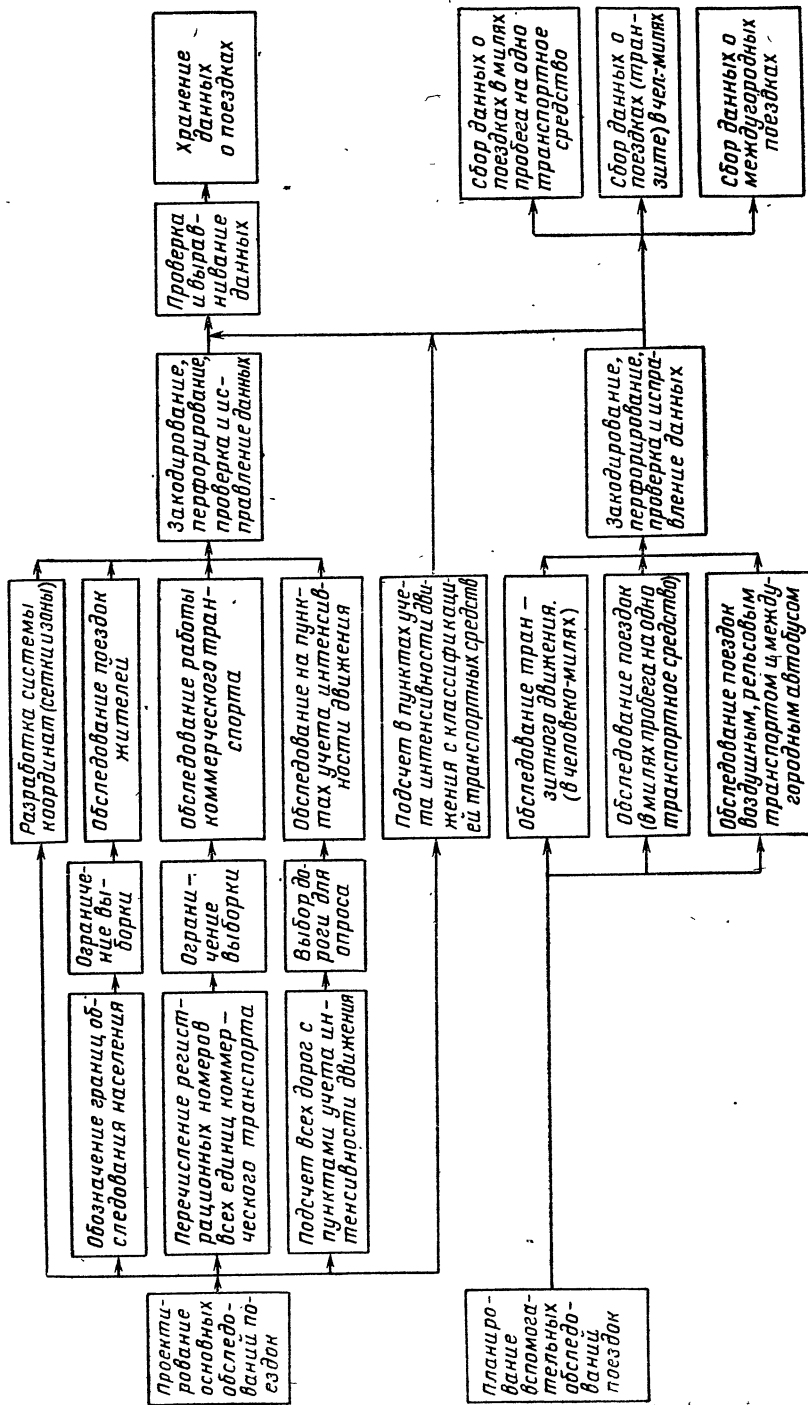


Рис. 12.8. Схема организации обследования городского движения

Сопоставление потребности и наличия площади для автостоянок в ЦДР города и других центральных кварталах дает возможность оценить потенциальные возможности увеличения пропускной способности улиц путем запрещения стоянки у тротуаров.

Интенсивность движения на существующих улицах является основой для проверки результатов обследования поездок и оценок, полученных при моделировании поездок. Для определения интенсивности движения необходимы сплошные обследования с одновременной классификацией транспортных средств по типам.

Наиболее дорогостоящим видом обследования является сбор данных о личных поездках с указанием вида транспортного средства, времени, цели поездки и т. п. Большая часть бюджета и трудозатрат расходуется на: сбор данных о внешних поездках, т. е. таких, у которых по крайней мере один из конечных пунктов поездки находится вне границ обследуемой зоны; опросы на дому относительно хозяйственных поездок; и обследование движения грузовых автомобилей и автомобилей-такси. Все эти данные заносятся на перфокарты и магнитную ленту, после чего они становятся основой для разработки и апробации моделей возникновения и распределения транспортных потоков.

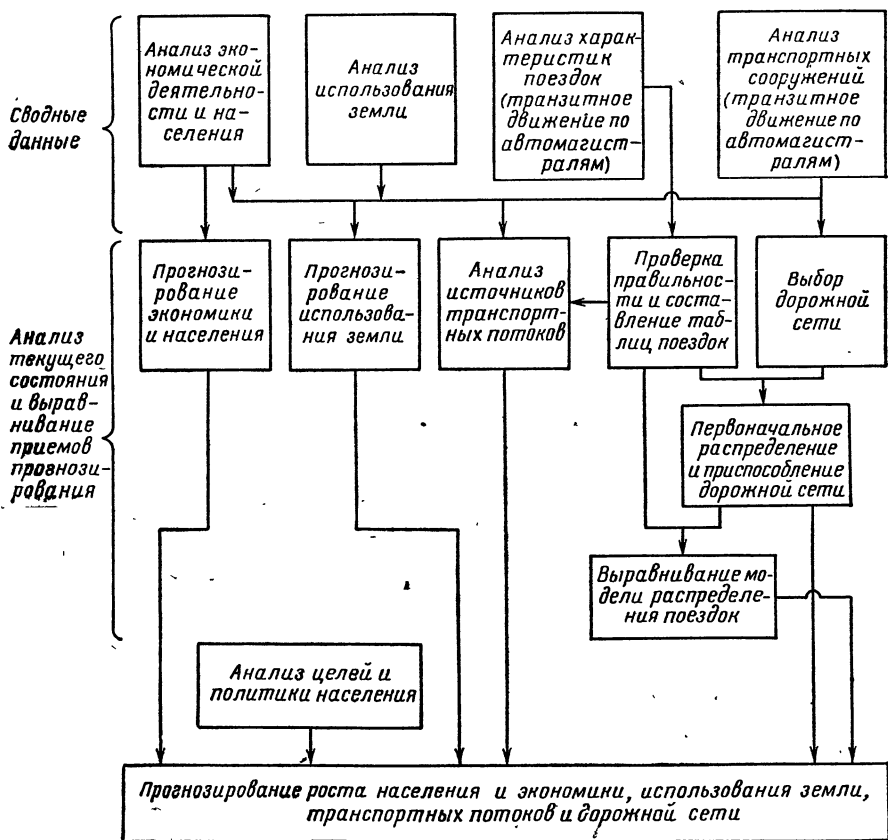


Рис. 12.9. Структурная схема данных обследования городского движения

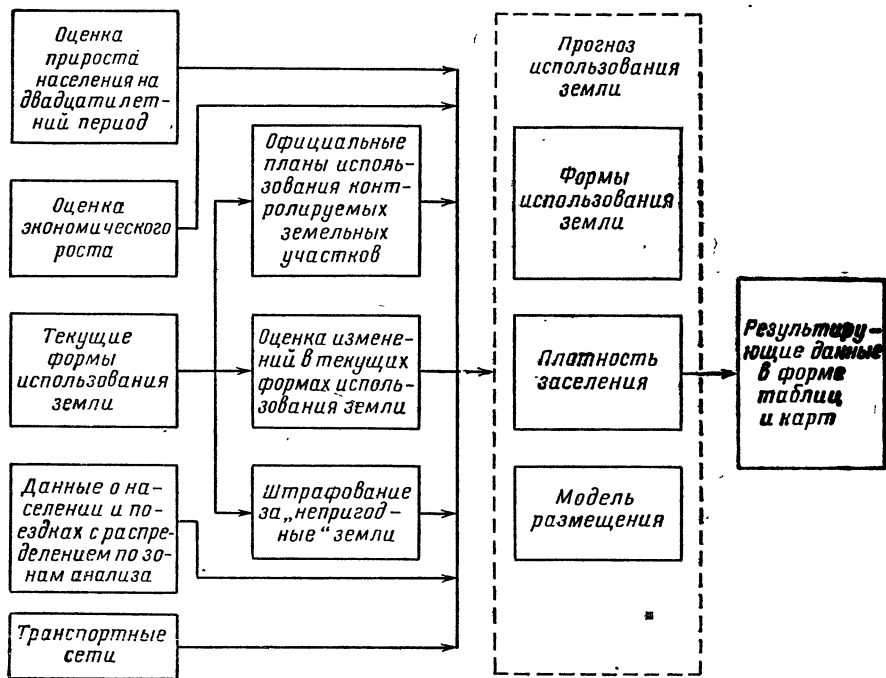


Рис. 12.10. Стадии прогнозирования использования земли

На рис. 12.8 приведена структурная схема организации подобных обследований и обработки первичных данных

Анализ. На рис. 12.9 схематически изображен процесс исследования от стадии сбора данных до стадии анализа, а затем — до составления прогнозов.

Приемы прогнозирования. Специалисты по экономике, географии, демографии и другим отраслям науки используют самые разнообразные приемы для составления прогнозов численности населения и экономической деятельности. Простейшие из них — экстраполяция текущей динамики либо использование прогнозов, составленных для более крупного региона, в который входит исследуемый район. Наиболее совершенные приемы прогнозирования заключаются в изучении влияния изменений, происшедших в одной из отраслей хозяйства, на другие отрасли путем использования анализа по схеме «затраты—выпуск» или «биохимических моделей» для получения характеристик будущего развития городов.

Перед тем как оценить характер будущих поездок, необходимо установить характер будущего использования земли в городах. Имеются модели экономического и демографического прогнозирования, предназначенные для получения прогноза использования земли как конечного результата. Чаще же приходится составлять специальные прогнозы размеров и расположения пустующих земельных участков, которые могут быть превращены в районы жилой и другой застройки в соответствии с нуждами растущего городского населения.

Как показано на рис. 12.10, процесс прогнозирования начинается с характеристик динамики населения и экономического развития, существующего использования земли, поездок и транспортной сети. Затем влияние этих факторов переносится на прогнозируемый год и результаты привязываются к зонам района исследования. Характер будущего использования земли можно прогнозировать, экстра-

полируя текущую динамику или на основе имеющихся данных по перспективному развитию города. Влияние транспортного обслуживания на выбор места застройки может быть исследовано построением имитационных моделей.

Проверка данных и составление таблиц поездок. Проверка обоснованности данных, полученных в ходе обследования поездок, проводится вначале выборочно вручную опытными сотрудниками, а затем при помощи ЭВМ проверяется правильность кодирования и совместимость данных о поездках и данных об отдельных предприятиях и учреждениях. После этого данные обследования выравниваются на основе средних величин числа поездок в будние дни в результате такой экстраполяции числа поездок сверяется с данными натурных подсчетов.

Применяются также и другие виды проверки. Например, данные о численности населения и владении автомобилями, полученные при выборочном обследовании и экстраполированные на весь район обследования, должны соответствовать данным переписи.

Суммарные оценки числа поездок на автомобилях после пересчета данных о расстояниях между объектами по прямой линии на величины пробега по дороге также сопоставляются с полученными в ходе подсчетов на дорогах оценками пробега в милях на одно транспортное средство. После этого составляются стандартные таблицы, описывающие средний дневной пробег и характеристики объектов генерации и притяжения поездок. В этих таблицах помещают данные об объектах и конечных пунктах поездок по районам, о числе поездок по видам транспорта, о полях поездки и времени суток, о передвижении между зонами с разбивкой по типам транспортных средств, а также о пунктах назначения поездок с разбивкой по формам использования земли.

Классификация дорог. Важным моментом процесса планирования является классификация улиц и дорог по функциональным признакам. Расчетным путем определяют маршруты, имеющие наиболее высокую интенсивность движения. Для первоначальной прикидки рассматривают все улицы с оживленным движением. Поскольку необходимо надлежащим образом связать все зоны, в состав дорожной сети может быть включен и ряд второстепенных улиц, если эти улицы расположены в отдаленных районах с малой плотностью застройки.

Затем дорожную сеть кодируют, чтобы иметь возможность formalизовать процесс распределения транспортных потоков. Каждое звено дорожной сети обозначают парой кодовых номеров, символизирующих его окончные пересечения. Каждое звено, кроме того, может быть обозначено дополнительным индексом с указанием класса или особенностей дороги (скоростная дорога, съезд, магистральная дорога, неиспользуемая дорога, хордовая дорога). Обычно требуется дополнительная информация о каждом из звеньев — протяженность, средняя скорость движения, требуемое для проезда время, интенсивность движения в среднем за сутки, пропускная способность. Схематичное изображение части дорожной сети дано на рис. 12.11.

Проверка дорожной сети. Первоначальную проверку правильности кодирования схемы дорожной сети можно выполнить имитационным распределением движения по сети на ЭВМ. ЭВМ определяет маршрут с наименьшими затратами времени на движение от пункта отправления до пункта назначения, используя алгоритм минимального шага и направляя все поездки между данными конечными пунктами по этому маршруту. Если результаты реального распределения транспортных потоков все же свидетельствуют о том, что используются и другие транспортные связи между этими пунктами, то следует проверить дорожную сеть на предмет недостающих съездов или неверных оценок времени проезда по отдельным отрезкам сети. Как правило, в программах распределения транспортных потоков используется так называемый прием «сдерживания пропускной способности», предназначенный для поддержания максимальной нагрузки на отрезке дорожной сети в определенном отношении к исчисленной ранее пропускной способности звена дорожной сети.

Кодирование дорожной сети дает возможность описать качество транспортного обслуживания. Отношения интенсивности транспортных потоков к пропускной способности отдельных звеньев дорожной сети указывают на местоположение и степень недостаточности либо избыточности пропускной способности сети. На схемах распределения транспортных потоков, иногда вычерчиваемых непосредственно

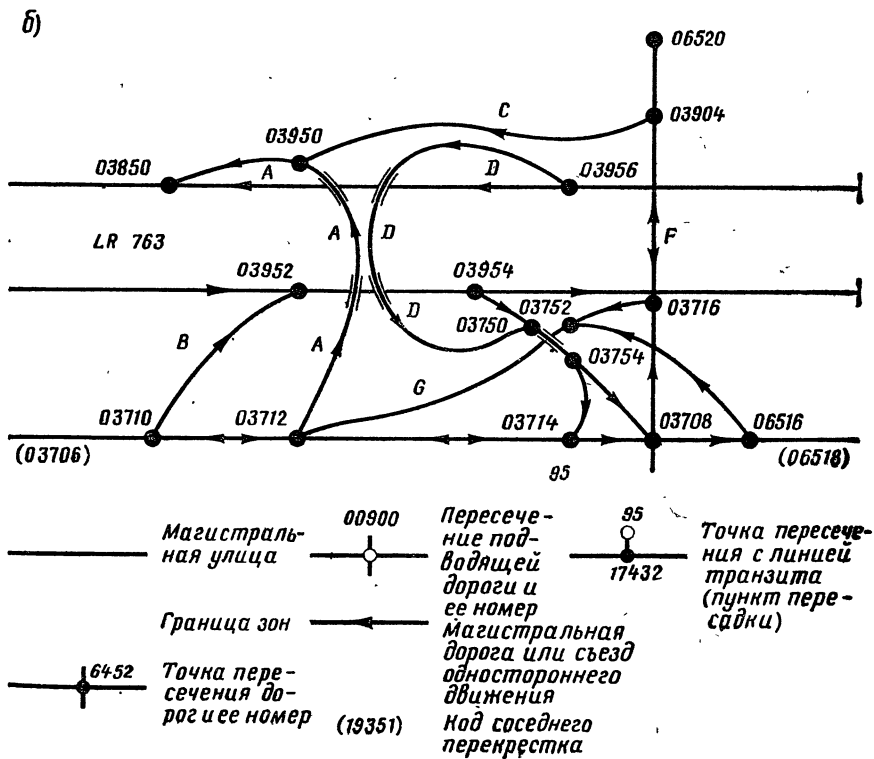
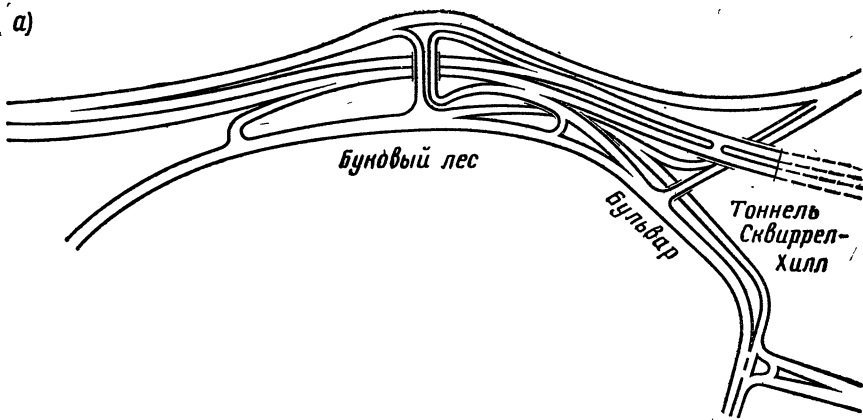


Рис. 12.11. Пример кодирования дорожной сети:

а — реально существующая развязка около Сквиррел-Хилл на парковой дороге Пенн-Ливинколь; б — схематическое изображение развязки, используемое для кодирования

венно самописцами, выделяют места заторов и отмечают относительную загрузку отдельных маршрутов.

Распределение поездов. Моделирование поездов на ЭВМ можно выполнять на основе распределения выявленных обследованием передвижений по транспортной сети. Для оценки же распределения прогнозируемых поездов существует ряд методов.

1. Метод Фратара.

Имеющееся в данный момент количество поездов между парами зон экстраполируется на перспективу с использованием коэффициентов увеличения подвижности. Для сбалансирования матрицы корреспонденций необходимо, как правило, использовать способ итераций. Математически метод Фратара описывается следующим образом:

$$T_{ij}(k+1) = (T_{ijk} F_{jk}) F_{jk}, \quad (12.1)$$

где T_{ijk} — поездки между зонами i и j на итерации k ; F_{jk} — коэффициент назна-

$$\text{чения зоны } j; F_{jk} = \frac{T_j}{\sum_{i=1}^n T_{ijk}}; F_{ik} — коэффициент отправления зоны } i;$$

$$F_{ik} = \frac{T_i}{\sum_{j=1}^n T_{ijk} F_{jk}}; T_j — конечное суммарное желаемое значение для зоны$$

назначения j ; T_i — конечное суммарное желаемое значение для зоны отправления i .

2. Гравитационная модель

Согласно этому методу объем поездов из зоны A в зону B находится в прямой зависимости от количества поездов, возникающих в обеих зонах, и в обратной зависимости от времени нахождения в пути или от расстояния между зонами. Стандартная модель может быть выражена математически следующим образом:

$$T_{ij} = \frac{P_i A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^n (A_j F_{ij} K_{ij})}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (12.2)$$

где T_{ij} — взаимные поездки между пунктами, в данном случае поездки из пункта i в направлении пункта j ; A_j — коэффициент притяжения зоны j , в данном случае суммарное количество поездов, возникших в зоне j ; P_i — суммарное количество поездов, возникших в зоне i ; F_{ij} — выравнивающий член для встречных поездов из зоны i в зону j ; K_{ij} — коэффициент социально-экономического выравнивания для встречных поездов из зоны i в зону j ; n — число зон; i — номер зоны зарождения поездов.

Выравнивающий член F_{ij} обычно (но не обязательно) определяется как обратная экспоненциальная функция импеданса. Уточнения вычислений матрицы корреспонденций выполняют также способом итераций.

После каждой итерации выравненный коэффициент притяжения рассчитывают по формуле

$$A_{jk} = \frac{A_j}{C_j^{(k-1)}} A_j^{(k-1)}, \quad (12.3)$$

где A_{jk} — выравненный коэффициент притяжения для зоны притяжения (столбца) j на итерации k ; $A_{jk} = A_j$ при $k=1$; C_{jk} — сумма реальных прибытий (столбец) для зоны j на итерации k ; A_j — желаемая сумма прибытий для зоны притяжения (столбца) j ; j — номер зоны притяжения; $j=1, 2, \dots, n$; n — число зон; k — номер итерации; $k=1, 2, \dots, m$; m — число итераций.

На каждой итерации для расчета взаимобмена поездками между зонами применяется уравнение гравитационной модели с использованием выраженных коэффициентов притяжения, полученных на предшествующей итерации. Уравнение модели приобретает, таким образом, вид

$$T_{ijk} = \frac{P_i A_{jk} F_{ij} k_{ij}}{\sum_{j=1}^n (A_{jk} F_{ij} k_{ij})}, \quad (12.4)$$

где T_{ijk} — взаимобмен поездками между зонами i и j на итерации k ; $A_{jk} = A$ при $k=1$.

Индекс j проходит полный цикл при каждом изменении k , а i проходит полный цикл при каждом изменении j .

3 Модель пересекающихся возможностей.

Эта модель описывает вероятность того, что поездка завершится в определенной зоне назначения. Модель описывается следующим образом:

$$T_{ij} = O_i (e^{-LB} - e^{-LA}), \quad (12.5)$$

где T_{ij} — поездки между зоной отправления i и зоной назначения j ; O_i — сумма числа поездок, происходящих из зоны i ; e — основание натуральных логарифмов; $e = 2,71828...$; A — сумма всех расстояний до зон, расположенных между i и j , включая j ; B — сумма всех расстояний до зон, расположенных между i и j , исключая j ; L — плотность вероятности (вероятность на каждое назначение) приемлемости зоны назначения на момент рассмотрения.

Величина L может быть получена для одной или нескольких категорий поездок таким образом, чтобы распределение протяженности поездок в модели соответствовало распределению, полученному при обследовании.

4. Прямое распределение.

Модель непосредственно распределяет транспортные потоки по звеньям сети исходя из плотности поездок на соседних звеньях.

Анализ источников транспортных потоков и прочие виды анализа текущих данных. Анализ источников транспортных потоков необходим для получения данных о пунктах назначения будущих поездок. Связь между количеством поездок и характером использования земли устанавливается методом регрессии или факторного анализа с одним или несколькими переменными. Требования, предъявляемые к анализу источников транспортных потоков, в любом исследовании зависят от типа применяемой модели распределения поездок.

Описанные выше приемы анализа направлены на решение долгосрочных плановых задач. Для краткосрочных программ могут потребоваться специальные виды анализа. Они могут включать:

исследования организации автостоянок в центральном деловом районе города;

анализ пространственного распределения мест дорожно-транспортных происшествий и заторов;

сведения о транспортных потоках и прочие данные, полученные при измерении интенсивности движения;

сведения о формах использования земли и данные о населении с разбивкой по небольшим районам.

Прогнозирование. Взаимная связь между формой использования земли и транспортной системой на стадии долгосрочного исследования получает отражение в виде прогнозов использования земли и применяется в качестве основы для оценки передвижений.

Расчетный срок или «горизонт» планирования выбирают из следующих соображений. Этот срок должен быть достаточно велик, чтобы можно было планировать крупные мероприятия с учетом стадийного их внедрения. В то же время расчетный срок не должен значительно уменьшать вероятность правдоподобия разработанных прогнозов использования земли. Наиболее часто встречаются прогнозы на 15—25 лет.

Соотношение между плотностью размещения скоростных автомобильных дорог и плотностью населения

Плотность населения, тыс чел/кв миля	Расстояние между параллельными дорогами, мили		
	четырёхполосной	шестиполосной	восьмиполосной
4	5,0	7,5	10,0
8	2,5	3,8	5,0
12	1,7	2,5	3,3

Вариантное прогнозирование. Крупные исследования, как правило, предусматривают разработку нескольких альтернативных вариантов использования земли. При этом преследуются следующие цели:

- проверить проектные рекомендации;
- выявить преимущества и недостатки альтернативных форм использования земель;
- определить используемые населением данной местности критерии оценки земель;

- убедить общественность в целесообразности планирования;
- уточнить формы финансирования или организации исполнения проекта.

Содержание альтернативных вариантов проекта может формироваться под действием различных факторов. В частности, возможно рассмотрение различных планировочных форм застройки или различного распределения плотности заселения. При этом формы развития транспортной системы могут быть определяющими факторами.

Системы скоростных дорог. Плотность сети скоростных автомобильных дорог должна соответствовать плотности населения и потребности в пропускной способности дорожной сети, а также учитывать соотношение между стоимостью строительства и транспортными расходами. Данные табл. 12.2 позволяют определить не только масштаб проектируемой сети, но и ее плотность, соотношенную с плотностью населения. Здесь, однако, не введен критерий экономических потерь. А на рис. 12.12 этот критерий введен, и тем самым плотность скоростных дорог определяется как функция затрат на строительство, транспортных издержек (отражающих скорости сообщения) и средней протяженности поездки. Для каждого города характерна присущая только ему оптимальная плотность скоростных дорог. Как правило, эта плотность лежит в пределах, обеспечивающих расстояние между дорогами от 3,2 до 11,2 км. После определенного момента (см. рис. 12.12) эффективность приращения капиталовложений снижается.

При проектировании сети скоростных дорог необходимо:

1. Обеспечить непрерывность маршрута движения и равноценность пропускной способности участков дорог. Следует избегать тупиковых участков и Т-образных пересечений скоростных дорог. В том случае, если скоростная дорога заканчивается, следует обеспечить прямое сообщение ее с магистралями достаточной пропускной способности, соответствующей пропускной способности скоростной дороги. В транспортных системах с различными видами транспортных средств следует обратить особое внимание на преемственность пропускной способности в отношении числа перевозимых пассажиров, а не проходящих транспортных единиц.

2. За исключением особых условий, выполнять развязки с движением по всем направлениям и достаточной пропускной способностью.

3. При определении очередности строительства учитывать фактор непрерывности. Поскольку строительство дорожной системы занимает несколько лет, следует обратить внимание на непрерывность при завершении сооружения очередного участка дороги и присоединения его к системе.

4. Одновременно со строительством скоростных дорог совершенствовать и прилегающие к ним магистральные улицы, так как нагрузка на них с вводом

скоростных дорог возрастет. С сооружением системы скоростных дорог основные функции отдельных магистральных улиц могут изменяться. Усовершенствование магистралей должно способствовать их использованию в соответствии с изменившимися основными функциями.

5. Обеспечить доступ к скоростным дорогам со стороны существующих и проектируемых крупных источников транспортных потоков, таких, как торговые центры, группы промышленных предприятий, а также крупные зоны отдыха.

6. На незастроенной территории, где существует возможность строительства в будущем, резервировать площади для строительства дополнительных развязок.

7. До начала строительства дороги разработать схемы надзора и контроля за движением на скоростных дорогах.

8. На стадии проектирования сети скоростных дорог рассмотреть вопрос об организации движения массового пассажирского транспорта.

9. Оценить воздействие, которое система скоростных дорог окажет в целом на использование земли и развитие городов.

Магистральные улицы. На стадии проектирования следует обеспечить оптимальную плотность магистральной сети и необходимые эксплуатационные показатели. Из рис. 12.13 видно, что даже при наличии скоростных дорог магистральные улицы в зависимости от размера города несут от 40 до 60% общей нагрузки, выраженной в пробеге транспортных средств.

Для системного рассмотрения схемы магистральных улиц необходимо применять следующие принципы:

1. Прогнозировать потребности в магистральных улицах на незастроенных территориях и резервировать полосы отчуждения для их последующего сооружения.

2. Добиваться соответствия основных параметров магистралей функциональному назначению дорог. Если предполагается пропуск интенсивных транзитных транспортных потоков, целесообразно предусмотреть устройство местных проездов или дублеров магистрали, применение координированного регулирования и специально разработанной схемы организации левоповоротного движения. Если же основной функцией улицы является пропуск местного движения, проекты до-

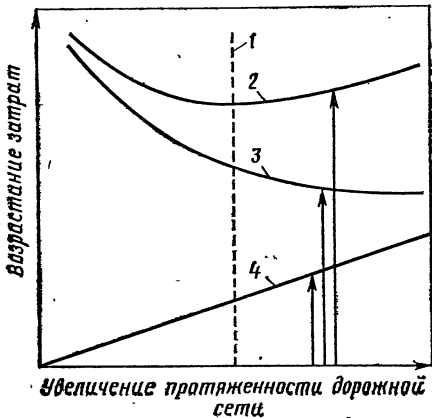


Рис. 12.12. Принцип минимальных совокупных затрат:

1 — минимум; 2 — совокупный объем затрат; 3 — затраты на поездки; 4 — затраты на строительство (после определенного момента приращение капиталовложений начинает приносить все меньшую экономию строительных затрат)

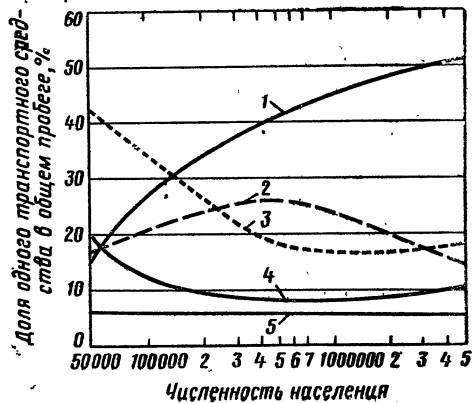


Рис. 12.13. Зависимость распределения пробега транспортных средств для различных дорожных систем от численности населения:

1 — скоростные дороги; 2 — четырехполосные магистрали; 3 — двухполосные магистрали; 4 — местные дороги; 5 — шестиполосные магистрали

рог должны обеспечить возможность частых поворотов и безопасность движения пешеходов.

3. Обеспечивать оптимальную плотность магистральных дорог. Расстояние между магистральными дорогами рекомендуется принимать для:

ЦДР города	$1/8-1/4$ мили
Других зон центрального района	$1/4-1/2$ »
Пригорода	$1/2-1$ мили
Сельской местности	1—2 мили

4. Использовать магистральные улицы в качестве действенного «барьера» (как физического, так и психологического), разделяющего промышленные, коммерческие и жилые районы, которые иногда проявляют тенденцию к взаимопроникновению и конфликтам.

5. Полностью согласовать систему магистральных улиц с существующими и проектируемыми системами общественного транспорта. Согласование системы магистральных улиц с системой скоростного рельсового транспорта поднимает ряд специфических вопросов. Поскольку значительная часть пассажиров скоростной рельсовой дороги пользуется улицами, ведущими к станции, способность этих улиц принять эти дополнительные транспортные потоки становится важной проблемой.

Дороги и улицы местного значения. Основной функцией улиц местного значения является доступ транспортных средств и пешеходов к отдельным участкам застроенной территории. Поэтому при проектировании улиц и дорог местного значения необходимо минимизировать транзитное движение транспортных средств.

Технические параметры улиц местного значения должны удовлетворять потребности как местного движения, так и движения прибывающих транспортных средств для обслуживания данного микрорайона. Улицы местного значения следует проектировать в расчете на незначительные транспортные потоки и низкие скорости движения. При необходимости следует предусмотреть возможность автобусного движения.

Проверка и оценка плана. Оценка плана включает:

проверку адекватности дорожной сети методом условного распределения транспортных потоков (проверка пропускной способности, удобства доступа и пользования);

экономический анализ затрат на поездки, стоимость строительства;

проверку на соответствие прогнозам использования земли и планам застройки района, эстетическим качествам окружения, экономическому развитию, в частности развитию коммунального обслуживания.

Проверка методом условного распределения транспортных потоков.

На этой стадии одновременно учитывают прогнозируемые данные по использованию земли, количеству поездок, выровненные модели распределения поездок, альтернативные варианты дорожных сетей с присвоенными им кодовыми номерами.

При этом проверяют:

1. Эффективность системы, выраженную в сводных показателях пропускной способности в соотношении с интенсивностью движения, средней скоростью сообщения, стоимостью поездки, долей поездок с использованием скоростных дорог, а также удобством доступа.

2. Транспортные нагрузки скоростных дорог по сравнению с автомагистральями, степень загрузки каждого варианта схемы дорожной сети, величину транспортных потоков в критических точках и в зоне ЦДР

3. Скорость движения на отдельных участках дорожной сети, разность между пропускной способностью и интенсивностью движения по отдельным участкам и маршрутам и т. д.

Анализ выявляет недостатки альтернативных вариантов плана. Незначительные недостатки могут быть исправлены изменением расположения трассы, частоты размещения дорог и развязок.

Экономический анализ. Для определения варианта с минимальным объемом затрат суммируют затраты на поездки и стоимость строительства. Зат-

раты на поездки вычисляют по результатам условного распределения движения. Стоимость строительства определяют исходя из стоимости одной мили дороги с учетом плотности застройки, сложности рельефа и т. п. или на основе исследований по предварительному инженерному обоснованию. Другие методы анализа экономической эффективности учитывают эксплуатационные характеристики дорожной системы через коэффициенты эффективности капиталовложений.

Прочие виды проверки. Ряд необходимых проверок имеет ярко выраженный качественный характер. Например, в последние годы приобрели особое значение меры по охране окружающей среды. Качественный анализ предполагает присвоение относительных «весов» каждому из учитываемых факторов, поэтому становится очевидной ценность хорошо информированных технических и совещательных комитетов.

На рис. 12.14 показано, каким образом можно сравнить по удобству два варианта поездок на работу. Линия среднего времени поездки на работу по группам с разным уровнем доходов показывает, что, хотя план А и план В дают одинаковый эффект для семей с высоким уровнем дохода, план А предоставляет возможность значительного сокращения времени поездок для семей с низким доходом.

Доступ к местам отдыха и развлечений или медицинским учреждениям, если они являются социальными критериями оценки плана, может быть измерен аналогичным применением данных исследования.

Реализация плана состоит из трех этапов: утверждения, составления программ и координации.

Утверждение плана. Разработанный план должен получить одобрение комитета выработки политики, технического и общественного (совещательного) комитетов. Затем план направляется в организацию, которым предстоит его осуществлять, и на рассмотрение общественности либо представительных органов для одобрения и поддержки.

Составление программ. Проектированию и строительству дорог предшествует ряд мероприятий. Они складываются из определения очередности строительства крупных основных сооружений или необходимых усовершенствований вспомогательных сооружений, а также увязки обоих процессов с программой капиталовложений.

Долгосрочные программы планирования, рассчитанные на срок до двух десятилетий, приходится разбивать на более короткие стадии для финансового планирования и составления сметы строительства. При выборе сооружений, включаемых в программы, определяющими факторами служат следующие принципы:

максимизация положительного эффекта для дорожного движения на каждой стадии;

координация с использованием земли и другими транспортными программами;

составление графика строительных работ согласно фондам.

Максимизация положительного эффекта для дорожного движения зачастую означает выполнение в первую очередь работ по реконструкции наиболее «узких» мест дорожной сети. Поэтому, как правило, системы скоростных дорог сооружаются, начиная от центра города, по направлению к окраинам. Строительство новых участков скоростных дорог может также быть распределено во времени таким образом, чтобы они связывали участки существующих и сооружаемых систем в согласованно функционирующее целое.

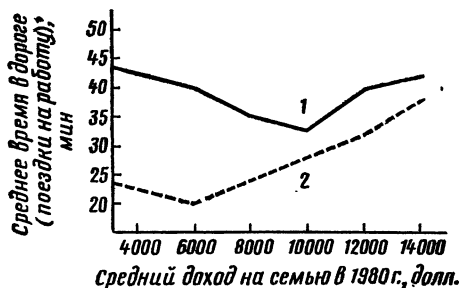


Рис. 12.14. Возможные отношения между затратами времени на трудовые поездки и доходом семьи для различных вариантов плановых решений:

1 — радиальный план (план В); 2 — прямоугольный план (план А — решетка)

Для уточнения очередности работ по усовершенствованию дорог можно использовать ряд критериев. Например, в течение многих лет дорожными органами используется метод оценок состояния дороги, безопасности и удобства пользования ею. Кроме того, разработан метод оценки экологических и социально-экономических факторов. Последний метод учитывает экологические факторы (загрязнение окружающей среды, экономию ресурсов, эстетические показатели, рекреационные ресурсы), факторы экономического развития (стимулирование нового строительства, увязку с планами использования земель, экономию на подъездах, затраты на перенос объектов) и вопросы безопасности дорожного движения.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИСТОВ-ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ

Так как необходимость в продолжении транспортного планирования существует и после того, как в ходе первоначального исследования был выработан приемлемый план, в состав постоянных плановых организаций входят специально созданные исследовательские группы.

Цель работы исследовательской группы — обеспечение достаточной гибкости и динамичности процесса планирования. В обязанности групп входит: стимулирование совершенствования плана в процессе его реализации; обновление информационной базы; сопровождение работ по реализации плана; по мере надобности корректирование планов.

Постоянные исследования могут осуществляться на основе той же организационной структуры, что и первоначальные исследования. Они имеют многоцелевой характер, охватывающий наблюдение, обслуживание, предоставление сведений. Данные первоначально проведенных обследований следует постоянно обновлять. Например, рекомендуется регулярно пересматривать данные об интенсивности транспортных потоков, использовании земли, народонаселении, характере движения грузовых автомобилей и автомобилей-такси, характеристиках транспортных сооружений.

Исследовательская группа также должна регулярно получать сведения об изменениях в демографических характеристиках, финансировании и администрировании. Постоянная исследовательская группа, имея банк данных текущей статистики, может обслуживать другие организации. Например, транспортная организация может оценить последствия предполагаемого открытия объездного пути проведением условного распределения транспортных потоков либо строительная организация может проверить последствия различных вариантов очередности строительства. Группы, занимающиеся социальным планированием, могут, например, заинтересоваться удобствами поездок на работу из разных районов разными видами транспорта.

Обновление планов — основная функция группы. Следует рассматривать действительность планов в удовлетворении текущих потребностей хотя бы раз в пятилетие. Исследовательские группы должны быть готовы к разработке новых прогнозов использования земли и оценок числа поездок в расчете на новый плановый год, отстоящий, как правило, на 5 лет от первоначально выбранного.

Будущее планирования. Возможно, что изменения в развитии городов и транспортных систем будут настолько существенны, что принятый ныне порядок планирования на длительную перспективу потеряет силу. Все чаще выражаются мнения, что следует отказаться от планирования на основе прогнозов на 20 лет и перейти на пяти—десятилетнюю перспективу и скользящие планы.

Это вызвано рядом причин. Во-первых, общественность оказывает возрастающее давление в пользу изменения существующей организации городского движения. Во-вторых, финансирование, как правило, было недостаточным для осуществления проектов организации городского движения. В-третьих, новый порядок финансирования, отражающий большее влияние местных органов власти, может повлечь за собой выбор других видов транспорта. В-четвертых, при наличии более действенного регионального планового управления могут стать возможными новые формы городского строительства (новые города, города-спутники и пр.) и таким образом планирование городов может вызвать некоторые изменения в характере городского движения.

Последний пункт особенно важен для специалистов по городскому движению.

Они, по-видимому, будут привлечены к выполнению подробных оценок вариантов городской застройки и транспортных схем. Моделирование на ЭВМ, оперирующее с большим количеством неизвестных и более точно имитирующее динамику роста, постоянно ставит перед этими специалистами новые проблемы. От них потребуются гибкость, проницательность и способность продуктивно сотрудничать со специалистами других отраслей знаний, участвующими в процессе планирования.

РОДЖЕР Л. КРЕЙТОН

Глава 13

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ

Планирование развития транспортных систем в масштабе штата или региона является делом относительно новым. Импульс к планированию дали три фактора. Первый — достигнутый в 50—60-х годах технический прогресс в исследованиях городского движения, который повысил уверенность специалистов в использовании рациональных путей разрешения проблемы сложных транспортных систем. Второй — все более очевидная необходимость координации политики в области дорожного движения, которая породила сильную тенденцию к созданию региональных транспортных управлений. Третий — проводимые 1 раз в два года исследования, называемые «Изучение национальных транспортных потребностей», которые требуют от всех штатов долгосрочного прогнозирования развития всех форм транспортных перевозок.

Планирование региональных систем заключается в разработке рекомендаций, направленных на:

достижение ряда целей или улучшение технических характеристик, измеряемых серий критериев;

осуществление соответствующих мероприятий различными группами, например лицами, использующими дороги и транспортные сооружения, отправителями и получателями грузов, поставщиками транспортных услуг и особенно общественностью в целом;

целенаправленное и скоординированное изменение технологии и методов строительства, управления, финансирования и ценообразования;

постановку задач перед транспортными предприятиями и службами всех видов;

совершенствование перевозок пассажиров и грузов;

осуществление мероприятий, спланированных по четко разработанной методике с использованием результатов натуральных наблюдений в тесной связи с решением вопросов землепользования, экономики, защиты окружающей среды с учетом географических особенностей региона на перспективу от 10 до 50 лет.

Действительный прогресс в планировании транспортных систем может быть достигнут лишь тогда, когда будут четко определены цели, выявлены критерии оценки качества системы, разработаны достоверные методы прогнозирования. Причем городские районы, для которых ведутся самостоятельные транспортные исследования, в большинстве случаев должны быть исключены из рассмотрения планирующей группой штата. Причина исключения — чисто практические соображения: избежать дублирования усилий.

Области регионального транспортного планирования

Объекты планирования	Области глобального планирования	Области конкретного планирования
Автомобильные дороги	Принципиальная разработка дорожной системы; размещение в транспортных коридорах междуштатных и главных дорог; капиталовложения по типу дорог, местоположению и времени строительства	Точное трассирование дорог; конструкция дорог; начертание коридоров окружных дорог; организация и регулирование дорожного движения
Автобусный транспорт	Система маршрутов; интервалы движения; общее расположение конечных пунктов; тариф; типаж автобусов	Точное размещение конечных пунктов маршрута; расписание движения; управление и эксплуатация; безопасность движения
Авиационный транспорт	Схема воздушных маршрутов и аэропортов; капиталовложения; тарифы; типы самолетов	Точное размещение аэропортов; расписание движения; управление воздушным движением; безопасность полетов
Пассажирские железнодорожные перевозки	Схемы железных дорог; общее размещение станций; тарифы; интервалы движения; капиталовложения; ограждение железнодорожных переездов	Расписание движения и другие вопросы эксплуатации; безопасность движения
Грузовые железнодорожные перевозки	Размеры и начертание системы; капиталовложения; конечные станции; скорость движения и периодичность принятия грузов; координация между железной дорогой и автомобильным грузовым движением; тарифы; ограждение железнодорожных переездов	Расписание движения и другие вопросы эксплуатации; безопасность движения
Грузовые автомобильные перевозки	Размещение конечных станций контейнерных и трейлерных перевозок; схема дорог; типаж подвижного состава и тарифы	Эксплуатация; точная привязка конечных станций; безопасность движения
Водные сообщения (каналы)	Капиталовложения и эксплуатационные расходы; расположение относительно рельсовых и нерельсовых путей сообщения; использование для отдыха	Эксплуатация
Порты	Капиталовложения; координация с железнодорожным и автомобильным транспортом; координация между портами; общее размещение	Проектирование; управление; эксплуатация
Трубопроводный транспорт Землепользование	Воздействие на железные дороги, каналы Взаимосвязь между доступностью районов для различных видов транспорта и уровнем их экономической активности; распределение населения	Безопасность; управление и эксплуатация
Окружающая среда	Сохранение естественных ресурсов, исторических и культурных ценностей	—

Тем не менее региональное планирование должно учитывать: уровень капиталовложений на развитие транспортных систем городов, так как это оказывает влияние на регион в целом; расположение автомагистралей, рельсовых и других путей сообщения, выходящих из границ города и становящихся частью дорожной системы региона; расположение аэропортов, портов и железнодорожных станций в пределах или около городских зон, так как они могут влиять на транспортное обслуживание других городов и региона в целом

• Планирование транспортных систем в регионах, как и в городах, носит обобщенный характер.

Однако это не следует трактовать как отсутствие внимания к деталям. Скорее наоборот. Способность планировать размещение транспортных сооружений в обобщенном виде, определять оптимальный уровень капитальных вложений в новые сооружения, обеспечивать рациональное сочетание транспортных подсистем различных видов требует высокого умения ориентироваться в деталях.

В табл. 13.1 приведены главные вопросы и области, охватываемые транспортным планированием в регионе.

Планирование в масштабе региона не должно непосредственно касаться вопросов инженерных разработок, точного определения мест расположения новых сооружений, расписания движения общественного транспорта (кроме установления периодичности и уровня обслуживания) или управления и эксплуатации транспортных систем.

Для планирования значительный интерес представляют сравнительные размеры капитальных затрат на различные виды транспорта и соотношение между затратами на капиталовложения и на эксплуатацию. Капиталовложения в сами средства передвижения на железнодорожном, воздушном и автомобильном транспорте не так велики, как капиталовложения в автомобильные дороги, однако ими нельзя пренебрегать. Даже небольшое в процентном отношении повышение эффективности работы средств транспорта, достигаемое в результате лучшего помещения капитала или снижения эксплуатационных расходов, может дать большую экономию денежных средств.

ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ШТАТА

Эффективное планирование предполагает наличие полномочий определять развитие всех видов транспорта и обеспечивать практическое осуществление планов. Структура регионального планирующего органа зависит от размеров региона и степени детализации при планировании.

Работа этого органа может быть организована по различным функциональным принципам. Например, возможно:

создание единой группы без специализации по видам транспортных средств. При этом должен делаться акцент на координацию работы различных видов транспорта;

использование специалистов по разным видам транспорта и соответствующая специализация групп;

специализация исполнителей по функциональному принципу: сбор данных, определение задач, анализ систем, проектирование систем и т. п.;

использование географического принципа.

Обычно в структуре планирующего органа отражается компромисс между этими различными принципами.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Имеются три основных метода планирования региональных транспортных систем. Эти методы получили условные названия: «потребности — стандарты», «моделирование с ориентированием на один вид транспорта» и «моделирование с ориентированием на несколько видов транспорта».

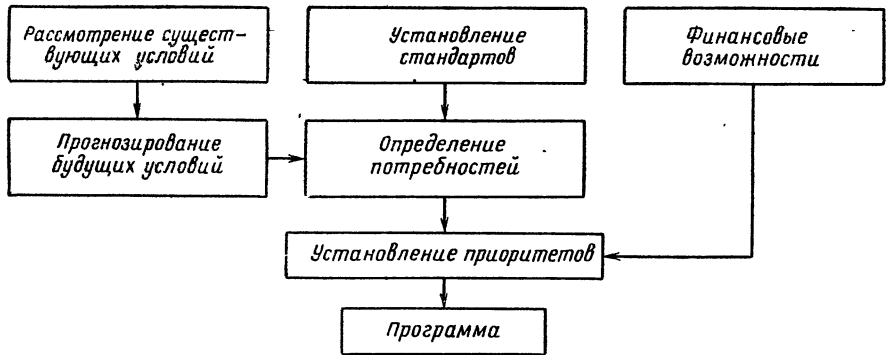


Рис. 13.1. Структурная схема метода «потребности—стандарты»

Метод «потребности — стандарты» предполагает сопоставление прогнозируемых характеристик транспортных систем с нормируемыми показателями или стандартами. Эти стандарты включают в себя нормативы физического характера (например, геометрические параметры дороги), показатели уровня обслуживания (пропускная способность, интервалы движения общественного транспорта и др.) и показатели безопасности движения. Разница между нормируемыми и существующими (или прогнозируемыми) показателями представляет собой транспортную потребность. Обычно потребности превышают финансовые ресурсы, поэтому определяются приоритетные проекты, которые становятся программой строительства. Структурная схема этого метода приведена на рис. 13.1.

Преимуществами метода «потребности — стандарты» являются простота, достоверность и сравнительная легкость использования. К недостаткам этого метода можно отнести спорность некоторых нормируемых показателей и невозможность прямого сравнения эффективности капиталовложений в различные виды транспорта.

Метод «моделирование с ориентированием на один вид транспорта» взят из практики проектирования городских транспортных систем. Обычно он включает четыре основных элемента: формирование целей и критериев, подготовку планов по улучшению технических показателей транспортной системы в соответствии с упомянутыми целями и задачами; моделирование функционирования существующей и (или) будущей системы; оценку результатов.

Последовательность действий, предусмотренная этим методом планирования, изображена на рис. 13.2.

Преимущества рассматриваемого метода заключаются в том, что:

оценка планов возможна уже при формулировании целей планирования с учетом интересов лиц как использующих, так и не использующих транспортные средства (например, минимизация стоимости строительства и эксплуатации, стоимости и времени поездки, повышение безопасности дорожного движения);

этот метод позволяет получить прямое и непосредственное представление о планируемой системе, что ведет к лучшему пониманию целесообразности преобразований;

он дает возможность суммировать затраты (например, времени) на одинаковой основе для нескольких видов перевозок, позволяя тем самым делать сравнения по отдельным видам.

Недостатками данного метода являются сложность метода и трудность его использования, а также возможность его успешного применения для моделирования в основном только дорожного движения.

Метод «моделирование с ориентированием на несколько видов транспорта» во многом подобен предыдущему методу и отличается от него тем, что предусматривается возможность обратной связи, поскольку планируемые изменения в уровне обслуживания влияют на выбор способов поездки. Структурная схема этого метода показана на рис. 13.3.

Преимущества такого подхода заключаются в том, что он предполагает одновременное рассмотрение всех видов транспорта. Это позволяет более эффективно планировать и координировать работу транспортной системы. Недостатками этого метода являются исключительная сложность, неадекватность необходимых данных и отсутствие достаточного опыта его применения.

Метод «потребности — стандарты» является фактически официальным методом, утвержденным Министерством транспорта США. Поэтому он используется всеми штатами независимо от того, имеются там управления транспорта или нет. Ряд штатов уже применяет второй метод путем моделирования дорожного движения на сети автомобильных дорог штата. Ведется некоторая предварительная работа по моделированию транспортной системы на общегосударственном уровне.

На рис. 13.4 в качестве примера приведена структурная схема организации транспортных исследований, выполненных в США в 1972 г. Предварительно Министерство транспорта США подготовило ряд руководств (А, В, С и D), обеспечив тем самым единообразие выполнения работ во всех штатах страны.

Рис. 13.5 иллюстрирует процесс планирования, использовавшийся в штате Нью-Йорк в 1968 г. Начальным действием было законодательное постановление, за которым последовало определение более конкретных целей. Следует отметить позицию «Цели развития штата», которая определяет использование земли, вопросы экономики, охраны окружающей среды и другие нетранспортные критерии. Данный случай — это пример использования принципа планирования по отдельным видам транспорта.

В конце каждой операции по планированию отдельного вида транспорта результаты координируются (между видами и с другими направлениями развития штата) и затем завершаются в виде программ.

Впоследствии программа работ по планированию транспорта в масштабе штата Нью-Йорк была переработана. Новая программа (рис. 13.6) предполагает раздельное рассмотрение пассажирского и грузового транспорта. Рабочая программа более детализирована. Важно отметить следующие два положения:

планы в масштабе штата разрабатываются ранее планов районов (в штате Нью-Йорк районы представляют собой группы графтов);

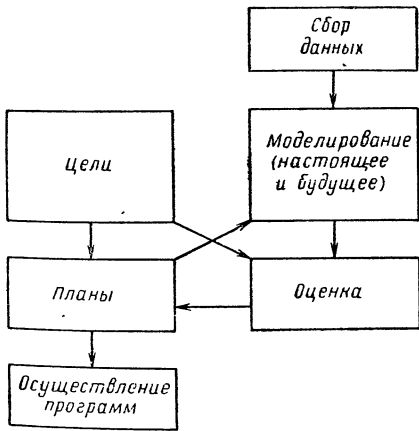


Рис 13.2. Структурная схема метода «Моделирование с ориентированием на один вид транспорта»

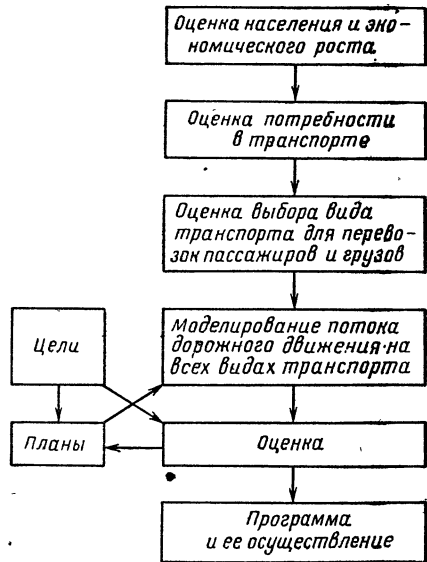
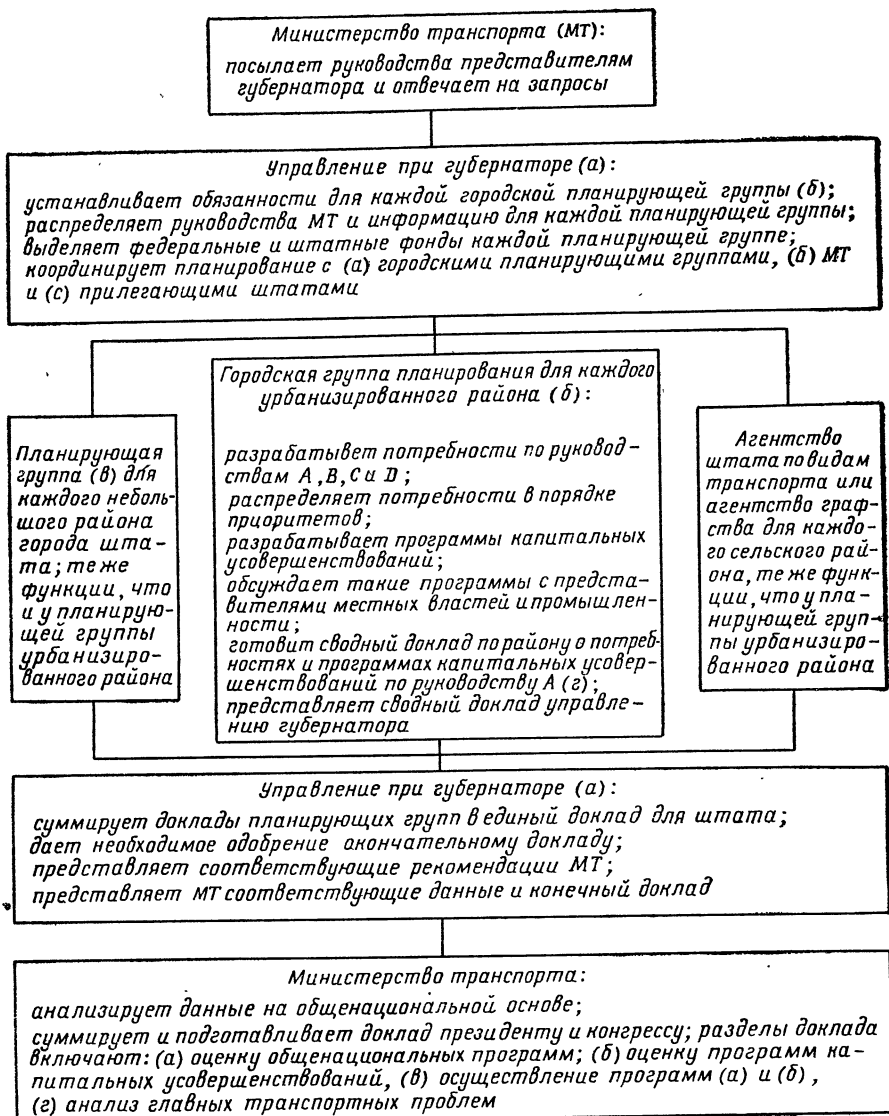


Рис 13.3. Структурная схема метода «Моделирование с ориентированием на несколько видов транспорта»



Примечания:

- (а) Или представитель губернатора.
- (б) Городская группа планирования для каждого урбанизированного района. Для негородских и малых городских районов управление при губернаторе должно обязать агентства штата или графства, такие как управление планирования штата, взять на себя обязанности городской планирующей группы.
- (в) Агентства штата или графства будут брать на себя обязанности по планированию для малых городских районов.
- (г) Включая вспомогательные данные, когда это необходимо.

Рис. 13.4. Функции местных, штатных и федеральных органов в удовлетворении потребностей и реализации программы капитальных усовершенствований

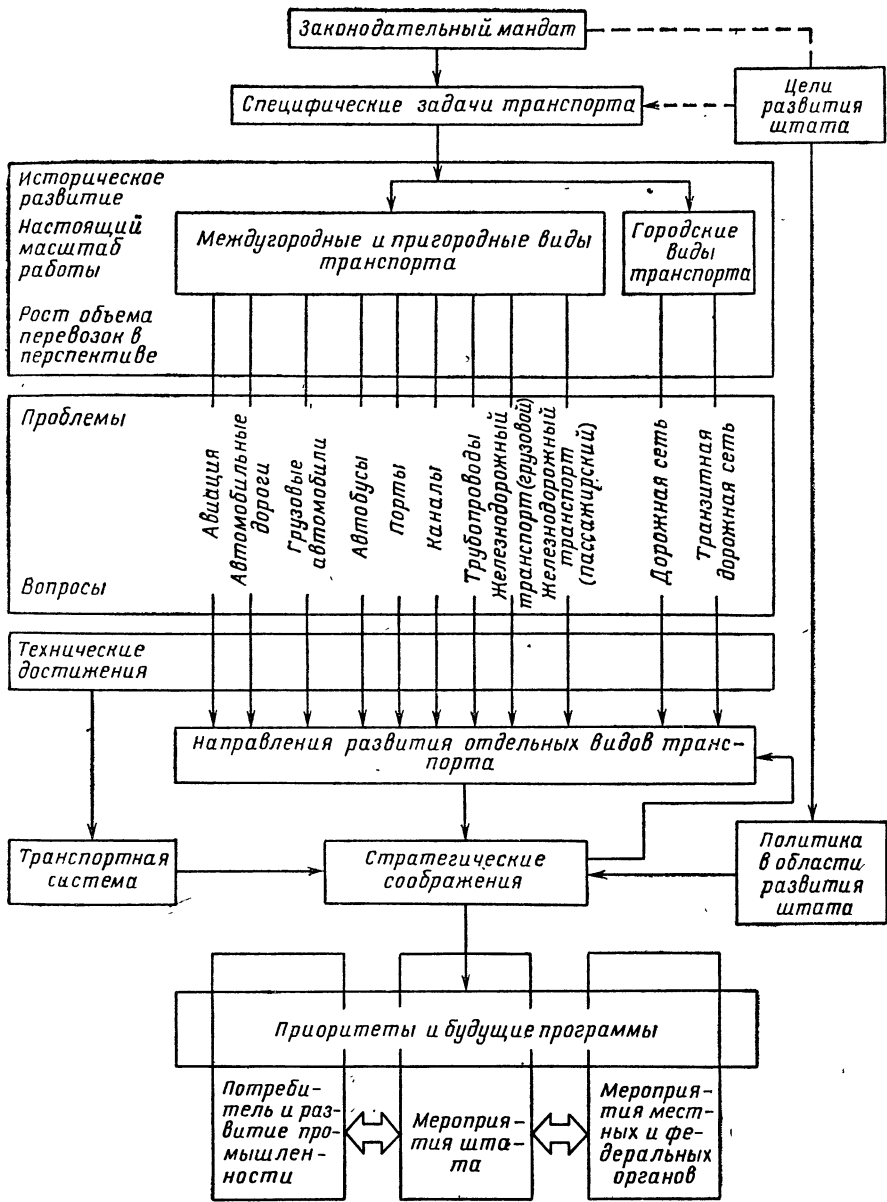


Рис. 135. Структурная схема транспортного планирования в штате Нью Йорк (1968 г.)

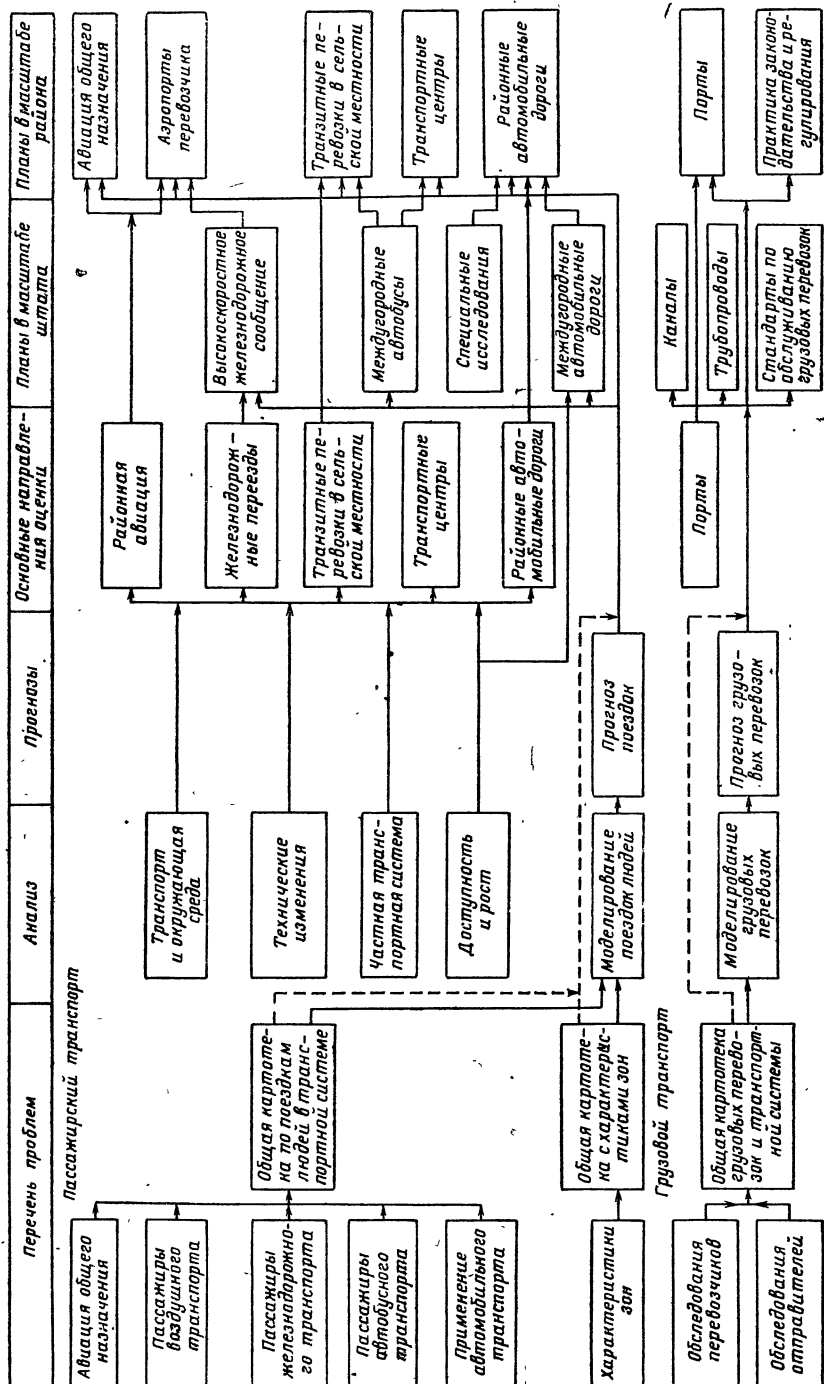


Рис. 13.6. Элементы рабочей программы транспортного планирования в штате Нью-Йорк

на начальной стадии подготовки промежуточного плана не рассматриваются вопросы детальной проработки программ работ и прогнозирования потребностей в транспортном обслуживании.

Использование стандартов и выбор цели. Стандарт представляет собой специфическую характеристику транспортного сооружения или оборудования, например ширину тротуара, отношение интенсивности движения к пропускной способности дороги, периодичность движения.

Цель — это уровень эксплуатационных характеристик транспортных систем и сооружений, который представляется необходимым с точки зрения лица или группы лиц.

В табл. 13.2 приведен примерный перечень стандартов для автомобильных дорог.

Основная трудность в отношении стандартов заключается в том, чтобы определить, насколько целесообразно достижение требований стандартов или даже проведение усовершенствований в этом направлении. Дополнительную помощь может оказать метод оценки функциональных показателей транспортной системы с точки зрения удовлетворения потребностей людей и организаций. Затраты на проведение усовершенствований могут быть сопоставлены со снижением затрат для потребителей или с выигрышем, измеряемым другими установленными показателями.

Для удобства цели разбиты на три группы соответственно мнению лиц или группы лиц, наиболее заинтересованных в каждой из целей. Эти три группы включают: лиц, пользующихся транспортными сооружениями, и тех, которые используют их сами или являются отправителями грузов; тех, кто предоставляет пользователям дороги транспортные сооружения как общественные, так и частные; лиц, не пользующихся дорогами, но проживающих в данной местности и заинтересованных в мероприятиях по охране природы и т. п.

Пользователи транспортными системами заинтересованы в достижении всех или некоторых из следующих целей:

1. Повышение мобильности. В нем заинтересовано практически все население. Специально должны быть рассмотрены вопросы повышения мобильности для престарелых, лиц с физическими недостатками и тех, кто не может позволить себе использовать автомобиль для поездки на работу, к местам отдыха и размещения бытовых услуг или для других целей.

2. Повышение надежности транспортной системы. Ее характеристики не должны заметно ухудшаться в неблагоприятных погодных и других условиях.

3. Обеспечение минимума затрат времени на передвижения. Желательно быстрое транспортирование «от двери до двери» как пассажиров, так и грузов. Сюда включается время, затрачиваемое на пересадку пассажиров и перевалку грузов с одного вида транспорта на другой.

4. Повышение комфорта при перевозках. Комфорт может быть повышен путем предоставления чистых транспортных средств, оборудованных установками кондиционирования воздуха и нормально загруженных.

5. Снижение аварийности. Главная цель — снижение количества смертельных случаев, травм, а также аварий, ведущих к материальному ущербу на всех видах транспорта.

6. Снижение затрат для пользующихся транспортом. Сюда относятся затраты на эксплуатацию частных автомобилей, оплату проезда, субсидии на эксплуатацию систем массового пассажирского транспорта и оплату за перевозку грузов.

7. Повышение эстетических качеств. Люди тратят значительную часть своего времени на поездки. Путешествие на всех видах транспорта должно оставлять как можно более приятное впечатление, для чего следует уделять внимание архитектурному и художественному оформлению придорожных объектов и конечных пунктов.

Интересы транспортных фирм и организаций заключаются в: сокращении капитальных затрат на строительство транспортных сооружений и приобретение транспортных средств;

снижении эксплуатационных расходов на содержание сооружений и оборудования, оплату рабочей силы и энергетических расходов;

обеспечении рентабельности производства;

Минимальные допустимые параметры для магистральных и коллекторных автомобильных дорог

С функционирующие системы	Главные магистрали		Второстепенные магистрали						Коллекторные дороги										
	Любая		Более 6000		2000—6000		Менее 2000		1000—6000*		400—1000		100—400		Менее 100				
	Р	Х	Р	Х	Р	Х	Р	Х	Р	Х	Р	Х	Р	Х	Р	Х			
Среднесуточная интенсивность движения, ед./сут.																			
Местность																			
Эксплуатационная скорость (в часы пик), км/ч	88	80	72	80	72	64	80	72	64	80	72	64	80	72	64	80	72		
Тип покрытия	Высшего класса			Среднего класса						Легкое			Гравийное						
Ширина полосы движения, м	3,35		3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,35	3,0	2,7			Проезжая часть 6,7		
Тип обочины	Укрепленная			Грунтовая															
Ширина обочины, м	2,4	2,4	1,8	2,4	2,4	1,8	1,8	1,8	1,8	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,6	0,6		
Безопасная скорость, км/ч*	105	88	72	97	80	74	97	80	80	4	97	80	64	80	64	48	64	56	40
Расстояние видимости из условия остановки, м	168	126	96	145	107	84	145	107	84	145	107	84	107	84	61	107	84	61	

Максимальная кривизна, м	5	6	10	5	8	13	5	8	13	5	6	13	8	10	18	8	13	23	8	13	23																				
Максимальный уклон, %	3	4	8	3	5	5	3	5	9	3	5	9	4	5,5	10	4	6	11	4	6	11																				
Число полос	*2																																								
Оценка состояния покрытия (PSR или эквивалент)	2,6	2																					2*	2	2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1

См. в «Справочнике по функциональной классификации дорог и изучению транспортных потребностей (1970—1990 гг.)»

Оборудование железнодорожных поездов

Мосты (путе-проводы): ширина, м**

Ширина проезжей части плюс 1,8 м

Ширина проезжей части плюс 1,2 м

Ширина проезжей части плюс 0,6 м

5,515,515,5

дорожный просвет, м

нагрузка Н-20

Условные обозначения: Р — равнинная, Х — холмистая, Г — горная местность.

*1 Коллекторные дороги, среднесуточная интенсивность движения по которым превышает 9600 ед., должны быть многополосными, если необходимо поддерживать скорость движения в часы пик 64, 56 и 48 км/ч.
 *2 Как основание для поддержания эксплуатационной скорости.
 *3 Приблизительная скорость, на которой основаны расчетные значения видимости, радиусов кривых, уклонов дороги.
 *4 Более крутой уклон допускается, если длина участка с подъемом сравнительно невелика или имеются дополнительные полосы движения в подъем.
 *5 Для мостов длиной более 76 м допустима ширина в 1,2 м меньше, чем указанная, в таблице, но не менее ширины дороги на подходе к мосту.

совершенствовании транспортной системы, использующей преимущества как от координации работы различных видов транспорта, так и от специализации их по видам обслуживания;

сохранении природных ресурсов — ценных сельскохозяйственных земель, лесов, побережий, озер, заповедников. Кроме того, новые транспортные сооружения не должны оказывать отрицательное воздействие на территории, представляющие историческую и эстетическую ценность;

стимулировании экономического развития территории, обслуживаемой транспортной системой.

Население заинтересовано прежде всего в:

повышении доступности ко всем районам региона, в особенности недостаточно обслуживаемых транспортной системой;

уменьшении загрязнения территории и воздушного бассейна, снижении уровня шума;

стимулировании реализации желаемых схем расселения населения;

снижении вредного воздействия транспортной системы на окружающую среду.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

Железнодорожный транспорт. В 1971 г. капиталовложения в железные дороги первого класса в США составили 28,2 млрд долл. и приносимый ими годовой доход равнялся 12,7 млрд долл. Для сравнения укажем, что на строительство автомобильных дорог в течение 1971 г. было выделено примерно 1,9 млрд долл. Протяженность железных дорог в 1971 г. составляла 330 тыс. км, автомобильных дорог: межштатных — 53, главных — 773 тыс. км.

Железнодорожный транспорт по-прежнему выполняет основную долю междугородных перевозок грузов. В 1971 г. грузооборот на железных дорогах первого класса оценивался в 1392 млрд. т и более 1189 млрд. ткм.

Совершенствование железнодорожного транспорта должно предусматривать:

устранение железнодорожных переездов в одном уровне;

удлинение ответвлений, в частности, решение вопроса о передаче боковых веток службе контейнерных перевозок типа «контейнер на платформе» или «трейлер на платформе» (КОФК и ТОФК);

координацию работы отдельных линий с использованием системного планирования безотносительно к прежней их принадлежности;

размещение служб ТОФК/КОФК с учетом обеспечения взаимодействия железнодорожного и автомобильного транспорта;

управление на федеральном уровне всеми дальними пассажирскими перевозками;

соответствие железнодорожной системы, особенно системы грузовых перевозок, планируемому развитию региона

Междугородное автобусное сообщение. В условиях постепенного снижения роли железных дорог как средства пассажирского сообщения между городами и в связи с неэффективностью воздушного транспорта с точки зрения стоимости и скорости при поездках протяженностью менее 240 км, автобусы остаются важным и экономичным видом общественного пассажирского транспорта для выполнения перевозок на средние расстояния.

В 1971 г. в США все автобусные компании первого класса перевезли 14,1 млрд. пасс., выполнив 1377 млн. автобусо-км. Средняя загрузка автобусов была около 19,4 чел. Доход на пассажиро-километр составил 2,38 цента. Около 70% дохода в междугородных перевозках поступает от пассажиров. К этому добавляется доход от чартерных пассажирских перевозок (13% всех доходов) и от срочных экспрессных перевозок багажа, дающих около 12% доходов от эксплуатации.

Основными проблемами в области автобусного сообщения в настоящее время являются:

размещение конечных станций с достаточными площадями для стоянок поблизости от автомагистралей штата, а также от местных линий общественного транспорта и центральных районов;

совершенствование конструкции транспортных средств, в частности решение вопроса об использовании автобусов, курсирующих на линиях между штатами, шириной 2591 мм вместо 2438 мм. Цель — несколько увеличить ширину сидений. При этом предстоит разрешить такой вопрос, как влияние подобного изменения на условия движения грузовых и легковых автомобилей;

увеличение скорости сообщения. Завершение создания системы междуштатных автомагистралей может повысить заложенную в график скорость на 20%; совершенствование маршрутной системы и графиков движения.

Фактических данных о пунктах отправления и назначения пассажиров, целях поездок, характеристике состава пассажиров и объеме междугородных перевозок автобусами обычно не хватает. В то же время средства для сбора этих данных просты и сравнительно недороги. Можно производить опросы на автобусных станциях или выдавать анкеты пассажирам. Эти анкеты могут отправляться обратно почтой или собираться водителями или агентами на станциях назначения. Данные об отпадении — назначении должны всегда содержать информацию о точном местонахождении пунктов отправления и назначения с тем, чтобы их можно было использовать не только для планирования междугородных систем, но и для улучшения внутригородских перевозок к автобусным станциям.

Воздушный транспорт. Между 1950 и 1960 гг. объем работы по перевозке пассажиров воздушным транспортом на междугородных линиях в США более чем утроился — с 15 млрд. до 51 млрд. пасс.-км. С 1960 до 1971 гг. он еще утроился и достиг 178 млрд. пасс.-км.

Прогнозы предсказывают рост к 1985 г. пассажирооборота на внутренних авиалиниях до 809 млрд. чел.-км, или примерно в 5 раз по сравнению с уровнем 1969 г. Согласно тем же прогнозам ежегодные междугородные воздушные перевозки возрастут с 11 млн. пассажиров в 1965 г. до 115 млн. в 1985 г. Парк самолетов авиации общего назначения, как ожидают, увеличится с 92 тыс. в 1965 г. до 261 тыс. в 1985 г. Воздушные перевозки грузов на внутренних авиалиниях возрастут с 1,64 млрд. ткм в 1965 г. до 49 млрд. ткм в 1985 г.

Такой рост спроса в области воздушных перевозок выдвигает проблемы обеспечения системы необходимыми сооружениями и, проблемы рационального использования воздушного пространства.

Особую озабоченность вызывает перегрузка воздушного пространства и аэропортов в крупных городских зонах. Меньший уровень спроса и рост затрат делают экономически трудной задачу обеспечения пассажирской воздушной службой многих пунктов с населением менее 100 тыс. чел. В условиях постоянного роста стоимости земель сохранение аэропортов авиации общего назначения становится довольно сложной проблемой. В густо населенных регионах требуется планирование системы аэропортов с учетом их географического размещения и возможностей доставки пассажиров по дорожной сети.

Автомобильные дороги. На долю автомобильного транспорта в США приходится свыше 95% всего пассажирооборота и около 50% грузооборота.

Рост населения и экономики продолжают оказывать дальнейшее воздействие на развитие сети автомобильных дорог. Схемы размещения населения приняли новые формы: расширение, слияние городов и образование конурбаций, возникновение пригородов с небольшой плотностью населения вокруг крупных городов, недостаточный рост небольших городов. Все это ставит новые и сложные вопросы перед проектировщиками. В частности:

каково должно быть соотношение капиталовложений в строительство городских транспортных систем и междугородных автомобильных дорог;

какую часть средств целесообразно вкладывать в строительство загородных автомагистралей относительно затрат на другие автомобильные дороги;

какое воздействие окажут вновь построенные дороги на размещение и рост центров экономической деятельности в регионе, на формы использования земель;

какие меры необходимо принять для снижения отрицательного воздействия дорог на окружающую среду;

какими методами повысить безопасность дорожного движения на внегородской дорожной сети.

Первые дорожные системы в США, получившие помощь федерального правительства, были спроектированы в 1921 г. С 1934 г. закон Хейдена-Картайта обес-

печил предоставление постоянных фондов для планирования и исследований. При наличии этих ресурсов в 30-х годах был начат учет дорог и дорожных сооружений и дорожного движения. В 1956 г. было начато создание межштатной системы, что стало определяющим фактором в программе строительства дорог в каждом штате на последующие 15 лет.

Первым шагом при планировании строительства автомобильных дорог в масштабе региона является их классификация. Этот вопрос рассмотрен в гл. 14 «Проектирование трассы автомобильной дороги».

Планирование строительства автомобильных дорог региона производится в соответствии с прогнозируемым объемом использования этих дорог. Такой подход используется в «Руководстве Б», подготовленном в рамках национального исследования проблем транспортного планирования. Согласно этому Руководству: «...процесс классификации по функциональному признаку, то есть процесс группировки улиц и автомобильных дорог в классы или системы по характеру услуг, которые они должны обеспечивать, широко использовался в сочетании с оценками потребностей для составления долгосрочных планов развития автомобильных дорог. В этом исследовании внимание сконцентрировано на разработке общенационального плана на 1990 г. по функциональному признаку, согласованному с оценкой транспортных потребностей в национальном масштабе на 1990 г.»

Моделирование во все большей степени применяется как средство для подготовки и проверки планов развития сети автомобильных дорог. Оно открывает путь для оценки дорожного движения во всех звеньях сети автомобильных дорог региона и является одним из немногих методов оценки влияния включаемых новых звеньев в существующую дорожную систему. Моделирование включает также потенциальную возможность для оценки некоторых последствий дорожного движения (ДТП, потери времени, загрязнение атмосферы), что весьма затруднительно при использовании других средств. В настоящее время моделирование дорожного

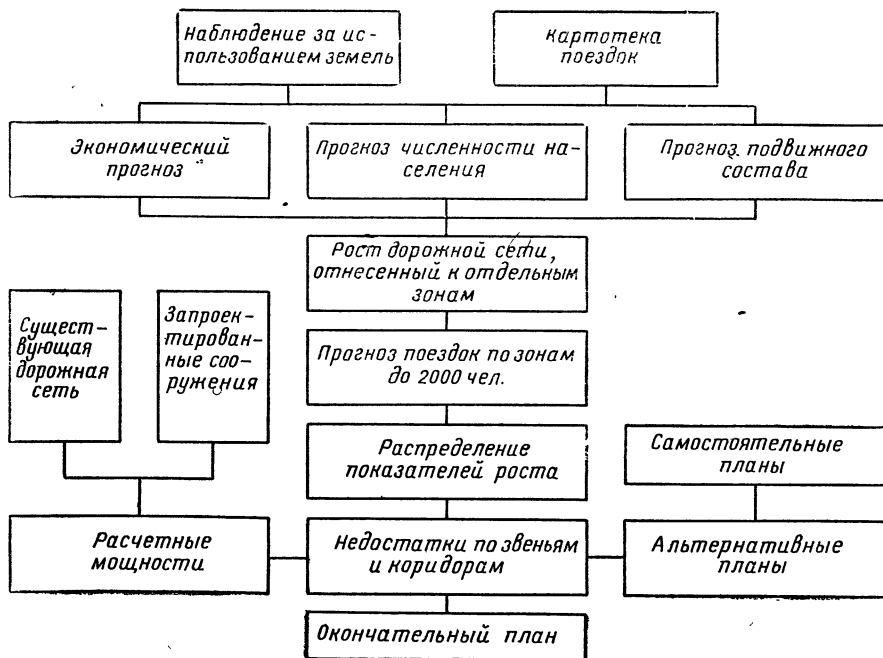


Рис 13.7. Процесс планирования сети автомобильных дорог в штате Коннектикут 306

движения для всей дорожной сети региона находится в зачаточной форме (за исключением небольших штатов с высокой плотностью населения, как, например, Коннектикут и Род Айленд), и в течение нескольких последующих лет необходимо добиться существенных улучшений в этой области.

Алгоритм решения задачи, использованный в штате Коннектикут, изображен на рис. 13.7.

Процесс аналогичен применяемому в городских зонах. Он включает сбор данных, прогнозирование пунктов назначения поездок (с учетом населения, занятости, использования земель и численности парка транспортных средств) и распределение поездок по дорожной сети при помощи математической модели (в этом случае равновесная модель).

Базовая дорожная сеть включала существующую дорожную сеть плюс ожидаемую на перспективу. Затем дорожное движение распределялось по существующей и ожидаемой сети автомобильных дорог для каждого десятилетия с 1970 по 2000 г.

Подсчитывалась пропускная способность существующей и проектируемой сети дорог, а также разность между прогнозируемой на каждое десятилетие потребностью и пропускной способностью. Таким образом выявился дефицит на каждое десятилетие. Он определялся для звеньев дорожной сети, группировавшихся по мощности специальной сетки с различной шириной ячеек, которая накладывалась на карту штата.

Для коридоров с большой плотностью движения использовалась сетка с более мелкими ячейками.

Полученные данные о дефиците пропускной способности по десятилетиям учитывались при разработке двух альтернативных эскизных проектов. Один из них основывался на потребностях в дополнительных полосах движения в каждом коридоре, другой — на анализе недостающих звеньев дорожной сети с упором на сеть автомагистралей. Кроме того, рассматривались предложения комплексного плана дорожного строительства, а также имевшиеся тогда долгосрочные предложения управления автомобильных дорог штата Коннектикут. На основе анализа указанных четырех планов с учетом интенсивности движения ожидаемой в 2000 г. подготовлен приемлемый окончательный вариант плана.

Ежегодно в штатах проводится исследование массы грузовых автомобилей в целях получения данных для проектирования конструкции покрытия дорог, для распределения расходов на строительство дорог в соответствии с ожидаемыми доходами, для изучения грузопотоков и др.

Информация о процедуре размещения станций взвешивания, отбора и классификации потока грузовых автомобилей и проведения взвешивания, а также проведения опроса водителей содержится в Руководстве по изучению массы грузовых автомобилей.

КООРДИНАЦИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

При разработке планов развития какого-либо вида транспорта в масштабе штата и региона проектировщики должны уделять постоянное внимание обеспечению координации с планированием всех других видов транспорта и с планами использования земель, защиты окружающей среды и другими программами соответствующих административных органов.

Характер действий или усилий, которые могут координироваться в области планирования транспорта в штате, определяется управлением транспорта штата с учетом действующего законодательства. Они включают:

- полномочия на строительство, эксплуатацию и содержание;
- полномочия предоставлять определенную финансовую помощь различным видам транспорта;
- полномочия регулировать, осуществлять паспортизацию дорог и транспортных сооружений и устанавливать уровень расценок для некоторых видов транспорта и услуг;

регистрировать транспортные средства.

Примером координированных действий является строительство автомобильных дорог, ведущих к аэропортам, железнодорожным, автобусным или морским вокзалам и станциям.

В основном имеются три способа координации: физическая, финансовая и координация в области регулирования. Каждый из них связан с характером помощий, которыми обладает управление транспорта.

Физическая координация связана с правом департамента транспорта штата строить новые транспортные сооружения. Обеспечение взаимной увязки транспортных сетей, создание условий для парковки, погрузки и разгрузки, совместного использования полос отвода дорог и перемещения грузов с одного вида транспорта на другой являются примерами физической координации.

Финансовая координация осуществляется на стадии проверки дотации прямых фондов для строительства, эксплуатации или содержания транспортных сооружений. Критерием является достижение наибольшей эффективности капиталовложений.

Достаточно объективная оценка экономической эффективности может быть получена в будущем, когда появится возможность моделирования на ЭВМ качественных показателей различных видов транспорта.

Координация в области управления и регулирования также весьма трудна для рассмотрения в настоящее время, хотя конечным результатом является та же проверка: дадут ли принудительные меры, осуществляемые административными органами, положительный результат или нет.

Необходимы более совершенные критерии оценки качественных показателей для всех видов транспорта, применимые к одной поездке или перевозке одной единицы груза, которые позволили бы транспортному управлению оптимально координировать все виды транспорта.

Все большее внимание уделяется необходимости координирования планов развития транспорта с официальными планами использования земель, экономического развития, мероприятиями в области охраны окружающей среды, социального обеспечения (в самом широком смысле этих слов) и другими планами властей штата.

Этот интерес особенно сильно возрос по ряду причин, среди которых более важными являются:

разнообразные кризисные явления в городских районах, особенно в центральных городах;

растущая загрязненность воздуха и воды на больших площадях;

бесконтрольное развитие сельских местностей;

неблагоприятное воздействие развития земель на эксплуатационные характеристики автомобильных дорог;

забота о сохранении лесов, водоемов, побережья и других естественных ресурсов.

Характер занятости, характер экономического роста, характер транспорта и образ жизни изменяются быстрыми темпами. Техническое развитие и возросшая производительность труда являются основными причинами перемен. Люди могут жить за 80 км от места работы и все же иметь средства сообщения, водопровод, школьный транспорт, сооружения для очистки сточных вод и все другие атрибуты городского образа жизни.

Вычислительная техника изменила обычные формы складирования и доставки товаров, за чем последовали организационные изменения в характере использования земель.

Транспортные системы со значительным увеличением скорости на них и доступности играли и играют главную роль в этих социальных переменах. Поэтому считается общепризнанным, что планы развития транспорта и планы развития штата должны координироваться таким образом, чтобы цели общества могли быть достигнуты более быстро и эффективно.

Имеются два вида координации между транспортными и нетранспортными планами: конкретная и стратегическая. При конкретной координации наличие транспортных сооружений — железнодорожных, автомобильных дорог, аэропортов и т. п. — согласовывается с установленным порядком использования земель. Такая координация может быть негативной (когда коммуникации прокладываются в обход лесопарков, исторических мест и строений, лесных угодий, ценных сельскохозяйственных земель, озер, побережий и заповедников) или положительной (предоставление транспортных услуг крупным предприятиям, городам и новым населенным пунктам и т. п.).

Достигнуть стратегической координации — дело более трудное. В этом случае внимание направлено на то, чтобы связать транспорт с такими факторами, как экономический рост, реконструкция городов, социальное обеспечение и вся окружающая обстановка.

Существуют крупные проблемы как теоретические, так и практические. Слишком мало известно о воздействии транспорта на развитие земель. Представление о взаимосвязи между экономическим ростом и транспортом также туманно. И во многих других областях имеется слишком мало критериев общественной пользы (особенно исторического характера), которые бы позволили оценить выгоды того или иного сочетания землепользования и структуры транспортной системы в масштабе штата.

Подготовка долгосрочных программ усовершенствований должна быть функцией органа планирования транспорта штата. Программирование есть распределение приоритетов в работе по усовершенствованию и как таковое оно требует осуществления ряда одинаковых процессов (таких, как анализ затрат и выгод), которые входят в само планирование.

Обычно под планированием понимают распределение основных капиталовложений. Затраты на небольшие строительные объекты (стоимость менее определенного установленного предела) и эксплуатационные расходы обычно исключаются из рассмотрения при программировании на уровне штата и передаются для местного программирования. Однако при планировании различных видов транспорта должны рассматриваться для включения в программу также другие мероприятия в дополнение к основному капитальному строительству, потому что такие мероприятия, как изменение оплаты за проезд, демонстрационные проекты, снижение налогов и изменение регулирующих положений, являются факторами, влияющими на выполнение планов, и некоторые из этих мероприятий имеют больший приоритет, чем другие.

Прежде всего необходимо обеспечить правильный цикл программирования, который определяет дату прекращения приема предложений по проекту и даты для рассмотрения проекта рабочей группой, управлением и исполнительным органом.

Проекты должны быть разбиты по типам, т. е. строительство автомобильной дороги, строительство аэропорта, демонстрационный проект, городской проект, проект для сельской местности и т. д.

В рамках отдельной категории проекты распределяют по степени приоритета. В ожидании более подходящего метода сравнения отдельных видов транспорта использование оценки внутри групп вместо оценки между группами является, вероятно, наиболее практическим подходом. При этом предпочтительнее метод оценки по показателю выгоды пользующихся транспортом, нежели по показателю расходов.

Однако, если при оценке проектов реконструкции дорог исходить из того, что выгоды потребителей важнее, чем стоимость строительства, это заставит почти все капиталовложения направлять в городские районы, ибо там проблемы в движении наиболее серьезные и необходимость в совершенствовании транспортной системы более очевидна.

Поэтому нужны определенные ограничения, которые бы выражали реальные практические потребности региона. Могут быть приняты во внимание следующие ограничения:

справедливое распределение средств на строительство (или другие цели) между различными частями штата;

юридические или административные ограничения на величину денежных средств, отпускаемых на реализацию каждого проекта. Примером являются лимиты на фондирование второстепенных дорог, установленные Федеральной дорожной администрацией США;

обеспечение связи новых сооружений высшего класса с уже существующими и создание тем самым неразрывных систем;

комплексное строительство основных и обслуживающих их вспомогательных сооружений. Например, строительство нового аэропорта обычно требует выделения фондов для новых дорог и для массового общественного транспорта.

Программы усовершенствования готовятся на четырех-, пяти- или шестилетние периоды.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Классификация является инструментом, посредством которого сложную сеть автомобильных дорог можно распределить в группы или системы маршрутов, имеющие одинаковые характеристики.

Главными задачами классификации автомобильных дорог являются следующие:

установление единых систем, которые должны управляться общим ведомством;

определение функций дорожного контроля и содержания проектных стандартов для дорог каждого класса;

подготовки основы для разработки долгосрочных программ дорожного строительства, мероприятий по их усовершенствованию, а также планов финансирования этих программ.

Системы классификации. Следует принять различные системы классификации. В прошлом неправильное толкование терминологических ссылок на конкретные элементы и системы классификации привели к путанице в проектных стандартах. Ниже перечисляются несколько общих систем классификации.

Административная система. По степени ответственности соответствующих органов за проектирование и содержание автомобильных дорог в США принята следующая их классификация: загородные дороги; дороги местного значения; городские дороги; штатные дороги; федеральные дороги; платные дороги и мосты.

Автомобильные дороги, эксплуатируемые за счет федеральных ассигнований, классифицируются следующим образом: второстепенные дороги; городские дороги; главные дороги; автомобильные дороги между штатами, межштатные дороги; автомобильные дороги, не получающие федеральных средств.

По такой системе классификации министерства автомобильных дорог разных штатов разрабатывают свою классификацию, которую затем одобряет федеральное управление автомобильных дорог.

Система нумерации автомобильных дорог. Главные автомобильные дороги в Соединенных Штатах пронумерованы в пределах данной системы (межштатные, штатные дороги, дороги местного значения или дороги, подчиненные другим местным органам власти) для административных целей и для удобства водителей автомобилей, картографов и информационных служб. Обозначение и непрерывную корректировку номеров межштатных и штатных дорог осуществляет Американская ассоциация автодорожных и транспортных администраторов (ААДТА)

Для планирования и проектирования автомобильные дороги лучше всего классифицировать в зависимости от их назначения. Дороги несут две функции: обеспечивают высокую скорость движения транспортных средств и подъезд к земельным участкам.

С конструктивной точки зрения эти функции несовместимы. В связи с этим все автомобильные дороги классифицируются в США по трем группам: автомагистрали; коллекторные дороги; местные дороги.

Автомагистрали имеют высокую пропускную способность и обеспечивают скоростное автомобильное сообщение.

Местные дороги предназначены для въезда в соседние земельные участки. Между этими двумя группами дорог находятся автомобильные дороги, на которые приходится основной пробег автомобилей

Общее соотношение функционально-классифицированных систем автомобильных дорог показано на рис. 14.1.

С точки зрения функционального назначения автомобильные дороги можно подразделить на следующие типы.

Главные загородные автомагистрали — главная загородная сеть автомобильных дорог должна в первую очередь:

обеспечить движение транспортных средств по маршрутам, характеризующимся продолжительностью поездок и высокой интенсивностью движения;

удовлетворить потребности в сообщениях всех городских районов с населением 50 тыс. чел. и более и большую часть районов с населением 25 тыс. чел. и более;

обеспечить единую сеть без подъездных дорог, за исключением мест с необычными географическими условиями или необычными условиями дорожного движения

Главные автомагистрали подразделяются так же на межштатные и другие главные автомагистрали.

Второстепенные загородные автомагистрали — это маршруты, предназначенные для движения с относительно высокими скоростями и минимальными помехами транзитному движению, а также все остальные маршруты загородной сети, не классифицированные как «загородные главные автомагистрали» и имеющие следующее назначение:

соединять крупные и мелкие города и другие районы, такие, как, например, главные курортные районы, образовывая единую дорожную сеть, обслуживающую дорожное движение между штатами и округами;

находиться на таких расстояниях от главной автомагистрали, которые соответствуют плотности населения и обеспечивают все промышленно-развитые районы штата магистральными дорогами;

обеспечить обслуживание маршрутов с продолжительностью поездок и плотностью движения, превышающих те же показатели для загородных коллекторных или местных дорог.

Загородные коллекторные дороги — маршруты, которые обычно обеспечивают транспортную связь между округами и на которых средняя продолжительность поездки и скорость движения меньше, чем на магистральных дорогах.

Загородные коллекторные дороги подразделяются на главные дороги и на второстепенные дороги.

Загородные дороги местного значения, обеспечивающие въезд в соседние земельные участки, связывают пункты, расположенные друг от друга на относительно небольших расстояниях.

Главные городские автомагистрали — улицы и дороги, обслуживающие в городах главные центры активности, имеют наибольшие по объему дорожного движения участки, обеспечивающие высокую продолжительность поездок и наибольшее соотношение между количеством поездок и минимальным пробегом. По данным дорогам осуществляется большая часть поездок с въездом в отдельные городские районы и выездом из них. По дорогам направляется боль-

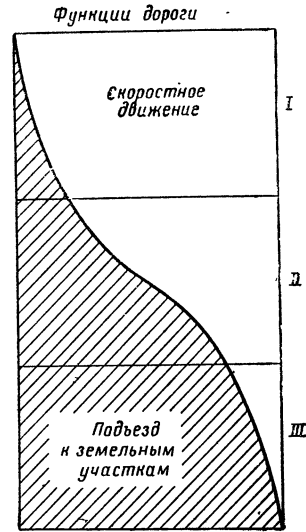


Рис. 14.1. Соотношение функционально-классифицированных систем автомобильных дорог:

I — магистральные дороги; II — коллекторные дороги; III — местные дороги

шинство транзитных транспортных потоков с объездом центра города; обычно на дорогах организуют важнейшие внутригородские и межгородские автобусные маршруты.

Второстепенные городские магистральные дороги — улицы и автомобильные дороги, соединяющиеся с сетью главных городских автомагистралей и обеспечивающие поездки средней продолжительности при несколько меньшем уровне мобильности дорожного движения.

Коллекторные городские дороги — улицы, проходящие по отдельным районам и соединяющие улицы местного значения с магистральными дорогами.

По коллекторным дорогам может перемещаться небольшое число транзитных транспортных средств, но сама система коллекторных дорог обеспечивает главным образом местное движение транспортных средств в пределах района. Эта система также может обслуживать местные автобусные линии.

Городские дороги местного значения включают в себя улицы, не входящие в систему более высокого класса, и обеспечивают главным образом прямой въезд на примыкающие участки и въезд на дороги большего значения. Система городских дорог местного значения имеет самый низкий уровень мобильности и обычно не включает автобусные маршруты. На данных дорогах транзитное дорожное движение исключено.

Типы автомобильных дорог. Наиболее широко принятыми в США критериями расчета являются критерии (стандарты), разработанные ассоциацией AASHTO. Хотя каждый штат, а также многие округа, города и другие правительственные органы имеют собственные стандарты, тем не менее они основаны главным образом на стандартах AASHTO по двум причинам: стандарты и руководства этой ассоциации были разработаны и одобрены каждым штатом; администрация федеральных автомобильных дорог сделала их применимыми для расчета и проектирования федеральных автомобильных дорог.

Общие стандарты и руководства, относящиеся к автомобильным дорогам, были разработаны отдельно для: автомагистралей, разделенных иногда на межштатные автомагистрали и прочие автомагистрали; артериальных автомобильных дорог, кроме автомагистралей; коллекторных (второстепенных) дорог, дорог местного значения и улиц.

Автомагистрали — это межштатные автомобильные дороги и все приращения к ним.

Магистральные автомобильные дороги — наиболее важные автомобильные дороги, кроме автомагистралей.

Местные дороги и улицы включают в себя все прочие автомобильные дороги.

КРИТЕРИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

При проектировании автомобильных дорог используются различные критерии для обеспечения соответствия проектируемой дороги ожидаемым требованиям организации дорожного движения. С этой целью в США установлен контроль въезда на автомобильные дороги.

Исходя из назначения автомобильной дороги определяют степень необходимого контроля въезда Автомагистрали, главная функция которых заключается в обеспечении мобильности, должны иметь полный контроль въезда. На городских магистральных дорогах и главных загородных дорогах контроль может быть неполным.

Основная разница между автомобильными дорогами с контролем для въезда и дорогами без такого контроля заключается в размерах помех транзитному транспорту, создаваемых другими автомобилями и пешеходами. При наличии контроля въезды и съезды на дорогах располагаются в местах, наиболее подходящих для безопасного движения автомобилей, въезжающих на дорогу или съезжающих с нее, не создавая помех транзитному движению. Автомобильям запрещен въезд и съезд в других местах независимо от типа и интенсивности развития прилегающих к дороге районов.

**Минимальные расчетные скорости движения для различных типов
автомобильных дорог, км/ч**

Характер местности	Автомобильные трассы		Загородные магистральные автомобильные дороги		Магистральные автомобильные дороги		Загородные дороги местного значения и городские дороги			Городские дороги местного значения	
	загородные	городские	среднесуточная часовая интенсивность движения: 50—750, расчетная интенсивность движения менее 200	Расчетная часовая интенсивность движения 2110	городские	пригородные	Среднесуточная часовая интенсивность движения			Коллекторные улицы	Улицы местного значения
							менее 250	250—400	более 400, расчетная более 100		
Ровная	113	80	80	113	48— —64*	64— —80*	65	80	80	32—64*	32—48*
Пересеченная	97	80	64	97	—	—	48	64	64	—	—
Гористая	80	80	48	64	—	—	32	32	48	—	—

* Для местности любого характера и любой интенсивности дорожного движения.

Эффективность и пропускная способность автомобильной дороги сохраняется на высоком уровне, а опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий уменьшается.

В том случае, если контроль въезда на некоторых новых или усовершенствованных магистральных улицах отсутствует, как, например, на объездных дорогах, можно ожидать концентрации транспортного потока из-за въезда автомобилей из прилегающих к дороге районов, в результате чего возникают помехи для дорожного движения, уменьшается пропускная способность автомобильной дороги и возрастает опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий. По мере увеличения размера дорожного движения и развития прилегающих к дороге районов такая опасность возрастает и могут возникнуть заторы в движении. Любые меры по исправлению такого положения могут быть неэффективными из-за высокой стоимости придорожных участков.

В заключение следует отметить, что места для контроля въезда на все улицы и автомобильные дороги следует планировать еще в стадии проектирования. Въезд не следует разрешать в местах, где въезжающие и выезжающие автомобили создают опасность возникновения дорожно-транспортного происшествия (как, например, в местах, где предел видимости ограничен, или в местах, расположенных очень близко от другого перекрестка). На всех других дорогах, кроме автомагистралей, местоположение въездов следует отмечать при помощи бордюрных выемок и разрешений на подъездные пути.

Расчетная скорость — максимальная безопасная скорость, принятая для расчета основных параметров автомобильной дороги, влияющих на работу транспортных средств.

Некоторые параметры дороги, например кривизна, вираж дороги, расстояние видимости, уклоны, непосредственно связаны с расчетной скоростью и значительно меняются с изменением этой скорости. Ширина дорожного покрытия и обочин и допуски на боковые стенки ограждения в меньшей степени связаны с расчетной скоростью, но, ввиду того, что они могут влиять на скорости движения транспортных средств, для их расчета следует использовать требования стандартов на проектирование автомобильных дорог с более высокими расчетными скоростями. Поэтому почти все элементы проектирования трассы автомобильной дороги связаны с заданной расчетной скоростью.

Соотношения между эксплуатационной и расчетной скоростью

Расчетная скорость, км/ч	Средняя эксплуатационная скорость, км/ч, при		Расчетная скорость, км/ч	Средняя эксплуатационная скорость, км/ч, при	
	небольшой интенсивности движения	средней интенсивности движения		небольшой интенсивности движения	средней интенсивности движения
48	45	42	105	88	80
64	58	55	113	93	87
80	71	66	121	98	90
97	84	76	129	103	95

Выбор расчетной скорости. На выбор величины расчетной скорости влияют характер местности, плотность и характер используемого грунта, тип и назначение автомобильной дороги, интенсивность дорожного движения по этой дороге, экономические и экологические факторы. Обычно автомобильная дорога, проходящая по ровной местности, допускает более высокую расчетную скорость, чем дорога в гористой местности, дорога в загородной местности — более высокую расчетную скорость, чем дорога в городском районе. Магистральная автомобильная дорога гарантирует более высокую расчетную скорость, чем дорога местного значения, а автомобильная дорога с большой интенсивностью движения — более высокую расчетную скорость, чем дорога с небольшой интенсивностью дорожного движения.

За исключением дорог местного значения и улиц в городских районах, расчетная скорость должна быть по возможности высокой, учитывающей экономические и экологические соображения.

В табл. 14.1 приведены типичные минимальные расчетные скорости для различных типов автомобильных дорог, местностей различного характера и интенсивности дорожного движения. В Соединенных Штатах при проектировании дорог используют расчетные скорости до 145 км/ч, а в некоторых европейских странах до 140 км/ч.

Среднюю эксплуатационную скорость определяют для всей дороги или ее отдельных участков как сумму расстояний, деленную на сумму времени движения.

Ввиду того, что 50% всех автомобилей движется со скоростями, весьма близкими к средним эксплуатационным скоростям, указанным в табл. 14.2, их используют в качестве основы для проектирования таких геометрических параметров, как радиусы пересечений, примыканий переходно-скоростных полос и выражений дорог.

Скорость, соответствующая определенной интенсивности движения (или техническая скорость), определяется как максимальная общая скорость, с которой водитель может двигаться по данной автомобильной дороге в благоприятных погодных условиях при преобладании дорожных условий, не снижающих в любой момент безопасной скорости движения, определяемой расчетной скоростью на основе переменного профиля дороги. Техническая скорость обычно примерно на 8 км/ч выше средней эксплуатационной скорости при условии небольшой интенсивности движения на дорогах со свободным потоком движения транспортных средств. Эта скорость используется для оценки уровня обслуживания тех дорог, которые обеспечивают транспортному потоку непрерывное движение (обычно только за городом), и поэтому она нужна для оценки уровня обслуживания, соответствующего определенной проезжей части¹.

¹ Проезжая часть — это участок дорожного полотна, предназначенный для движения транспортных средств, исключая обочины и вспомогательные полосы. Проезжая часть отличается от дорожного полотна тем, что последнее включает обочины.

Средняя общая скорость движения определяется как сумма расстояний, пройденных подвижным составом всех видов транспорта на данном участке дороги за определенный период времени, деленная на сумму общего времени движения.

Эта скорость движения используется для оценки уровня обслуживания, обеспечивающего непрерывное движение (на городских магистральных и центральных улицах), и поэтому она нужна при определении уровня обслуживания определенной проезжей части в городских районах.

Расчетная интенсивность движения — интенсивность движения, заданная для расчета и отражающая дорожное движение, которое предположительно будет использоваться на данной автомобильной дороге. Среднесуточную интенсивность движения (СИД) можно использовать при проектировании дорог местного значения и улиц. Для более важных двухполосных автомобильных дорог используется понятие расчетной часовой интенсивности движения (РЧИ). Обычно это максимальная часовая интенсивность движения, которая предположительно появится в некотором расчетном году в будущем. Для многополосных автомобильных дорог используется понятие направленной расчетной часовой интенсивности движения (НРЧИ) в некотором расчетном году в будущем.

Расчетная интенсивность движения представляет собой «нагрузку», которую должно принять автомобильная дорога и которая определяет тип дороги, необходимую ширину дорожного полотна, а также другие геометрические параметры дороги.

Расчетная интенсивность движения определяется текущей среднесуточной интенсивностью движения (СИД). Для всех автомобильных дорог, кроме дорог местного значения и улиц, СИД планируется на некоторый год в будущем, обычно на срок от 5 до 20 лет, считая от расчетного года строительства. Величину РЧИ затем определяют умножением величины СИД на коэффициент K .

Коэффициент K является отношением величины РЧИ к величине СИД. Для главной загородной автомобильной дороги коэффициент K равен примерно 15%, а для городских магистральных улиц — примерно 11% среднесуточной интенсивности движения. Удобной характеристикой коэффициента K является то, что для данной автомобильной дороги он уменьшается лишь незначительно с изменением величины СИД. Поэтому коэффициент K , определенный для текущей интенсивности движения, необходимо использовать с осторожностью либо его не учитывать вообще при определении проектных значений часовой интенсивности движения в будущем. При расчетах двухполосных автомобильных дорог используют величину расчетной часовой интенсивности.

Направленная расчетная часовая интенсивность движения определяется умножением величины РЧИ на коэффициент направления D . Коэффициент направления D — это отношение интенсивности движения в преобладающем направлении к суммарной интенсивности на автомобильных дорогах с числом полос более двух. При проектировании двухполосных дорог с загруженными пересечениями оценка дорожного движения с помощью коэффициента D играет важную роль. Распределение дорожного движения по направлениям в часы пик обычно считается неизменным в течение недели и года. Интенсивность движения на загородных и отдаленных городских дорогах составляет 60—80% от интенсивности движения в часы пик в одном направлении со средней величиной $D \approx 67\%$. В центральных деловых районах и районах, расположенных рядом с ними, особенно в больших городах, величина D приближается к 50%. Показательными величинами D в больших городах являются: в центральных районах — около 58% на радиальных маршрутах и на линиях внутреннего пояса, около 60% — в промежуточных районах и 65—75% на радиальных маршрутах в отдаленных районах.

Удельный вес грузовых автомобилей и автобусов в дорожном движении в расчетный час следует оценить при помощи коэффициента T таким образом, чтобы можно было сделать допуски на расчетные параметры дороги.

Транспортные средства различных размеров и различной массы имеют разные рабочие характеристики, и влияние одного грузового автомобиля или автобуса на загруженность дороги часто эквивалентно влиянию нескольких легковых автомобилей в зависимости от уклонов дороги и динамических характеристик грузовых автомобилей.

Параметры дорожного движения

Тип дороги	Условное обозначение интенсивности движения	Параметры дорожного движения, необходимые для расчета
Местные дороги и улицы Двухполосные магистральные дороги	СИД _с	Текущая среднесуточная интенсивность движения
	СИД _с СИД	То же СИД для некоторого расчетного года в будущем
	РЧИД	Расчетная часовая интенсивность движения для некоторого года в будущем
Многополосные магистральные дороги и автомагистрали	T	Процент грузовых автомобилей за расчетный час
	СИД _с СИД	— —
	РНЧИ	Расчетная направленная часовая интенсивность движения (РНЧИ)
	T	Процент грузовых автомобилей за расчетный час

На загородных автомобильных дорогах величина коэффициента T колеблется в пределах от 7 до 9%. На главных городских автомобильных дорогах величина T может достигать 10%, особенно в тех случаях, когда несколько местных автобусных маршрутов используют общую автобусную линию. На других городских маршрутах, по которым транспортные средства движутся между окраинами и центральным деловым районом ЦДР, величины T обычно не превышают 5%. Величина T , установленная на основе текущей интенсивности дорожного движения, в общем случае может быть применена в расчетах интенсивности дорожного движения в будущем.

Участие грузовых автомобилей и автобусов в транспортном потоке принимается во внимание как уменьшение интенсивности движения, соответствующей определенному уровню обслуживания, или изменение интенсивности до величины, эквивалентной легковым автомобилям (см. гл. 8).

При проектировании автомобильных дорог разных типов используются следующие основные параметры дорожного движения (табл. 14.3).

Расчетный автомобиль — автомобиль, массу, размеры и динамические качества которого используют при проектировании автомобильной дороги. Такие параметры расчетного автомобиля, как размеры и минимальный радиус поворота должны быть такими же, как и у большинства почти всех других автомобилей этого же класса, которые предположительно будут использоваться для движения данную проектируемую дорогу.

Динамические качества расчетного автомобиля используют при определении расстояний видимости, при расчетах пересечений и других расчетах. Так, при проектировании дорог применяли показатели шести расчетных автомобилей, причем один из них имел размеры и определенный радиус поворота, равные или превышающие размеры и радиусы поворота для самых крупных автомобилей, ожидаемых в будущем (табл. 14.4).

Подобные данные можно с успехом использовать при определении других расчетных автомобилей.

Параметры траектории поворота определяются внешним габаритом кузова и внутренним задним колесом. Считается, что внешнее переднее колесо движется по кривой, имеющей минимальный радиус поворота, определяемый конструкцией рулевого механизма автомобиля. Типичная траектория поворота расчетного авто-

Размеры расчетных автомобилей

Расчетный автомобиль		Размеры, м					
Тип	Обозначение	Колесная база	Передний свес	Задний свес	Общая длина	Общая ширина	Высота
Легковой автомобиль	P	3,3	0,9	1,5	5,7	2,1	—
Грузовой автомобиль без прицепа	SU	6,0	1,2	1,8	9,0	2,5	4,0
Автобус без прицепа	BUS	7,5	2,1	2,4	12	2,5	4,0
Полуприцеп — промежуточная комбинация	WB=40	4,0	1,2	1,8	15	2,5	4,0
		+ 8,0					
Полуприцеп — большая комбинация	WB=50	12,0	0,9	0,6	16	2,5	4,0
		+ 6,0					
Комбинация «полуприцеп — прицеп»	WB=60	+ 9,0	0,6	0,9	19	2,5	4,0
		15,0					
		2,90+					
		+6,0+					
		+2,8*+					
		+6,3=18					

*. Расстояние между задними колесами переднего прицепа и передними колесами заднего прицепа

мобиль WB-50 показана на рис. 14.2. Минимальные и широко используемые радиусы поворотов внешнего и внутреннего колес следующие:

Тип расчетного автомобиля	P	SU	BUS	WB=40	WB=50	WB=60
Минимальный радиус поворота, м	7,2	12,6	12,6	12,0	13,5	13,5
Минимальный внутренний радиус, м	4,6	8,5	6,2	6,0	6,0	6,75

Расчетные обозначения отражают главные цели, которым служит данная автомобильная дорога. Они в основном не зависят от типов автомобильных дорог. Нижеприведенные данные являются примером расчетного обозначения.

Расчетный год	1995
Среднесуточная интенсивность движения (текущий год)	20 100
Среднесуточная интенсивность движения (расчетный год)	39 600
Расчетная часовая интенсивность движения	4 400
Распределение объема дорожного движения по направлениям, %	67
Грузовые автомобили, %	5
Расчетная скорость, км/ч	96
Ограничение въезда	Полное
Расчетный уровень обслуживания	C

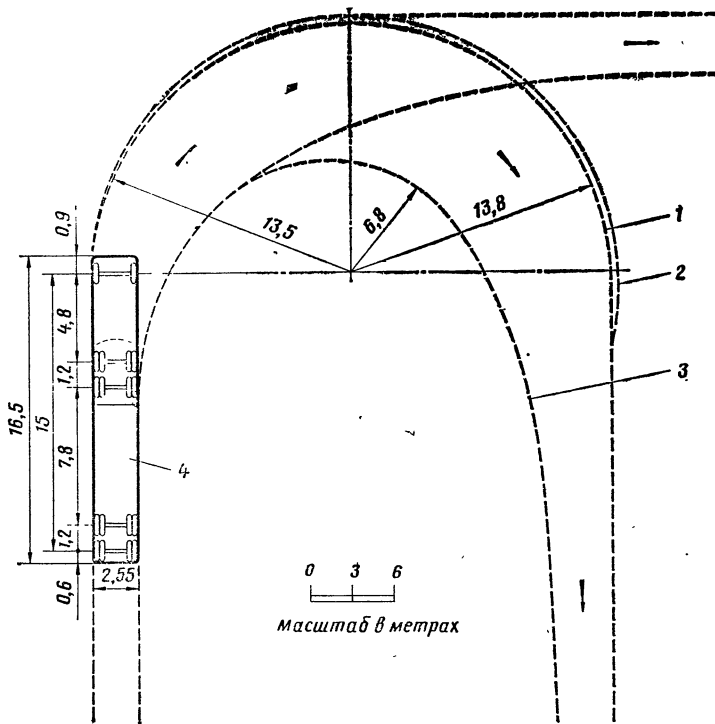


Рис. 14.2. Минимальная расчетная траектория движения типичного расчетного грузового автомобиля WB-50 (размеры даны в метрах):

1 — траектория левого переднего колеса; 2 — траектория точки свеса; 3 — траектория правого заднего колеса; 4 — расчетная комбинация полуприцепа типа WB-50; 13,5 м — радиус поворота; 13,8 — максимальный радиус поворота; 6,8 — минимальный радиус

Прочая информация, необходимая для проектирования автомобильной дороги, включает: интенсивность пешеходного движения и местоположение пешеходных переходов; тип, местоположение и характер стоянок (если они требуются); наличие транзитного движения; расчетный автомобиль.

РАСЧЕТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Число расчетных элементов одинаково для всех существующих типов автомобильных дорог.

Расстояние видимости для безопасной остановки перед неподвижным препятствием определяется длиной участка дороги, видимого водителю.

В любом месте дороги расстояние видимости должно быть одинаковым почти для всех водителей, движущихся с максимальной возможной скоростью или со скоростью, близкой к максимальной, и обеспечивать возможность безопасно остановиться, не доезжая до препятствия. Расстояние видимости для безопасной остановки, используемое при проектировании, равно сумме двух расстояний: расстоянию, пройденному автомобилем без торможения после того, как водитель обнаружил препятствие; расстоянию, которое автомобиль проехал после начала торможения,

Минимальные значения расстояний видимости для безопасной остановки

Расчетная скорость, км/ч	Коэффициент сцепления для мокрого дорожного покрытия f	Расстояние видимости для безопасной остановки (округленно) для расчета, м	Расчетная скорость, км/ч	Коэффициент сцепления для мокрого дорожного покрытия f	Расстояние видимости для безопасной остановки (округленно) для расчета, м
48	36	61	105	30	168
	35	61		29	229
64	33	84	113	29	183
	32	92		28	259
80	31	107	121	28	206
	30	137		28	290
97	30	145	129	27	229
	29	198		27	320

* В числителе приведены минимальная, допустимая по дорожным условиям скорость, в знаменателе — желательная

Расстояние видимости для безопасной остановки (РВБО) определяется по формуле

$$\text{РВБО} = 0,278Pv + \frac{v}{255(f \pm g)}, \quad (14.1)$$

где v — скорость, предшествующая остановке, км/ч; P — время реакции восприятия, с; f — коэффициент сцепления (для мокрого покрытия); g — процент уклона, деленный на 100 (прибавляется для подъема и вычитается для уклона).

Минимальные и желательные величины РВБО для автомобильных дорог, имеющих разные расчетные скорости, показаны в табл. 14.5. Минимальные расстояния допускаются при условии, что автомобиль движется со скоростью меньшей, чем расчетная скорость (допустимые скорости движения, на которых основаны минимальные величины РВБО, даны в табл. 14.5). Величина РВБО измерена с учетом высоты глаз водителя, сидящего в кабине автомобиля, равной 1,1 м, и высоты препятствия 15 см.

Расстояние видимости при обгоне применимо только для двухполосных автомобильных дорог с двусторонним движением. Оно определяется длиной участка дороги, обеспечивающей безопасный обгон до встречи обгоняющего автомобиля с движущимся навстречу автомобилем, который может появиться после начала обгона.

Расстояния видимости при обгоне, используемые в расчетах, приведены в табл. 14.6. Кроме того, в табл. 14.6 даны значения расстояния видимости при обгоне, необходимые для разметки дорожного покрытия.

Разметка проезжей части дороги для запрета обгона основана на различных допущениях, которые дают более низкие величины расстояний видимости при обгоне. Определение зон запрета обгона основано на 85%-ном значении скорости в условиях низкой интенсивности движения.

Расстояние видимости, достаточное для обгона, следует предусматривать при расчетах двухполосных автомобильных дорог.

Минимальные значения расстояния видимости при обгоне

Для расчетов		Для разметки проезжей части	
Расчетная скорость, км/ч	Минимальные значения расстояний видимости при обгоне, м	85%-ная скорость, км/ч	Минимальные значения расстояний видимости при обгоне, м
48	335	48	152
64	457	64	182
80	549	80	244
97	640	97	305
105	791	—	—
113	762	113	366
121	793	—	—
129	823	—	—

Процент протяженности участков автомобильной дороги, на которых можно обгонять, влияет не только на пропускную способность (см. гл. 8), но также на безопасность дорожного движения, удобство и комфорт всех пользователей автомобильными дорогами.

Расстояния видимости при обгоне определены с учетом высоты расположения глаз водителя, равной 1,1 м, и высоты препятствия 1,4 м. При разметке проезжей части эти расстояния устанавливаются с учетом высоты расположения глаз водителя и высоты препятствия, равных 1,1 м.

Зона видимости перекрестка. При проектировании перекрестка следует располагать в таких местах, в которых обеспечивается максимальная зона видимости. Кроме того, при проектировании автомобильных дорог следует предусматривать минимальную зону видимости для водителя, движущегося по второстепенной дороге, пересекающей с главной дорогой, не заставляя водителей встречных транспортных средств снижать скорость. Минимальные скорости для разных типов пересечений приведены в табл. 14.7.

Проверка проектов. Часто на этапе предварительного расчета необходимо определить графическим путем расстояния видимости и записать их через определенные интервалы. Методы построения графика с пределами расстояний видимости и их типовая запись показаны на рис. 14.3. Для двухполосных автомобильных дорог, кроме расстояния видимости для безопасной остановки, следует указать расстояние видимости при обгоне.

Расстояние горизонтальной видимости внутри кривых может быть ограничено такими препятствиями, как здания, зеленые насаждения или выемки. Оно измеряется вдоль прямого края, как показано в верхней левой части на рис. 14.3.

Препятствие в виде наклона выемки показано на рабочих листах линии, обозначающей предложенный профиль выемки в точке, находящейся примерно на высоте 0,6 м над поверхностью дороги для расстояния видимости при безопасной остановке и около 1,2 м для расстояния видимости при безопасном обгоне. Расстояние видимости при безопасной остановке следует измерять между точками оси одной дорожной полосы, а расстояние видимости при обгоне следует измерять от точек на внутренней линии полосы до точек внешней линии полосы.

Вертикальный предел видимости можно рассчитать в масштабе также способом, показанным на рис. 14.3. При этом следует использовать прозрачный прямой край линейки с шириной 1,4 м. Линии вычерчиваются на расстояниях 15 см и 1,1 м от верхнего края в соответствии с вертикальным масштабом. Линия 1,1 м накладывается на точку, от которой необходимо провести вертикальный предел видимости, а затем полоса поворачивается вокруг этой точки до тех пор, пока верхний край не перейдет в касательную к профилю. Расстояние между исходной точкой и точкой на профиле, пересеченное 15-сантиметровой линией, будет расстоянием видимости для безопасной остановки. Расстояние между исходной точкой и линией 1,4 м будет расстоянием видимости при обгоне.

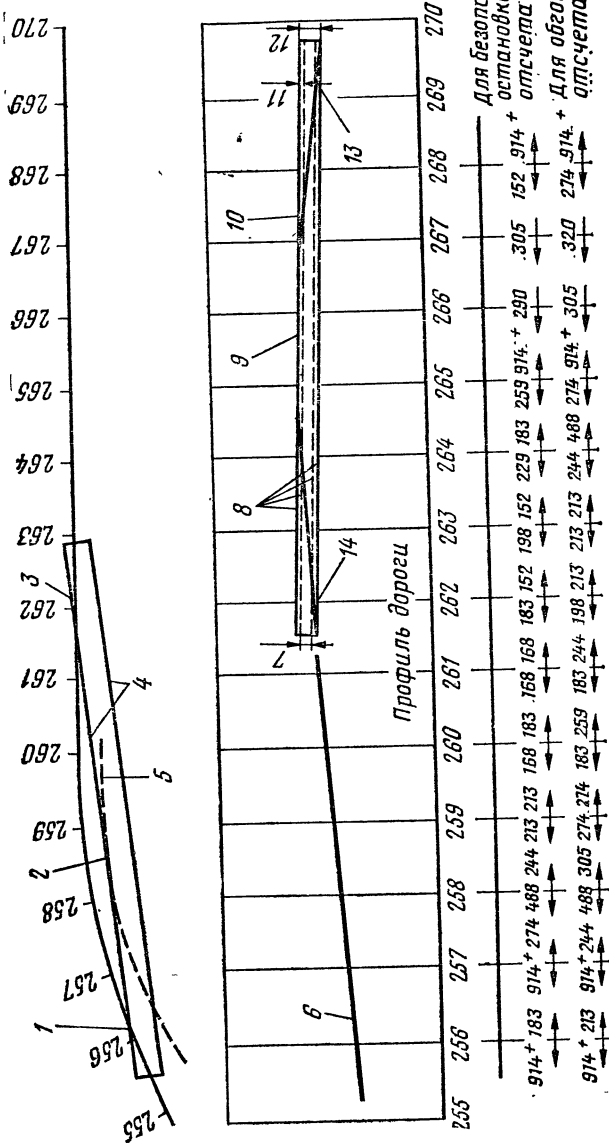


Рис. 14.3. Графическое изображение и запись расстояний видимости на чертежах:

1 — довести край до этой точки; 2 — в этой точке построить касательную; 3 — расстояние горизонтальной видимости; 4 — прямой край; 5 — местоположение профиля выемки на 0,6 м выше поверхности дороги для расстояния видимости, достаточного для безопасной остановки; 6 — расстояние для безопасной остановки; 7 — 1,1 м по вертикальному масштабу; 8 — прямые параллельные линии; 9 — ка- сательная верхнего края; 10 — расстояние видимости для безопасной остановки; 11 — 15 см по вертикальному масштабу; 12 — 1,5 м по вер- тикальному масштабу; 13 — расстояние видимости для обгона; 14 — линия 1,1 м проходит здесь; 15 — профиль дороги

Таблица
запись
расстояний
видимости

Для безопасной остановки (точки отсчета 1,1 и 0,15 м) 152,914 + 290 305 274,914 + 305
Для обгона (точки отсчета 1,1 и 1,4 м) 229,183 244,488 274,914 + 305

Зона видимости на перекрестках¹

Расчетная скорость, км/ч	32	48	64	80	97
Минимальная зона видимости на перекрестке, м	61	91	122	152	183

¹ Зона видимости, это зона замеренная из точки на второстепенной дороге, удаленной на расстояние не менее 4,6 м от края дорожного покрытия главной дороги, и измеренная с высоты глаз водителя, равной 1,1 м. из точки на второстепенной дороге до препятствия высотой 1,4 м, находящегося на главной дороге.

Записи расчета расстояния видимости необходимы на двухполосных дорогах для определения участков дороги (в процентах), на которых эта величина ограничена минимальным пределом видимости при обгоне, что является важным критерием оценки правильности общего расчета и пропускной способности дороги.

Продольный профиль. Для проектирования продольного профиля в США используют параболические вертикальные кривые, а в Европе круговые кривые. Параболические кривые определяют по их длинам и по алгебраической разности уклонов, которые они соединяют. Минимальную длину вертикальной кривой можно вычислить по формуле

$$L = \frac{KA}{3,28}, \quad (14.2)$$

где L — длина вертикальной кривой, м; K — расчетная константа; A — алгебраическая разность уклонов, %.

Константа K задается для каждой расчетной скорости, а ее выбор для выпуклой вертикальной кривой продольного профиля основан на требованиях к расстоянию видимости. Для вогнутых участков вертикальных кривых выбор K основан на определении расстояния видимости по свету фар, т. е. по лучу света, исходящего из источника (фары) на высоте 0,6 м над поверхностью дороги под углом схождения в 1° от продольной оси автомобиля до точки, в которой луч пересекает поверхность дороги. Формула (14.2) позволяет вычислить минимальные длины вертикальной кривой в каждом случае, но величины K меняются для каждой расчетной скорости. В табл. 14.8 даны различные величины K , которые используются в трех видах ограничений.

Подъемы. Максимальные подъемы, рекомендованные для расчета профиля дороги, определяются главным образом по их влиянию на скорости движения грузовых автомобилей. В табл. 14.9 приведены типичные максимальные величины подъемов для различных типов автомобильных дорог.

Общие ограничения. Кроме ограничений величин подъемов и вертикальных кривых в расчетах вертикального профиля дорог следует:

предусматривать линии подъемов с постепенными переходами, отвечающие классу автомобильной дороги и характеру местности;

избегать профили типа «горок для катания на санках» или «скрытых подъемов»;

избегать проектных линий с переломами (две вертикальные кривые, идущие в одном направлении и разделенные коротким отрезком прямолинейного участка); по возможности сокращать участки дорог со средними или крутыми подъемами.

Профиль дороги в плане состоит из прямолинейных отрезков и горизонтальных кривых. В принятой в США практике горизонтальные кривые являются круговыми кривыми с постоянным радиусом, часто соединенными с прямолинейными отрезками переходными (спиральными) кривыми. Определение максимальной кривизны основано на законах механики, расчетных величинах, зависящих от практических предельных значений коэффициентов виража и сцепления, харак-

терных для поверхностей дорожных покрытий. Профиль дороги в плане определяется по формуле

$$e + f = \frac{v^2}{127R}, \quad (14,3)$$

где e — уклон виража дороги, м; f — коэффициент бокового сцепления; v — скорость автомобиля, км/ч; R — радиус кривизны, м.

Максимальный вираж зависит от нескольких факторов, которые могут изменяться в широких пределах: частоты и количества осадков в виде снега и льда; типа местности (загородной или городской); доли медленно движущихся автомобилей в потоке.

Максимальные значения уклона e колеблются до 0,12 для дорог в загородных районах, на которых нет снега и льда. Там, где преобладают осадки в виде снега и льда, уклон e обычно колеблется в пределах от 0,08 до 0,10. Хотя это широко и не практикуется, более высокие значения e , по-видимому, можно использовать на особых участках, например на одностороннем съезде.

Наиболее широко используется уклон e в пределах от 0,08 до 0,10 для автомобильных дорог в сельской местности и автомагистралей в развитых районах (для других типов дорог в городских районах виражи обычно не используются). В других странах вираж выражается в процентах и наиболее часто достигает 7%.

Максимальная степень кривизны. Другой переменной, которая влияет на максимальную кривизну, является коэффициент бокового сцепления f , величина которого допускается равной 0,16 для скорости 48 км/ч и уменьшается на 0,01 вышеупомянутой величины для каждого прироста расчетной скорости на 16 км/ч. На основе этих допущений максимальные радиусы и степень кривизны для разных расчетных скоростей и максимальных значений уклона виража в пределах от 0,06 до 0,12 вычислены по основной вышеприведенной формуле для профиля дороги в плане, а полученные величины сведены в табл. 14.10.

На рис. 14.4 и 14.5 показаны необходимые средние ординаты для участков со свободным обзором при различных степенях кривизны в градусах. Табличные величины применимы только в том случае, если горизонтальная кривая длиннее, чем требуемое расстояние видимости. В других случаях (включая препятствие в виде склона профиля) необходима проверка по графику, о чем говорилось выше, или более подробная аналитическая проверка.

Т а б л и ц а 14.8

Расчетные значения K для вертикальных кривых

Расчетная скорость, км/ч	Выпуклые вертикальные кривые			Вогнутые вертикальные кривые	
	Расстояние видимости для безопасной остановки		Расстояние видимости при обгоне	Расстояние видимости для безопасной остановки	
	минимальное	желательное		минимальное	желательное
48	28	28	365	35	35
64	55	65	685	55	60
89	85	145	985	75	100
97	160	300	1340	105	155
105	215	415	1605	130	185
113	255	515	1895	145	215
121	325	645	2050	160	240
129	400	780	2210	185	270

Таблица 14.9

Магистральные дороги¹

Максимальные подъемы, ‰

Расчетная скорость	Максимальное значение градиента	
Автомагистрали		
км/ч	Все типы рельефов	Горный рельеф
80	5	7
97	4	6
113	3	5

км/ч	Равнины	Холмы	Горный рельеф
48	6	7	9
64	5	6	8
80	4	5	7
97	3	4	6
105	3	4	6
113	3	4	5
121	3	4	—
129	3	4	—

Местные дороги и улицы

км/ч	Равнины	Холмы	Горный рельеф
32	7	10	12
48	7	9	10
64	7	8	10
80	6	7	9
97	5	6	—

¹ Короткие подъемы длиной менее 150 м и односторонние понижения могут быть круче на 10%. В исключительных случаях в городских районах в некоторых пересечениях местных дорог под магистральной дорогой на въездах на мосты можно рассматривать более крутые подъемы с относительно короткими длинами. На загородных дорогах с низкой интенсивностью движения подъемы могут достигать 2%. На дорогах с величинами СИД ниже 250 подъемы относительно короткой длины могут возрасти до 150% от указанной величины.

Выбег виража и переходные кривые. Используемые в США переходные кривые выполняются либо сериями составных круговых кривых, либо спиральной кривой. Спирали дают естественный легкий для движения путь, позволяют улучшить внешний вид автомобильной дороги и обеспечивают требуемое расположение выбега виража.

Спирали определяют по их длине, которая обычно зависит от расстояния, необходимого для выбега виража. Эта длина составляет от 30 до 75 м, и, следовательно, спирали обычно находятся в этом диапазоне — их размер возрастает с повышением проектных скоростей.

Большая часть выбега виража без спиралей должна быть расположена на въездных прямолинейных участках. Вообще от 50 до 100% длины выбега виража можно считать нормальными величинами. Для более точного контроля на въездные прямолинейные участки должно приходиться от 60 до 80% выбега виража.

Общие ограничения профиля дороги в плане. Кроме специальных проектных элементов вертикального профиля, существует несколько других общих ограничений:

отвечая топографическим требованиям, профили должны быть по возможности прямыми. Профили двухполосной дороги должны обеспечивать большее число участков для безопасного обгона;

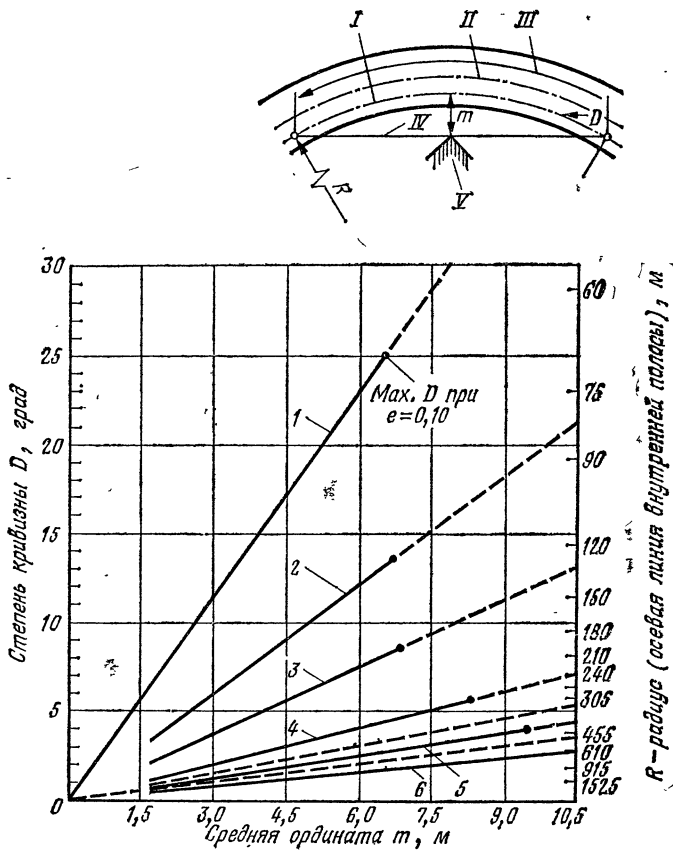
максимальную кривизну следует, по возможности, избегать;

необходимо выбирать совместимый профиль, избегать кривых с малым радиусом закруглений в конце длинных прямолинейных участков, или в конце длинных пологих кривых;

следует избегать коротких кривых даже при очень небольших углах отклонения;

необходимо предусматривать пологие кривые на длинных насыпях и избегать составных круговых кривых с большой разностью радиусов;

следует избегать прямых обратных кривых, между ними необходимо использовать прямолинейный участок, а также избегать «ломаных кривых» (двух кри-



Американский справочник

Рис. 14.4. Минимальное расстояние видимости для безопасной остановки на горизонтальных кривых:

1 — $v=48$ км/ч, S (остановка)=61 м (измерена вдоль внутренней полосы); 2 — $v=64$ км/ч, $S=83$ м; 3 — $v=80$ км/ч, $S=105$ м; 4 — $v=96$ км/ч, $S=142$ м; 5 — $v=70$ км/ч, $S=600$ м; 6 — $v=128$ км/ч, $S=225$ м.

I — внутренняя полоса; II — автомобильная дорога; III — расстояние видимости (S); IV — линия визирования; V — преграда для обзора; m — осевая линия внутри полосы до гребня обзора; D — осевая линия внутренней полосы

вых в одном направлении с любой стороны короткого прямолинейного участка или кривой с большим радиусом).

Поперечный профиль автомобильной дороги состоит из проезжих частей, вспомогательных полос, обочин, разделительных полос и придорожных зон. Размеры каждой из этих зон изменяются в зависимости от типа автомобильной дороги.

Проезжая часть является той частью дороги, которая отведена для движения автомобилей, исключая обочины и вспомогательные полосы. Обычно она включает две и более полосы движения. На автомагистралях, где предусмотрено

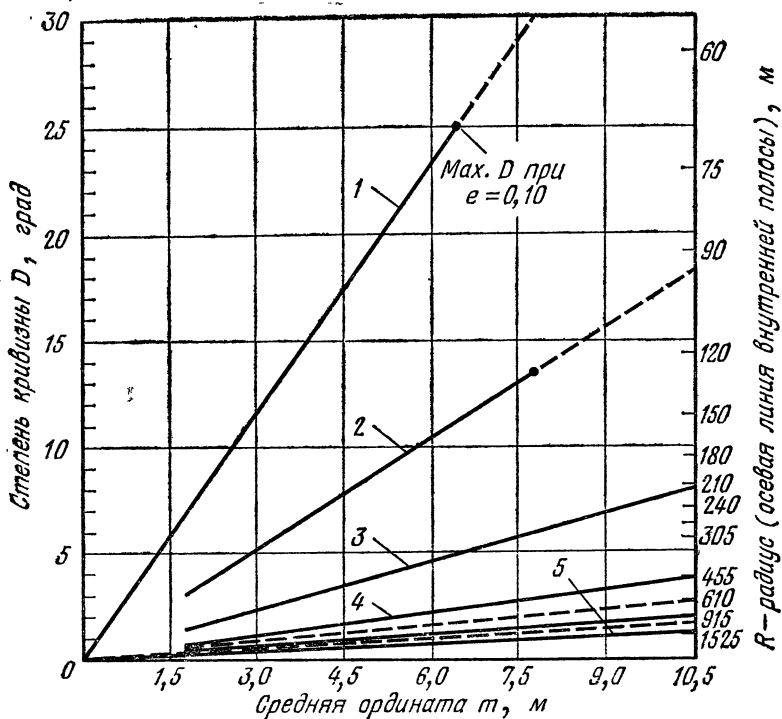


Рис. 145. Рекомендуемое расстояние видимости для безопасной остановки на горизонтальных кривых:

1 — $v=48$ км/ч, S (остановка) = 61 м (измерена вдоль внутренней полосы; 2 — $v=64$ км/ч, $S=90$ м; 3 — $v=80$ км/ч, $S=135$ м; 4 — $v=96$ км/ч, $S=195$ м; 5 — $v=128$ км/ч, $S=315$ м

восемь и более полос для движения, в поперечный профиль могут быть включены две и более реверсивные полосы.

Иногда полосы для скоростного движения отделены от полос, обслуживающих движение транспортных средств на более короткие расстояния, что приводит к устройству дороги типа «два на два».

На всех автомагистралях, скоростных дорогах и других дорогах полосы движения имеют ширину не менее 3,6 м. На дорогах и улицах местного значения желательная минимальная ширина полосы движения составляет 3,3 м, хотя полосы шириной 3 м и даже 2,7 м вполне достаточно для движения транспортного потока небольшой интенсивности.

Автомобильные дороги без разделительных полос на прямолинейных участках или на пологих кривых имеют высшую точку поверхности проезжей части в середине и уклоны по направлению к обоим краям дороги.

Поперечный уклон может быть плоским, или выгнутым, или состоять из сочетания плоского и выгнутого уклонов. Автомобильные дороги с разделительной полосой могут иметь выпуклые проезжие части или прямой уклон по всей ширине каждой проезжей части.

Ниже показаны обычные поперечные уклоны разных типов поверхности автомобильной дороги:

Высокий	1,0—2 см/м
Промежуточный	1,5—3 »
Низкий	2,0—4 »

Когда две или несколько полос для движения транспортных средств имеют уклоны в одном направлении на многополосной дороге, то каждая следующая от вершины полоса должна иметь увеличенный уклон. Полоса, примыкающая к осевой разметке, должна быть наклонена под минимальным углом, и на каждой следующей полосе уклон нужно увеличивать на $\frac{3}{4}$ см на каждый метр длины. При использовании бордюрных камней высокого типа вдоль проезжей части поперечный уклон размером $2\frac{1}{4}$ см на 1 м на внешней полосе является практически минимальным для уменьшения растекания воды по полосе движения, примыкающей к бордюру.

Вспомогательная полоса является частью дороги, примыкающей к проезжей части и предназначенной для стоянки, изменения скорости движения, поворотов, остановки для поворота, перестроений, преодоления подъемов грузовыми автомобилями и для других целей. Если стоянка разрешена рядом с проезжей частью, то в этом случае следует предусмотреть дополнительное дорожное покрытие шириной в 3—4 м (см. гл. 15).

Место для стоянки необходимо разметить на расстоянии 2,4 м от бордюрного камня независимо от действительной ширины дорожного покрытия, что обеспечит правильное использование зоны стоянки. Дополнительное дорожное покрытие необходимо для соответствующего функционирования соседней дорожной полосы. Полосу для стоянки шириной в 3 м и более можно использовать как проезжую часть для движения в часы пик или превратить в полосу для хранения автомобилей, в полосу для поворотов или при необходимости в постоянную проезжую часть.

Полоса для изменения скорости движения является вспомогательной полосой и включает в себя сужение, предназначенное для ускорения или замедления движения автомобилей, въезжающих на дорогу или съезжающих с нее.

Участок для перестроения потоков автомобилей представляет собой отрезок дороги с движением в одном направлении, на котором параллельные потоки транспортных средств сливаются и затем расходятся. Длину и ширину участка перестроения потоков автомобилей определяют при анализе требований (см. гл. 8), предъявляемых к пропускной способности дороги. Дополнительная ширина обычно предусматривается в виде дополнительных полос, проходящих через участок

Т а б л и ц а 14.10

Максимальная степень кривизны и минимальный радиус, необходимые для расчета

Минимальное значение e	Расчетная скорость, км/ч							
	48	64	80	96	104	112	120	128
0,04	91	171	282	429	504	621	760	865
0,06	83	155	254	384	451	551	670	763
0,08	76	141	281	434	408	497	600	682
0,10	70	130	211	317	372	451	543	615
0,12	65	121	195	292	342	414	495	564

Минимальный радиус кривизны, м

0,04	91	171	282	429	504	621	760	865
0,06	83	155	254	384	451	551	670	763
0,08	76	141	281	434	408	497	600	682
0,10	70	130	211	317	372	451	543	615
0,12	65	121	195	292	342	414	495	564

Максимальная степень кривизны

0,04	19,0	10,0	6,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
0,06	21,0	11,5	7,0	4,5	4,0	3,0	2,5	2,5
0,08	23,0	12,5	7,5	5,0	4,5	3,5	3,0	2,5
0,10	25,0	13,5	8,5	5,5	4,5	4,0	3,0	3,0
0,12	26,5	14,5	9,0	6,0	5,0	4,0	3,5	3,0

Минимальная ширина обочины

Тип автомобильной дороги	Минимальная полезная ширина обочины, м	
	правой	левой
<i>Автомагистрали</i>		
Четырехполосные в любой местности, кроме гористой, и при условии движения в одном направлении менее 250 грузовых автомобилей в 1 ч в течение расчетного года	3,0	1,8
Шесть и более полос при движении менее 250 грузовых автомобилей в 1 ч, движущихся в одном направлении в течение одного расчетного года	3,0	3,0
<i>Автомагистрали в гористой местности</i>		
Четыре полосы с числом грузовых автомобилей более 250 в 1 ч, движущихся в одном направлении в течение расчетного года	1,8	1,8
Шесть и более полос с числом грузовых автомобилей более 250 в 1 ч, движущихся в одном направлении в течение расчетного года	3,6	1,8
Шесть и более полос с числом грузовых автомобилей более 250 в 1 ч, движущихся в одном направлении в течение расчетного года	3,6	3,0

перестроения потоков автомобилей. Эти дополнительные полосы являются разновидностью вспомогательной полосы.

Большие потоки грузовых автомобилей на крутых подъемах могут существенно снизить безопасность и пропускную способность дороги, если не предусмотреть вспомогательные полосы, называемые полосами на подъеме для тихоходных автомобилей. Эти полосы следует проектировать в том случае, когда большое количество грузовых автомобилей движется со скоростями, значительно меньшими скоростей легковых автомобилей. Дополнительные полосы на уклонах для грузовых автомобилей обычно не требуются. Если по причинам безопасности грузовые автомобили должны спускаться с уклона со скоростью, значительно меньшей скорости легковых автомобилей, то в этом случае необходимо рассмотреть также вопрос о введении дополнительной полосы для проезда грузовых автомобилей по уклону.

Вспомогательные полосы дороги на подъемах должны иметь ширину 3,6 м и контрастную окраску покрытия для быстрого их распознавания.

Конструкция поперечных профилей вспомогательных полос на подъемах должна быть такой же, как у основных полос движения. В общем случае полные обочины на внешнем крае полос на подъемах для тихоходных автомобилей не нужны, так как такие полосы сами по себе можно использовать для аварийного торможения. В большинстве случаев достаточно использовать обочину с покрытием шириной 1,2—1,8 м.

Начало полосы для движения грузовых автомобилей на подъеме следует считать от того места, в котором скорость движения грузового автомобиля понизилась до 48 км/ч. Это начало можно определить по скорости грузового автомобиля, когда он въезжает на подъем, и по величине подъема в процентах. Полосе с полной шириной должен предшествовать конусообразный участок длиной 45 м. Полоса для движения грузовых автомобилей на подъеме должна заканчиваться в точке за гребнем, в которой грузовой автомобиль еще движется со скоростью 48 км/ч. Следует предусмотреть удлиненный конусообразный участок длиной 60 м и более после окончания этой полосы.

Таблица 14.12

Поперечные наклоны обочин

Тип покрытия обочины	Поперечный наклон, см/см
Битумный	0,03—0,05
Дробленый гравий	0,04—0,06
Дерн	0,08

Обочины. Термин «обочина» имеет несколько значений, зависящих от его определяющего прилагательного: наклонная обочина — это расстояние от края дорожной полосы до продольной плоскости, разделяющей обочину и край дороги; обочина с покрытием — это расстояние за пределами сквозной полосы движения (обочина имеет поверхность, покрытую гравием, ракушечником или дроблеными скальными породами, стабилизированными минеральными или химическими присадками, обработанными битумом, асфальтобетоном или цементобетоном); и **используемая обочина** — это часть дороги, используемая для срочной остановки или поворотов. В Европе используется термин «verge» или «outer verge» (обочина или наружная обочина).

Обочину verge можно сравнить с наклонной обочиной. Иногда на обочинах предусматривают дорожки для пешеходов, велосипедистов или различных видов тихоходных транспортных средств.

Хорошо спроектированные и хорошо обслуживаемые обочины необходимы на загородных автомобильных дорогах. Желательно обочины устраивать и в городских районах, но здесь их не всегда можно предусмотреть из-за недостатка места. Обочины необходимы для:

остановки автомобилей вне пределов проезжей части в аварийных ситуациях;

восстановления нормального психологического состояния водителя после того, как он потерял контроль за управлением автомобилем;

повышения безопасности вождения автомобилей;

улучшения видимости;

увеличения пропускной способности дороги;

выполнения технического обслуживания автомобилей;

структурной прочности дорожного покрытия.

В табл. 14.11 приведена минимальная ширина обочин для автомобильных дорог разных типов. На всех автомобильных дорогах, кроме автомагистралей с текущей среднесуточной интенсивностью движения (СИД) менее 750 и расчетной скоростью ниже 80 км/ч, ширину обочин можно несколько уменьшить. Минимальный зазор между краем проезжей части и парапетом или ограждением должен быть не менее 1,2 м для всех дорог (кроме автомагистралей) и 0,6 — для дорог местного значения.

Обычно обочины имеют наклон для стока вод с проезжей части. Однако на виражах иногда необходимо наклонить обочину в сторону проезжей части для того, чтобы исключить резкую разницу между поперечным наклоном обочины. Максимальная алгебраическая разность между наклонами проезжей части и обочины обычно составляет около 0,07 см на 1 см. В табл. 14.12 показаны поперечные наклоны обочин, используемые в нормальных условиях.

Разделительные полосы желательно предусматривать на автомобильных дорогах, имеющих четыре и более полосы для движения. Ширина разделительной полосы колеблется от 0,6 м до 30 м. Разделительные полосы на загородных автомагистралях обычно имеют ширину 11,0 м, но чаще они более широкие; на протяжении дороги они могут иметь различную ширину. Разделительные полосы на городских автомагистралях имеют ширину не менее 4,8 м, причем на них следует предусматривать размещение барьеров.

На всех дорогах США, кроме автомагистралей, предусматриваются разделительные полосы следующих категорий:

полосы, выделенные дорожной разметкой, шириной 0,6—1,2 м;

узкие, приподнятые или окруженные бордюрным камнем полосы шириной 1,2—1,8 м;

полосы, выделенные разметкой или бордюрным камнем и обеспечивающие пространство для обособленных полос движения транспортных средств, совершающих левый поворот, шириной 4,2—5,4 м;

направляющие островки для канализации движения через перекресток, и пространства для организации ландшафтных парковых дорог шириной от 6 до 24 м.

Бордюрная полоса представляет собой участок между краем дорожного полотна (или боковой дороги, если таковая предусмотрена) и полосо́й отвода дороги. В этот участок обочины не входят. Бордюрная полоса должна быть достаточно широкой для устройства всех необходимых выемок и уклонов, канав, стенок, велосипедных дорожек или тротуаров и ландшафтной буферной зоны между автомобильной дорогой и окружающей территорией. На городских улицах эта — полоса может включать зону, в которой размещаются средства коммунального обслуживания.

Бордюрные полосы должны иметь ширину ст 9 до 18 м для загородных автомагистралей. На всех загородных дорогах, кроме автомагистралей, желательно, чтобы бордюрная полоса имела достаточную ширину для устройства канав и скапов (обычно от 4,5 до 7,5 м), плюс ширину внешнего ската. Желательно также, чтобы внутренняя бордюрная зона была свободна от препятствий на расстоянии от 3 до 6 м или закруглена. Для городских дорог и улиц следует предусмотреть бордюрную полосу шириной 1,2—2,4 м плюс ширину тротуара.

Прочие элементы поперечного профиля дороги. Поперечный профиль дороги может включать в себя боковую дорогу и внешнее разделение между боковой дорогой и проезжей частью. Другие виды разделений должны быть шириной не менее 9 м на загородных дорогах и 1,2 м с соответствующим ограждением в городских районах. Боковые дороги должны иметь ширину не менее 6 м, плюс ширина обочины или, при необходимости, ширина полосы для остановки автомобилей; они являются дорогами местного значения и должны соответственно проектироваться.

Ширина полосы отвода дороги. Общая необходимая ширина полосы отвода дороги является суммой вышеуказанных элементов. Ширина полосы отвода меняется от минимальной, равной 15 м в городских районах, до максимальной (более 105 м) на загородных автомагистралях.

СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Предварительный технический отчет включает в себя:

- общее описание предполагаемого проекта дороги и связь проектируемой дороги с другими транспортными системами;
- описание и обоснование различных геометрических параметров дороги;
- расчет интенсивности дорожного движения;
- общую оценку расходов на строительство дороги;
- экономическую оценку, включающую расходы потребителя;
- оценку последствий влияния данной дороги на окружающую среду, включая влияние строительства дороги на стоимость земельных участков, их занятость, стоимость коммунальных услуг и обслуживания (эта оценка может быть частично качественной);

- оценку социологического влияния дороги на общество, включающую изменение местожительства, места работы и доступность коммунальных услуг (данная оценка может быть в основном качественной);

- рекомендуемую конструкцию дороги.

Открытые слушания проекта дороги организуют для того, чтобы обеспечить максимальное соответствие местоположения автомобильной дороги и ее проекта местным условиям. На открытых слушаниях принимаются решения по различным противоречивым вопросам. Они помогают рассмотреть специфические детали проекта автомобильной дороги.

В США главные проекты автомобильных дорог, особенно проекты, которые финансируются из федеральных фондов, требуют по крайней мере два открытых слушания: открытое слушание вопроса о маршруте и открытое слушание самого проекта. Открытое слушание вопроса о маршруте организуется до одобрения местоположения маршрута и до того, как агентству, ответственному за определение окончательного местоположения маршрута, будет передан конкретный проект. Такое слушание дает возможность заинтересованным лицам принять участие в определении местоположения и главных признаков автомобильной дороги.

При обсуждении рассматривается влияние строительства дороги на следующие факторы: скорость, безопасность и эффективность перевозок; занятость населения; противопожарную безопасность; эстетику; работу городского транспорта; здравоохранение и безопасность; характер застройки, окрестностей и местоположения; сборы и расходы на социальное обслуживание; вопросы охраны окружающей среды, включая эрозию, осадочные породы и охрану живой природы; природные и исторические памятники; шум и загрязнения воздушной и водной сред; охрану собственности; новое жилищное строительство; помехи занятиям в школах; перемещения населения, учреждений и предприятий; эксплуатацию существующих автомобильных дорог и транспортных средств во время строительства новой автомобильной дороги и после его завершения

Все эти сведения следует использовать для разработки такого проекта и трассы автомобильной дороги, который сведет до минимума вредное воздействие ее на окружающую среду и даст возможность эффективно использовать новую автомобильную дорогу.

Учет требований безопасности дорожного движения при проектировании дорог. Вопрос о безопасности дорожного движения при проектировании автомобильных дорог является одним из главных. При проектировании следует предвидеть и учесть возможные ошибки водителей, устранить несоответствия, которые могут ввести водителя в заблуждение. Проекты должны способствовать лучшему использованию автомобильных дорог.

Учет требований безопасности дорожного движения зависит от типа проектируемой дороги, интенсивности движения и экономических соображений. При проектировании необходимо следующее.

1. Скаты обочин делать по возможности плоскими и обеспечить соотношение уклона 4 : 1; поверхность обочины следует закруглить в том месте, где пересекаются плоскости ската и обочины.

2. Опоры для дорожных знаков и фонарей следует располагать достаточно далеко от проезжей части, чтобы исключить вероятность наезда на них автомобиля, потерявшего управление.

3. Все дренажные устройства следует проектировать таким образом, чтобы автомобили, потерявшие управление, могли проехать мимо них или безопасно уклониться от наезда на них.

4. Ограждение дороги необходимо предусматривать в том случае, если в проекте нельзя учесть возможность устройства скатов с соотношением уклона 4 : 1 или более ровных скатов. Ограждение должно остановить движение автомобиля, потерявшего управление.

5. Ограждение дороги следует предусматривать на подъездах к мостам и на пилонах эстакад, где существует вероятность наезда на них автомобилей, потерявших управление.

6. На скоростных дорогах или автомагистралях с узкой разделительной полосой и большой интенсивностью движения необходимо предусматривать разновидность барьера, установленного вдоль разделительной полосы, для предотвращения наезда на полосы противоположного движения автомобилей, потерявших управление.

7. Поперечные уклоны дорожного полотна следует проектировать таким образом, чтобы на них не скапливалась вода.

8. В тех случаях, когда препятствия нельзя переместить в другое место или защитить ограждением, такие, как, например, клинья рампы на эстакадах, то в этих случаях необходимо предусмотреть амортизаторы, смягчающие удары. Конструкция участка клина, расположенного перед препятствием, должна допускать установку таких амортизаторов.

9. Полосы движения рекомендуются прерывать только в местах с большим расстоянием видимости; следует также предусмотреть зоны, позволяющие автомобилям с неисправным рулевым управлением безопасно переезжать на соседнюю полосу.

10. Расстановку дорожных знаков и разметку проезжей части, являющихся неотъемлемой частью проектирования, необходимо предусматривать на всех стадиях проектирования. В проекте дороги должны быть использованы новейшие устройства регулирования дорожного движения.

11. В проекте следует учесть особые условия для движения автомобилей в темное время суток, при дожде, снегопаде и тумане.

Проектирование профиля дороги. Все загородные дороги имеют, как правило, две полосы движения с обочинами по обеим сторонам. Некоторое ограничение въезда на дорогу желательно для того, чтобы расположить выезд и въезд в местах, обеспечивающих безопасность. На рис. 14.6 показаны типичные поперечные профили двухполосных загородных дорог, а на рис. 14.7 — профили для загородных дорог с разделительной полосой.

Типичные поперечные профили дорог, применяемые в Европе, показаны на рис. 14.18. Нижний поперечный профиль дан для четырехполосной автомагистрали с разделительной полосой, имеющей расчетную скорость движения автомобилей от 80 до 100 км/ч. Верхние два профиля даны для расчетной скорости движения от 100 до 140 км/ч для четырех- и шестиполосных автомагистралей. Особое внимание уделяется расположению всех пересечений для обеспечения достаточного расстояния видимости. При этом минимальное его значение предусматривается для пересечений в одном уровне на дорогах с разделительной полосой. Если эти дороги не будут иметь упомянутых проектных особенностей, на них возможны дорожно-транспортные происшествия.

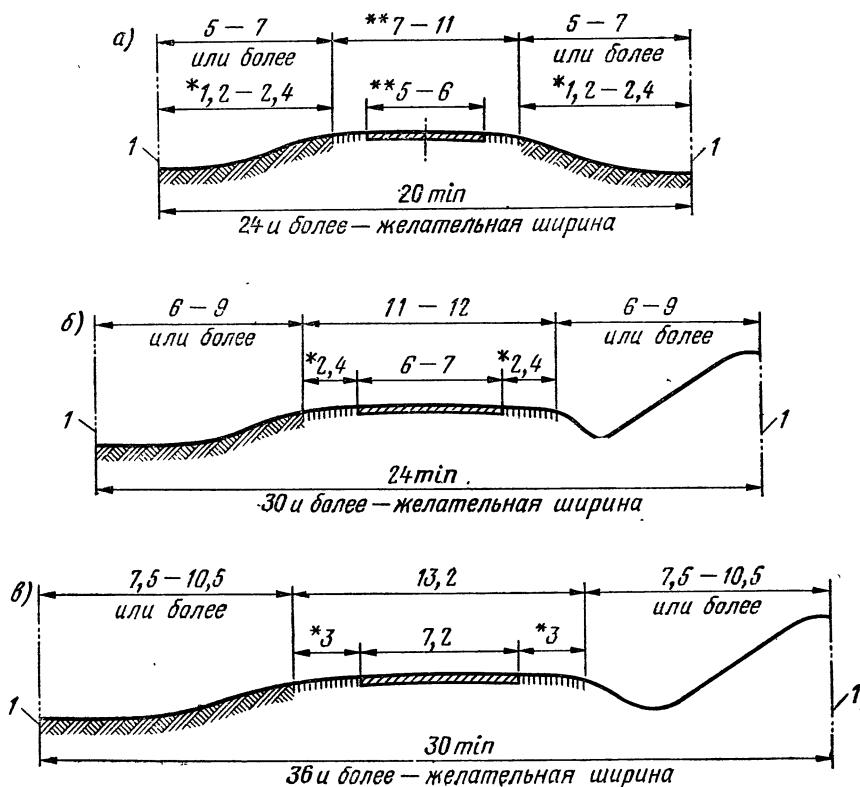


Рис. 14.6. Поперечные профили и ширина полос отвода дороги для двухполосных загородных автомобильных дорог (размеры даны в метрах):

a — низкий; *б* — промежуточный; *в* — высокий.

l — полоса отвода дороги;

(звездочками показано * полезная ширина обочины; ** для дорог с низкой интенсивностью движения грузовых автомобилей)

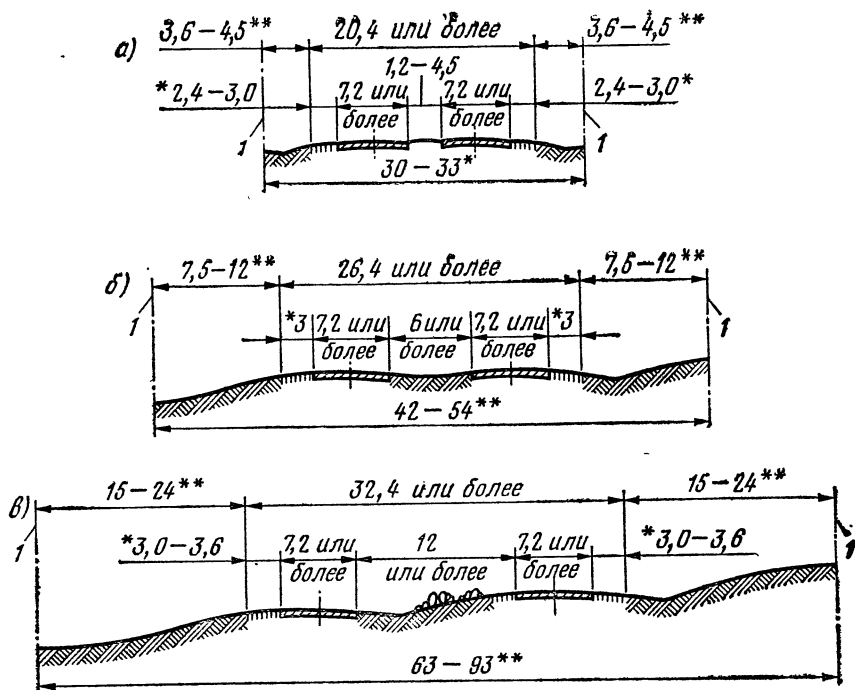


Рис. 14.7. Поперечные профили и ширина полос отвода дороги для многополосных автомобильных дорог с разделительной полосой (размеры даны в метрах): а — ограниченный тип; б — промежуточный тип; в — желательный тип; / — полоса отвода дороги; (звездочками показано: * полезная ширина обочины; ** желательная большая ширина).

Городские дороги обычно представляют собой двух- или четырехполосные автомобильные дороги с полосой для стоянки по обеим сторонам, бордюрами и кюветами с наружных сторон. Иногда на городских дорогах желательно преобразовать разделительную полосу в непрерывную полосу для выполнения поворотов. Минимальная ширина полосы такого типа должна быть сопоставима с шириной нормальной полосы для транзитного движения.

Бордюры широко используются на городских улицах для направления сточных вод, препятствия выезду автомобилей, защиты пешеходов и для организации придорожных зон. Бордюры бывают двух видов. Каждый из них может быть спроектирован в сочетании со стоком, образующим бордюр и часть кювета. Когда кювет выделяется по цвету от дорожного полотна, ширину кювета не следует считать частью ширины полосы движения. Если кювет имеет одинаковый цвет и строение с дорожным полотном, его можно считать частью ширины полосы транзитного движения.

Барьерные бордюры имеют ширину 15—25 см и более. На рис. 14.9, а и б показан поперечный профиль типичных барьерных бордюров. Они применяются только в тех случаях, когда скорости движения автомобилей относительно низкие, а выезд автомобиля за пределы полотна должен быть надежно предотвращен. Эти бордюры устанавливаются вдоль улиц и на островках безопасности. Барьерные бордюры следует располагать на расстоянии от 0,6 до 0,9 м от полос транзитного движения.

Сборные бордюры сконструированы таким образом, что автомобили могут их переезжать. Они имеют высоту 15 см и ниже и относительно ровную поверхность уклона. На рис. 14.9, а, е, д, е, ж, з показаны типичные образцы сборных бордюров. Сборные бордюры могут быть выполнены из битуминозных смесей или бетона.

Хотя барьерный и сборный бордюры можно устанавливать вдоль разделительных полос или по краю полос транзитного движения, тем не менее барьерные бордюры рекомендуется отодвигать от полос транзитного движения. Бордюры разных видов используют также по краям обочин как часть дренажной системы.

Бордюрные полосы вдоль загородных магистральных дорог предназначены для возвращения автомобиля без серьезных повреждений на полосу движения в том случае, если он случайно выехал с этой полосы. Для этого необходимо устраивать бордюрные полосы на расстоянии 3—6 м от края обочины, которые должны быть свободны от таких препятствий, как деревья, большие камни, опоры средств связи и дорожных знаков. Канавы на этих участках должны иметь закругления, а наклон обочин должен быть 4:1 или ровнее. При устройстве более крутых скатов, как, например, на подъездных путях к путепроводам или в других местах, включая неподвижные препятствия, следует предусмотреть ограждения, которые обычно устанавливаются по краю или на расстоянии 0,6 м от края обочины.

Бордюрные полосы вдоль городских магистральных улиц должны иметь по возможности большую ширину, но как минимум такую, чтобы вместить тротуар и газон. Тротуары в застроенных районах должны иметь ширину не менее 2,4 м, а в пригородных жилых районах достаточно ширины в 1,2 м. Газон желателен между тротуарами и бордюрной полосой, но в сильно застроенных районах такой газон обычно не устраивают. Под газоном можно расположить подземные линии коммуникаций.

Пересечения в одном уровне. Отдельные зоны дороги для выполнения маневров являются необходимыми элементами, используемыми при проектировании пересечения. Они могут быть объединены в различных вариантах, давая различные проекты любого пересечения.

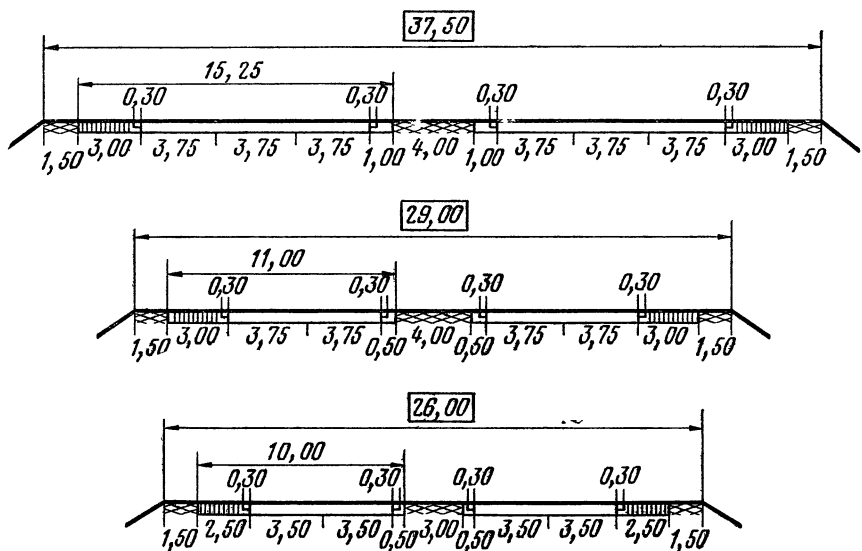


Рис. 14.8. Типичный поперечный профиль европейской дороги (размеры даны в метрах)

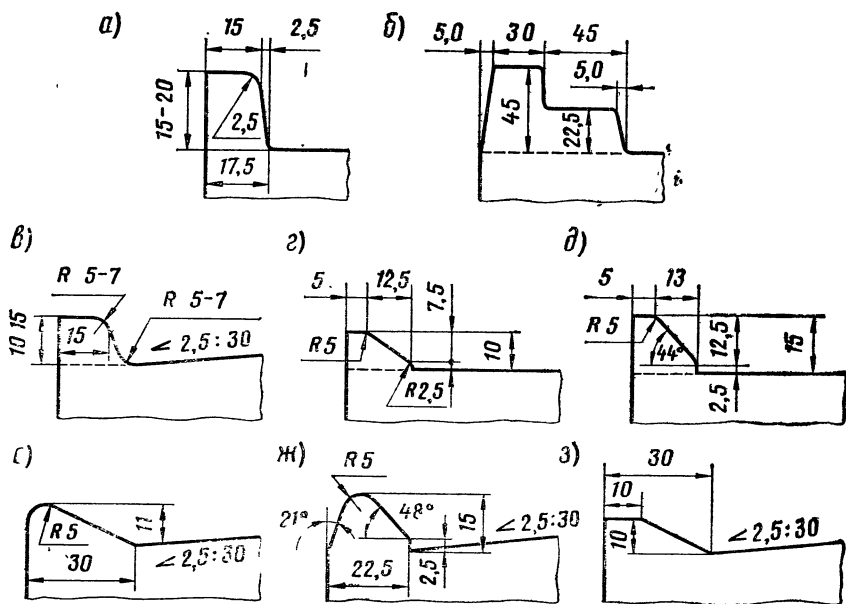


Рис. 14.9. Типичные бордюрные полосы (размеры даны в сантиметрах):
 а-б — барьерные бордюры; в-з — сборные бордюры

При проектировании пересечения необходимо учитывать следующие принципы.

1. Сокращение числа конфликтных точек. Число таких точек существенно возрастает с ростом числа полос для движения. Например, пересечение двухполосных дорог имеет 32 конфликтные точки, а пересечение шестиполосных дорог — 172 конфликтные точки. Там, где это возможно, следует избегать пересечений в одном уровне дорог с числом полос более четырех.

2. Контроль относительной скорости. Относительная скорость — это скорость слияния и расхождения автомобилей в пересекающемся потоке. Небольшая разность скоростей движения автомобилей (от 0 до 25 км/ч) по пересекающимся маршрутам и малый угол между сходящимися дорогами (менее 30°) позволяют пересекающимся потокам автомобилей двигаться непрерывно. Высокие относительные скорости имеют место в тех случаях, когда наблюдается большая разница в скоростях движения или при большом угле слияния потоков автомобилей. Поскольку в таких условиях обычно происходит прерывание потока, дорожное движение необходимо регулировать при помощи специальных средств. Для получения относительных скоростей движения необходимо исключить разницу в скоростях движения автомобилей в пересекающихся потоках и большие углы пересечения потоков.

Пересечение потоков транспортных средств при высоких относительных скоростях должно происходить под углом, по возможности близким к углу 90° .

3. Регулирование движения. Выполнение маневров на пересечениях при низких относительных скоростях требует минимального числа средств регулирования дорожного движения. Маневры, выполняемые при высоких относительных скоростях, небезопасны, если не предусмотрены такие средства регулирования движения, которые обязывают водителей снизить скорость движения (например, установка знака «Проезд без остановки запрещен» или светофора). Проектирование пересечения следует выполнить одновременно с разработкой схемы регулирования движения.

Минимальные радиусы закруглений дорожного полотна для поворотов на перекрестке без въезда на соседние полосы, м

Расчетный автомобиль	Угол поворота, град	Радиус простовой кривой, м	Составная симметричная кривая с тремя центрами ¹		Составная асимметричная кривая с тремя центрами ¹	
			Радиусы, м	Смещения, м	Радиусы, м	Смещения, м
P	30	18	—	—	—	—
SU	30	30	—	—	—	—
BUS	30	42	—	—	—	—
WB-40	30	45	—	—	—	—
WB-50	30	60	—	—	—	—
P	45	15	—	—	—	—
SU	45	22	—	—	—	—
BUS	45	24	—	—	—	—
WB-40	45	51	—	—	—	—
WB-50	45	51	60—30—60	0,9	—	—
P	60	12	—	—	—	—
SU	60	18	—	—	—	—
BUS	60	21	—	—	—	—
WB-40	60	27	—	—	—	—
WB-50	60	—	60—22—60	1,6	60—22—82,5	0,6—0,8
P	75	11	30—7,5—30	0,6	—	—
SU	75	17	36—13,5—36	0,6	—	—
BUS	75	24	36—13,5—36	0,9	—	—
WB-40	75	26	36—13,5—36	1,5	36—13,5—60	0,6—2,0
WB-50	75	—	45—15—45	1,8	45—15—67,5	0,6—3,0
P	90	9	30—6—30	0,7	—	—
SU	90	15	36—12—36	0,6	—	—
BUS	90	25	36—12—36	1,2	—	—
WB-40	90	—	36—12—36	1,5	36—12—60	0,6—1,8
WB-50	90	—	54—18—54	1,8	36—12—60	0,6—3,0
P	105	—	30—6—30	0,7	—	—
SU	105	—	30—10—30	0,9	—	—
BUS	105	—	30—10—30	1,2	—	—
WB-40	105	—	30—10—30	1,5	30—10—60	0,6—0,9
WB-50	105	—	54—13—54	2,4	15—12—63	0,6—0,3
P	120	—	30—6—30	0,6	—	—
SU	120	—	30—9—30	0,9	—	—
BUS	120	—	30—9—30	1,2	—	—
WB-40	120	—	36—9—36	1,8	30—9—54	0,6—2,7
WB-50	120	—	54—12—54	2,5	45—10—66	0,6—3,6
P	135	—	30—6—30	0,5	—	—
SU	135	—	30—9—30	1,2	—	—
BUS	135	—	30—9—30	1,5	—	—
WB-40	135	—	36—9—36	2,0	30—7,5—54	0,9—3,9
WB-50	135	—	48—10—48	2,7	39—9—55	0,9—4,2

Расчетный автомобиль	Угол поворота, град	Радиус пресечтой кривой, м	Составная симметричная кривая с тремя центрами		Составная асимметричная кривая с тремя центрами	
			Радиусы, м	Смещения, м	Радиусы, м	Смещения, м
P	150	—	22—5—22	0,6	—	—
SU	150	—	30—9—30	1,2	—	—
BUS	150	—	30—9—30	1,5	—	—
WB-40	150	—	30—9—30	1,5	27—7,5—54	0,9—3,3
WB-50	150	—	48—10—48	2,1	36—9—54	0,9—4,2
P	180	—	15—5—15	0,2	—	—
SU	180	—	30—9—30	0,5	—	—
BUS	180	—	39—7—30	2,4	—	—
WB-40	180	—	30—6—30	2,9	2,5—6—45	1,8—3,9
WB-50	180	—	39—7—39	2,9	30—7,5—54	1,8—3,9

† Простая кривая с меньшим радиусом смещения, показанная выше и соединенная с нормальным краем закругления проезжей части с конусами — сужениями (с отношением сторон 15:1) на каждом конусе, может быть заменена составной кривой с тремя центрами.

4. Канализирование движения на подходе к пересечению необходимо предусмотреть как для левоповоротных, так и для правоповоротных потоков автомобилей, благодаря чему сократится число конфликтных точек в зоне пересечения.

5. Исключение зон многократных сложных маневров по слиянию и расхождению потоков автомобилей. Многократное слияние или расхождение требует принятия водителем решений в сложной обстановке и создает дополнительные конфликтные ситуации.

6. Разделение конфликтных точек. Число задержек и опасных ситуаций на пересечениях возрастает в том случае, если зоны маневрирования на пересечениях расположены слишком близко друг от друга или они перекрываются. Эти конфликтные точки можно разделить, предоставив водителям достаточное количество времени (и расстояния) между последовательными маневрами для того, чтобы водители могли разобраться в ситуации.

7. Отдачу предпочтения интенсивным и наиболее скоростным потокам.

8. Сокращение зон возникновения возможных конфликтов. Чрезвычайно большая зона пересечения смущает водителя, и он действует неуверенно. Большие зоны обычно бывают у наклонных пересечений и у пересечений дорог с большим числом полос. Если пересечения имеют большие конфликтные зоны, следует использовать канализирование движения.

9. Разделение неравномерных потоков. Раздельные полосы следует устраивать на пересечениях в том случае, когда интенсивные потоки автомобилей движутся с разными скоростями. Например, раздельные полосы для поворота автомобилей следует предусмотреть для интенсивных потоков поворачивающих автомобилей. В том случае когда большие потоки пешеходов пересекают широкие улицы, следует предусмотреть островки безопасности таким образом, чтобы одновременно пешеходы пересекали не более трех полос.

Обеспечение возможности поворота. Подготовленные схемы по выполнению маневров, связанных с поворотами, с учетом полос для транзитного движения, определяют геометрию пересечения.

Оформление бордюрных полос и полос для изменения направления движения зависит от количества полос поворотов, которые автомобили занимают перед пересечением. Пересечение должно пропустить расчетное число автомобилей без маневра заднего хода. В табл. 14.13 даны минимальные значения радиусов закругления полос в зависимости от типов расчетных автомобилей и углов поворо-

тов. На рис. 14.10 показан типичный проект поворота с изменением направления по составной кривой с тремя центрами, допускающего проезд полуприцепов.

Раздельные параллельные полосы для поворота. Безопасность и пропускную способность пересечения на подъеме дороги можно существенно повысить, обеспечив дополнительные параллельные полосы для поворотов или изменения скоростей на правой или левой или на обеих сторонах дороги. Они особенно необходимы на загородных и городских дорогах, на которых скорости потоков автомобилей относительно велики и где наблюдается высокая интенсивность левоповоротного или правоповоротного движения.

Полосы для поворотов должны иметь ширину не менее 3 м, желательно 3,6 м. Поворотные полосы состоят из трех составляющих: переходной полосы замедления, остановочной полосы, переходной полосы ускорения.

Возможность замедления движения транзитного потока вне полос является важным элементом на скоростных магистральных дорогах. Ниже указаны длины полос, необходимых для замедления:

Средняя скорость движения, км/ч	35	50	65	80
Полосы замедления, м	49	76	113	155

На многих автомобильных дорогах полную длину переходных полос замедления реализовать нельзя. В этом случае полоса замедления начинается до въезда на поворотную полосу. Длина переходной полосы, необходимой для размещения очереди автомобилей у перекрестков, определяется по удвоенному числу автомобилей, накопившихся за один цикл светофорного регулирования. На нерегулируемых перекрестках эта длина может быть основана на числе автомобилей, желающих повернуть направо или налево в течение 2 мин (длину автомобиля мож-

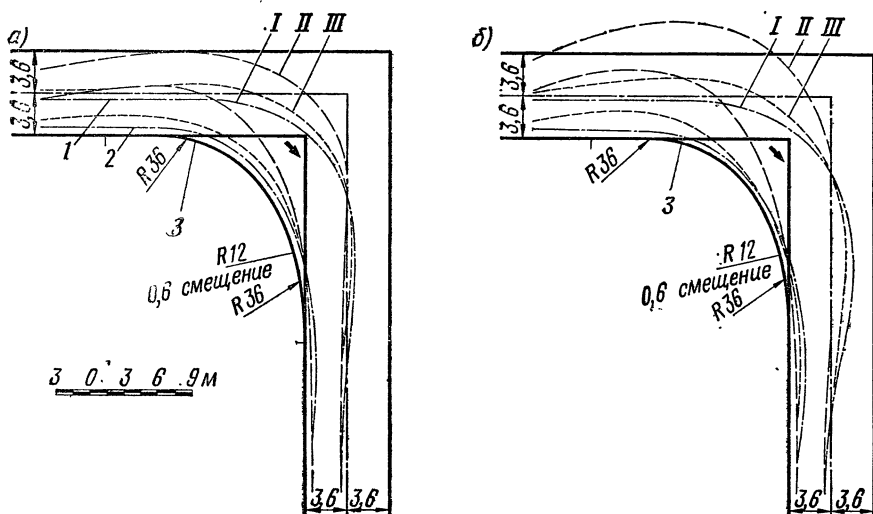


Рис. 14.10. Минимальный радиус закругления проезжей части для грузовых автомобилей без прицепов и автобусов и необходимые маршруты для автомобилей больших габаритных размеров (размеры даны в метрах):

a — поворачивающий автомобиль WB-40 с полуприцепом; *б* — поворачивающий автомобиль WB-50 с полуприцепом; *I* — путь, когда автомобиль подъезжает к повороту по своей полосе и затем заезжает далеко на полосу встречного движения; *II* — путь, когда автомобиль заезжает далеко на полосу встречного движения, а затем возвращается на свою полосу; *III* — путь, когда автомобиль заезжает на полосу встречного и попутного направления; *1* — путь, проходимый передним свесом кузова; *2* — путь, проходимый внутренним задним колесом; *3* — путь, проходимый поворачивающим автомобилем-полуприцепом WB-40

Рис. к табл. 14.14:

1 — площадь островка в метрах; 2 — смещение

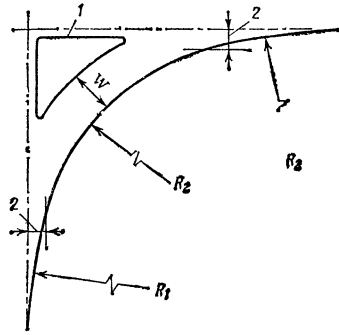


Таблица 14.14

Параметры поворотных полос

Угол поворота, град	Классификация конструкции	Составная кривая с тремя центрами		Ширина полосы, м	Приближительная площадь островка, м ²
		Радиус, м	Смещение, м		
75	A	45—23—45	1,0	4,2	18
	B	45—23—45	1,5	4,8	15
	C	54—27—57	1,0	6,0	15
90	A	45—15—45	0,9	4,2	15
	B	45—15—45	1,5	4,8	24
	C	54—20—54	1,8	6,0	38
105	A	36—12—36	0,6	4,5	21
	B	30—11—30	1,5	6,6	15
	C	54—14—54	1,8	9,0	18
120	A	30—9—30	0,8	4,8	36
	B	30—9—30	0,9	7,2	27
	C	154—12—54	2,6	10	66
135	A	30—9—30	0,8	4,8	138
	B	30—9—30	1,2	7,8	111
	C	48—11—48	2,1	11	192
150	A	30—9—30	0,8	4,8	420
	B	30—9—30	1,2	9	351
	C	48—11—48	2,1	11	516

Примечания 1. A — конструкция в основном пригодна для легковых автомобилей, но позволяет также при ограничении габаритов повернуть случайному грузовому автомобилю; B — конструкция пригодна также для автомобилей класса SU, но позволяет случайному автобусу и автомобилю типа WB-50 повернуть с небольшим заездом на соседние полосы; C — конструкция предназначена полностью для всех расчетных автомобилей

2. Асимметричные составные кривые с тремя центрами и прямые сужения с простой кривой можно также использовать без существенного изменения ширины проезжей части или размеров углового островка

Таблица к рис. 14.11

Ширина раз- делительной полосы, м	Минимальная длина раз- рыва раздельной полосы, м		Ширина раз- делительной полосы, м	Минимальная длина раз- рыва раздельной полосы, м	
	В форме полукруга	В форме на- конечника пули		В форме полукруга	В форме на- конечника пули
1,2	43	36	8,4	36	22
1,8	43	34	9,6	35	20
2,4	42	33	10,8	34	18
3,0	42	31	12,0	30	16
3,6	41	30	18,0	27	12
4,2	40	27	24,0	21	12
5,4	40	27	30,0	15	12
6,0	39	25	33,0	12	12
7,2	38	23	36,0	12	12

но принять равной 7,5 м). Длина переходной полосы при въезде на параллельную полосу для поворотов должна быть не менее 12 м, но желательно все же иметь длину 30 м.

Раздельные поворотные полосы. На тех пересечениях, где возможно движение автомобилей-тягачей с полуприцепами и где легковым автомобилям разрешено делать повороты со скоростью 25 км/ч и более, следует предусматривать раздельные поворотные полосы. Эти полосы должны иметь максимально возможный радиус закругления. На пересечениях городских дорог допустимы повороты с минимальным радиусом закругления. Главными средствами контроля минимального радиуса поворота является линия визирования внутреннего края проезжей части и ширина полосы проезжей части, вмещающие расчетный автомобиль.

Полосы для поворота обычно отделены от полос транзитного движения островками для того, чтобы лучше использовать площадь дорожного полотна (следует избегать устройства островков площадью менее 4,65 м²). В табл. 14.14 показаны типичные размеры переходных полос и примерные размеры островков для разделения транспортных потоков.

Если позволяет пространство, желательно устраивать раздельные поворотные полосы с большими радиусами закругления. Схемы поворотных полос иногда похожи на схемы рам автомагистралей.

Разрыв в раздельной полосе. Для проектирования разрывов в раздельной полосе и концов раздельной полосы необходимы данные об интенсивности дорожного движения и типах поворачивающих автомобилей. Важным фактором является траектория каждого расчетного автомобиля, совершающего левый поворот с минимальным радиусом и на небольшой скорости. На рис. 14.11 показана схема разрыва в раздельной полосе, позволяющая разворот расчетного автомобиля типа WB-40 с полуприцепом. Однако, как показано пунктирной линией, такая конструкция разрыва также позволяет пропускать расчетный автомобиль типа WB-50 (с небольшим заездом на соседнюю полосу). Пересечение показано под прямыми углами. Если дороги пересекаются под другими углами, длина разрыва в раздельной полосе возрастет с увеличением угла пересечения.

Канализирование движения. Канализирование движения включает использование направляющих островков на пересечениях, которые позволяют водителям лучше определять траектории и скорости движения других автомобилей,

Применение канализирования движения связано с соблюдением следующих правил.

1. Разделительные островки следует устраивать таким образом, чтобы траектория движения автомобилей была бы естественной и удобной.

2. Для движения через пересечение в одном уровне следует использовать только одну полосу.

3. Несколько хорошо расположенных больших разделительных островков — лучше большего количества маленьких островков.

4. Раздельные островки должны отстоять на 0,6 м и далее от края проезжей части.

5. Для водителей необходима своевременная информация о конце подъездного пути и для постепенного и плавного изменения траектории и скорости движения.

6. Криволинейные участки проезжих частей дороги должны иметь радиусы и ширину, достаточные для движения расчетного автомобиля.

7. Водителям, приближающимся к перекрестку, следует обеспечить достаточную видимость. Не должно быть скрытых препятствий, а разделительные островки должны хорошо просматриваться. Во многих случаях необходимо освещение в зависимости от типа бордюрного камня, используемого для оконтуривания островка.

Островки канализирования движения могут быть поперечного, «предупреждающего» или барьерного типов. Выбор типа бордюрного камня часто является компромиссом между опасностью, связанной с наездом на барьеры, и важностью корректировки трассы и скоростей движения автомобилей. Сами островки могут иметь покрытие или быть оформлены в виде газона с низкой растительностью. Такие островки предназначены для пешеходов. Небольшие по площади или узкие разделительные островки должны иметь дорожное покрытие. Рекомендуется устраивать временные островки на испытательный период дороги до установки постоянных.

Расстояние видимости и вертикальный профиль. Ранее рассматривались критерии, определяющие минимальное значение расстояния

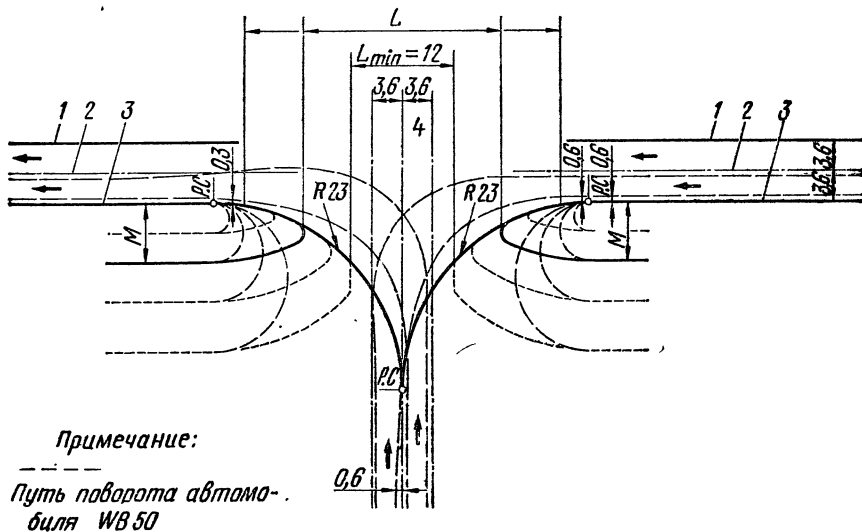


Рис. 14.11. Схема разрывов в разделительной полосе, обеспечивающих повороты для автомобилей типа WB-40 (радиус поворота 23 м; размеры даны в футах):

1 — край дорожного полотна; 2 — полоса движения; 3 — край разделительной полосы; 4 — главная дорога

видимости на пересечениях. Желательно использовать большие значения расстояний видимости. Вертикальный профиль автомобильной дороги в зоне пересечения должен быть по возможности ровным; максимальный подъем на любом подходе к пересечению должен составлять около 5%.

Пересечения для мопедов и велосипедов. Проезд мопедов под автомобильной дорогой более желателен, чем над ней, так как требования к вертикальному габариту ниже. Кроме того, водитель мопеда может развить достаточную скорость на спуске, облегчающую дальнейший подъем. В большинстве случаев стоимость устройства дорожки для мопедов ниже стоимости строительства автомобильной дороги, но требования к безопасности дорожного движения и устройства дренажной системы не позволяют соорудить отдельно мопедную дорожку. Возможно также устройство мопедной дорожки над автомобильной дорогой, но ограниченная полоса отвода дороги часто вынуждает сооружать слишком крутые съезды.

Разделения мопедных дорожек в разных уровнях следует предусматривать в тех случаях, когда интенсивные потоки мопедов должны пересекать автомагистраль с высокой интенсивностью дорожного движения. Желательно также разделение продольных профилей, так как интенсивные потоки мопедов должны пересекать дороги с интенсивным движением и большой поток мопедов может нарушить движение автомобилей или пешеходов.

На неканализованных пересечениях в одном уровне водитель мопеда (велосипедист) может ехать различными путями, пересекая или поворачивая на пересечении, увеличивая тем самым потенциальную опасность возникновения конфликтов между водителями мопедов с велосипедистами и пешеходами. Поэтому, если

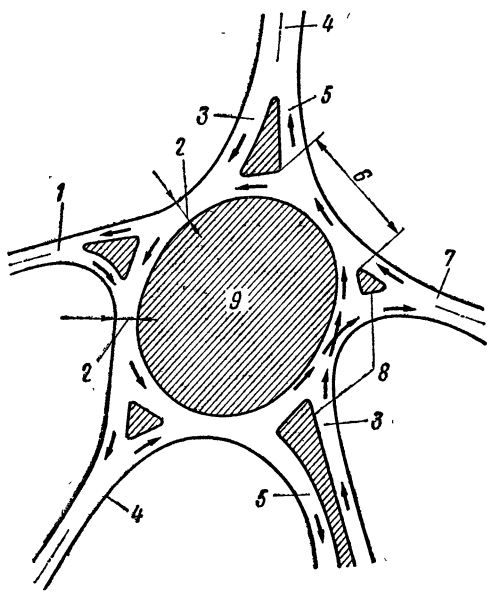


Рис. 14.12. Элементы кольцевого пересечения:

1 и 4 — подходы к пересечению; 2 — ширина проезжей части на пересечении; 3 — въезд; 4 — выезд; 5 — длина участка между направляющими островками; 6 — направляющие островки; 7 — пересечение; 8 — направляющие островки; 9 — центральный островок

мопедные дорожки подходят к пересечениям в одном уровне, интенсивность потоков автомобилей и мопедов (велосипедов) мала, скорости автомобилей небольшие и лишь небольшой процент автомобилей делает поворот на проектом профиле мопедной дорожки, то следует рассмотреть возможность канализирования движения мопедов (велосипедов) на пересечении. Для уменьшения опасности взаимных наездов мопедные или велосипедные дорожки смещают относительно пересечения на 5—10 м (опыт ФРГ и Голландии). Такое смещение для водителей автомобилей и велосипедистов увеличивает расстояние видимости и допускает образование очереди автомобилей на пересекаемой дороге таким образом, чтобы движение автомобилей по главной дороге не было заблокировано. При пересечении мопедной или велосипедной дорожкой разделительного островка последний должен быть шириной не менее 3 м и дорожки должны быть выкрашены в разные цвета.

Учет требований безопасности к транспорту общего пользования. Учет этих требований осуществляется при проектировании автомобильной дороги. Они сводятся к определению расстояния между

остановками и их местоположением, разработке проекта автобусной остановки и, решению вопроса резервирования полос для транспорта общего пользования, разработке схем по регулированию дорожного движения.

Общее местоположение автобусных остановок во многом определяется местами скопления постоянных пассажиров и пересекающимися автобусными маршрутами. При выборе мест расположения остановочных пунктов учитывают удобство для пассажиров, а также место их работы. Постоянных критериев для выбора остановок нет.

Помехи, создаваемые автобусами для движения других транспортных средств, можно существенно уменьшить, предусмотрев автобусные остановки на дополнительной полосе, не связанной с полосами транзитного движения.

Дополнительные полосы состоят из следующих элементов: полосы замедления; полосы для стоянки определенного количества автобусов; полосы ускорения.

Полоса замедления имеет соотношение сторон 5 : 1. Полоса для остановки должна иметь длину из расчета примерно 12 м на один автобус и ширину 3—3,6 м, а полоса ускорения — минимальное отношение сторон 3 : 1. Общая длина дополнительной полосы составляет примерно 54 м.

Пересечения кольцевого типа в одном уровне не очень подходят для скоростного движения и при большой интенсивности движения на подъездных дорогах.

Кольцевые пересечения используются на ровных участках дороги с достаточной шириной полосы отвода при условии, если интенсивность дорожного движения на всех подъездах к пересечению приблизительно одинакова и в целом не превышает 3000 авт/ч.

Если интенсивность движения превышает пропускную способность кольцевого пересечения, необходимо в проекте предусмотреть светофорное регулирование. В этом случае обычное пересечение дорог в одном уровне предпочтительней других типов пересечений.

Выбор между кольцевым и обычным пересечениями в одном уровне зависит от предполагаемой интенсивности движения в будущем. На рис. 14.12 показаны типовые элементы кольцевого пересечения.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

Автомобильной дорогой высшего типа является автомагистраль с запрещенными въездами. К главным элементам автомагистрали относятся разделительные полосы, пересечения в разных уровнях и съезды (рампы).

Типы автомагистралей. Городские автомагистрали можно сооружать в одном уровне с окружающими участками, с понижениями или возвышениями или в сочетании этих типов

Загородные автомагистрали обычно сооружаются в одном уровне с окружающими участками.

Профилирование. Профиль автомагистрали должен обеспечить движение транспортных потоков высокой интенсивности с высокой скоростью. Кроме того, следует выбрать такой профиль, который оказывает наименьшее влияние на ландшафт.

В холмистой местности (загородные районы) профилирование осуществляют, используя разделения проезжей части дороги для каждого направления движения, согласованное со схемами регулирования. Естественный изгиб разделения дорог дает ровный профиль без заметных искажений. Благодаря тому, что автомагистраль состоит из двух разделенных друг от друга дорог, можно использовать независимую конструкцию дороги и разделительную полосу переменной ширины для создания в будущем первоклассной дороги при низкой стоимости строительства.

Сглаженные плавные профили каждой дороги с односторонним движением следует взять за основу при проектировании автомобильной дороги с разделенными проезжими частями.

Поперечный профиль. На рис. 14.13 показан типичный поперечный профиль загородной автомагистрали, а на рис. 14.14, 14.15 и 14.16 показаны типичные

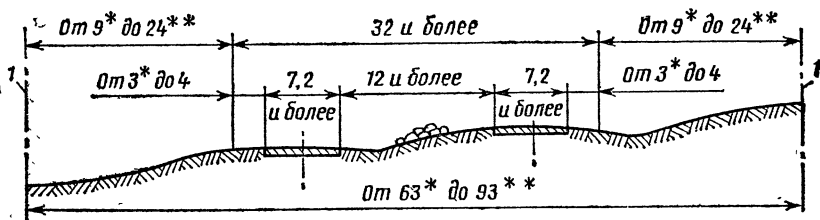


Рис. 14.13. Поперечные профили и ширина полос отвода для загородной автомагистрали (размеры даны в метрах):
 1 — полоса отвода (звездочками показано: * полезная ширина обочины, ** желательная ширина обочины)

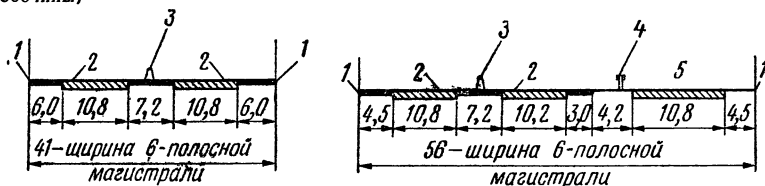


Рис. 14.14. Поперечные профили и полоса отвода на автомагистралях, проложенных на одном уровне с окружающей местностью (ограниченные профили):
 1 — полоса отвода; 2 — полоса транзитного движения; 3 — ограждение на разделительной полосе; 4 — ограждение с блестящей поверхностью; 5 — боковая дорога.
 Размеры в метрах даны для шестиполосной автомагистрали, для автомагистрали с другим числом полос используются те же размеры, за исключением ширины для транзитной полосы

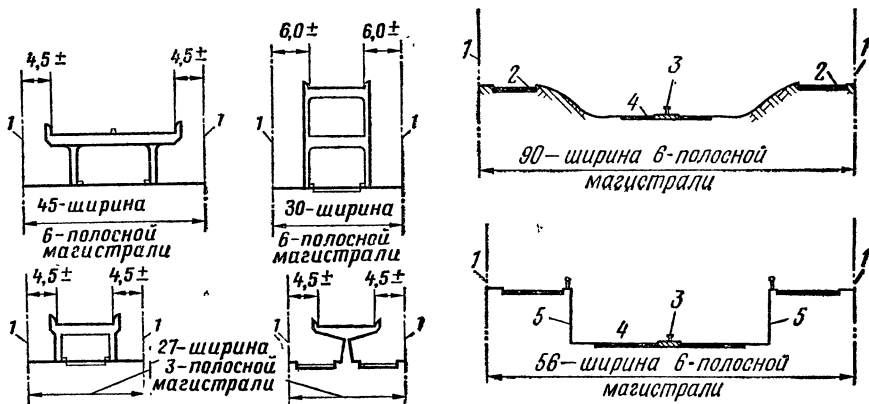


Рис. 14.15. Поперечные профили и полоса отвода автомагистрали-эстакады (размеры даны в метрах):
 1 — полоса отвода.

Размеры даны для шестиполосных автомагистралей: для автомагистралей с другим числом полос используются те же размеры, за исключением ширины полосы транзитного движения

Рис. 14.16. Поперечные профили и полоса отвода для автомагистрали в выемке (участки со стенками не имеют рампы):

1 — полоса отвода; 2 — боковая дорога; 3 — ограждение; 4 — транзитные полосы; 5 — стенка. Размеры в метрах даны для шестиполосных автомагистралей; для других дорог используются те же размеры, за исключением ширины транзитной полосы

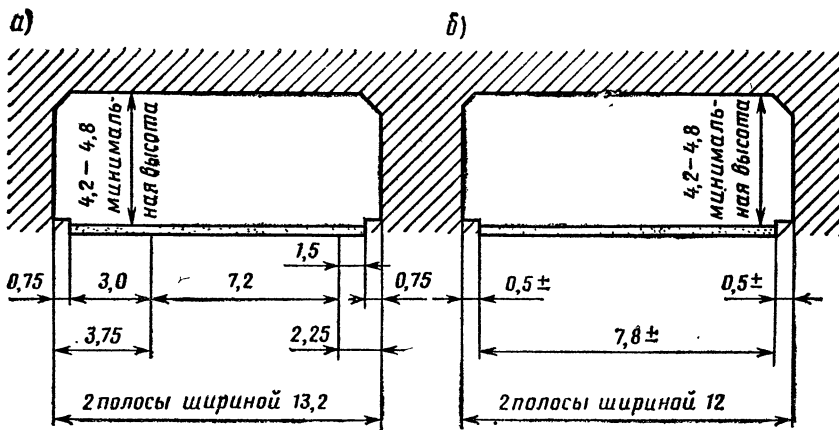


Рис. 14.17. Типичный профиль дороги в туннеле:

а — предпочтительный вариант; б — минимальный вариант. Размеры в метрах даны для четырехполосной автомагистрали; для дорог с другим числом полос используются те же размеры, за исключением ширины полосы транзитного движения

поперечные профили городских автомагистралей соответственно в одном уровне, на возвышении и в выемке. На рис. 14.17 показан поперечный профиль автомагистрали в туннеле.

Желательно, чтобы загородные автомагистрали, а там, где это возможно, и городские имели безопасную зону у наружного края обочины. Эта зона должна быть не менее 6 м и не содержать препятствий, которые могут серьезно повредить автомобиль, потерявший управление. К таким препятствиям относятся большие деревья (диаметром более 10 см), скалы, опоры для знаков и светильников. Канавы в этой зоне должны иметь закругления, а крутизна откосов должна выражаться отношением сторон 4 : 1 или менее. В том случае, если нет возможности убрать препятствия или сделать такие пологие откосы, следует предусмотреть соответствующее ограждение.

Ограждения или другие барьеры следует также предусмотреть на разделительных полосах шириной менее 9 м, а также вдоль пилонов и колонн на разделительной полосе и снаружи, где они должны быть установлены на расстоянии примерно 6 м от края полосы движения.

Пересечение в разных уровнях представляет собой пересечение двух автомобильных дорог, либо автомобильной и железной дороги, либо пешеходной дорожки и автомобильной дороги в разных уровнях. Туннельное пересечение представляет собой дорогу, проходящую под пересекающей улицей, железной дорогой, велосипедной или пешеходной дорожкой. Путепровод — это дорога, проложенная над пересекающей улицей, железной дорогой или пешеходной дорожкой. Конструкция автомагистрали в туннельном варианте определяется исходя из нагрузки, фундамента и общих требований к данному месту в каждом конкретном случае. Ширина проезжей части и обочин для мостов, кроме пересечений в одном уровне, практически такая же, как для путепроводов, за исключением конструкций с большими пролетами.

Минимальные габаритные размеры в туннельных пересечениях от края дорожных полос до пилонов, устоев или колонн желательно делать такими же, как габаритные размеры до препятствий на остальной части автомобильной дороги, обычно в 9 м от края дорожной полосы. Когда этого сделать нельзя, минимальными габаритными размерами должны быть ширина обычной обочины плюс пространство для размещения защитных устройств между краем обочины и препятствием. Минимальная габаритная высота в туннелях (в городах) может достигать

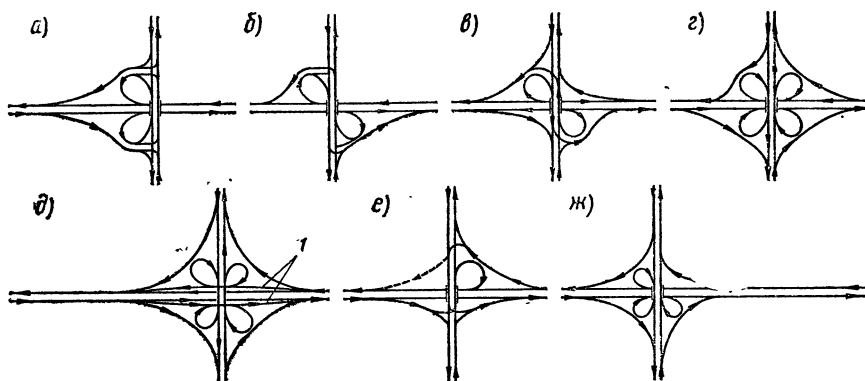


Рис. 14.18. Схемы пересечений в разных уровнях типа «клеверный лист»: 1 — коллекторно-распределительные дороги

4,35 м, но желательно, чтобы она составляла 4,8 м. В загородных районах минимальная габаритная высота равна 4,8 м.

Ширина путепровода должна быть больше ширины подъездной дороги (включая обочины). Если разделительная полоса не шире 9 м, желательно по условиям безопасности движения устраивать общую разделительную полосу, а не делать отдельные путепроводы для каждой дороги в одном определенном направлении.

Разделения пешеходной и велосипедной дорожек должны быть не уже 2,4 м. В том случае, когда они проектируются над автомагистралью, габаритная высота должна составлять 4,8 м; если же их проектируют под автомагистралью, их габаритная высота должна быть 3 м.

В практике дорожного строительства чаще всего используются пересечения в разных уровнях следующих типов:

«клеверный лист» — пересечение двух дорог с рампами для части или всех левых поворотов. Полный клеверный лист имеет рампы для двух поворотов в каждом квадрате. Типичные схемы пересечения типа «клеверный лист» показаны на рис. 14.18;

ромб — пересечение двух дорог с одним однополосным съездом в каждом квадрате. Все левые повороты разрешены непосредственно на второстепенную дорогу. На рис. 14.19 показаны правильный ромб (а), ромб со «скользящими» рампами на боковую дорогу (б) и «расщепленный ромб» (в);

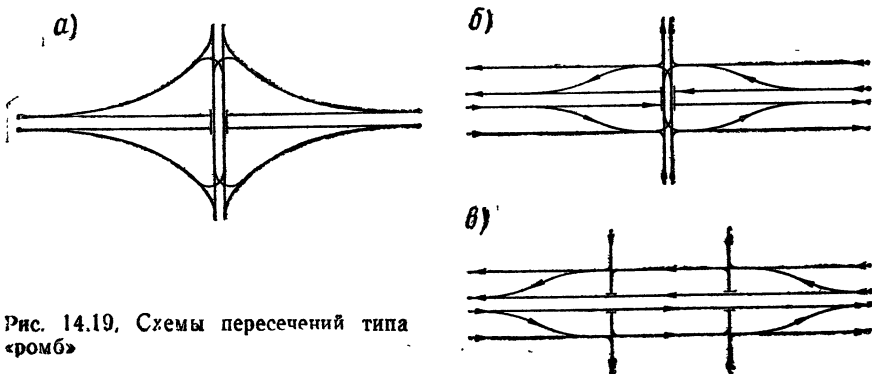


Рис. 14.19. Схемы пересечений типа «ромб»

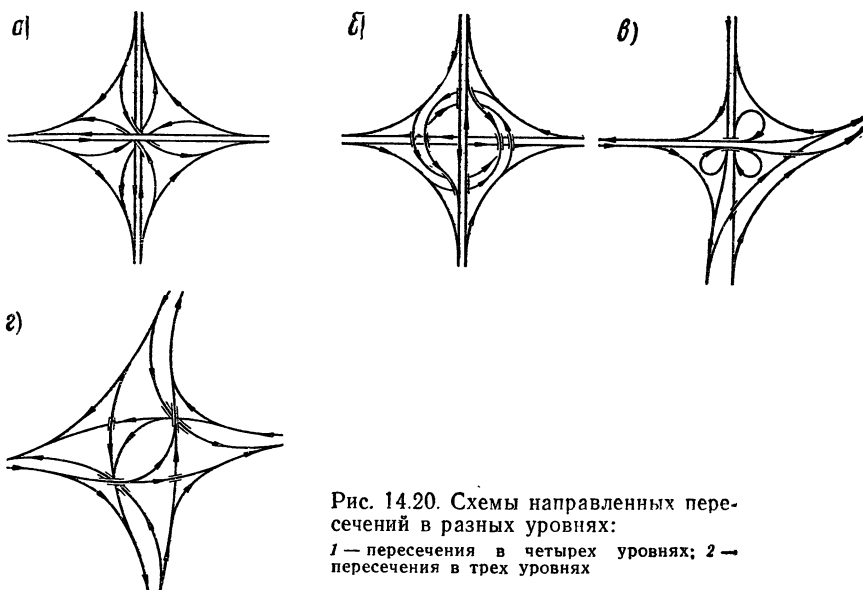


Рис. 14.20. Схемы направленных пересечений в разных уровнях:
1 — пересечения в четырех уровнях; 2 — пересечения в трех уровнях

направленный тип — пересечение в нескольких уровнях с прямыми или полупрямыми соединениями с главными левоповоротными потоками. На рис. 14.20 показано четыре наиболее распространенных типа: на рис. 14.20, а, б, г показаны полные направленные схемы, на рис. 14.20, в показана частично направленная схема с тремя рампами.

Для примыканий наиболее часто используют пересечения в разных уровнях типа «Т», «У» или «труба». На рис. 14.21, а и б показаны примеры пересечений типа «труба»; на рис. 14.21, в и 14.21, г, д показаны У-образные пересечения, а на рисунках 14.21, е и з — Т-образные пересечения.

Проекты пересечений могут значительно отличаться друг от друга физическими условиями (топографией и культурой), схемами дорожного движения и типами пересекающихся автомобильных дорог. Для одного маршрута или участка дороги необходимо использовать по возможности меньшее число типов пересечений.

Независимо от типа, местоположение съезда с главной дороги, схема и общий вид должны сочетаться. За исключением особых случаев, следует проектировать полные пересечения; частичные дополнения в виде рампы обычно сбивают с толку водителей и часто неэффективно работают.

Интервал между пересечениями. Пересечения следует располагать так, чтобы эффективно пропускать и принимать местное дорожное движение. Обычно требуется интервал между главными магистральными дорогами, который может быть длиной от одного до нескольких километров. Должно быть обеспечено правильное распределение потоков автомобилей по сети автомобильных дорог. Дорожное движение на пересечении может быть сконцентрировано на одной или нескольких главных дорогах с такой интенсивностью, что в результате произойдет серьезное нарушение движения как на дорогах местного значения, так и на автомагистралях.

Для обеспечения оптимальных параметров движения транспортных средств по автомагистралям с необходимыми интервалами для пересечения потоков и правильным расположением дорожных знаков, среднее расстояние между пересечениями в городах должно быть не менее 3,2 км, в пригородных районах — не менее 6,4 км, а в загородных районах — не менее 12,8 км. Однако отдельные расстояния между соседними пересечениями могут значительно отличаться. В городских и загородных районах минимальное расстояние между соседними пересечениями желательно делать не более 1,6 км, но не менее 0,8 км. В загород-

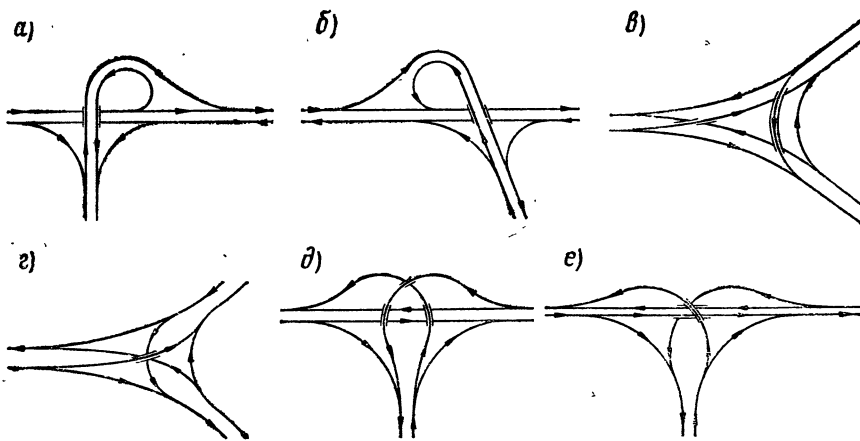


Рис. 14.21. Схемы пересечений в разных уровнях для примыканий

ных районах пересечения должны отстоять друг от друга на расстояние не менее 4,8 км.

Рампы. Термин «рампа» относится ко всем типам, устройствам и размерам поворотных дорог, соединяющих два или несколько подходов к пересечению. К элементам ramпы относятся терминалы на каждом подходе и центральный съезд. Рампы на пересечениях можно классифицировать по типам, показанным на рис. 14.22.

Каждая ramпа обычно представляет собой однополосную дорогу. Показанная на рис. 14.22, а в виде непрерывной кривой диагональная ramпа может быть по форме скорее касательной или «рыбьей костью» в зависимости от угла пересечения дорог. Ромбовидный тип пересечения обычно имеет четыре диагональных ramпы. Левый поворот по петлевой дороге (рис. 14.22, б) совершается без пересечения в одном уровне потока транспортных средств, движущегося в противоположном направлении. Вместо этого водители, совершающие левый поворот, заезжают за разделительную полосу дороги, отклоняясь вправо, и поворачивают под углом примерно 270°, встречаясь с другой дорогой. При полупрямом съезде (рис. 14.22, в) водители выполняют вначале левый поворот, отклоняясь в сторону от выбранного направления, постепенно меняют направление на обратное, затем едут по петле и въезжают на другую дорогу с правой стороны (маршрут показан сплошными линиями). На другом полупрямом съезде (см. рис. 14.22, г) водители выезжают слева, совершают путь по петле влево, затем едут в обратном направлении, въезжая на дорогу справа (показано пунктиром). Такой поворот менее удобен, так как ramпа — левосторонняя. При прямом съезде с левоповоротным движением (рис. 14.22, д) водители выезжают налево, поворачивают влево и въезжают на дорогу с левой стороны. Диагональные и правоповоротные съезды являются прямыми съездами для правоповоротных потоков.

Каждый тип ramпы может быть разной формы в соответствии со схемой дорожного движения, его интенсивностью, расчетной скоростью, топографией, углом пересечения и типом терминала ramпы. Несколько форм можно использовать для петлевого и правоповоротных съездов с пересечения «клеверный лист», как показано на рис. 14.23, а и б. Петля, за исключением ее терминалов, может быть другой или иметь другую симметричную или почти симметричную форму, как показано группой пунктирных линий на рис. 14.23, а. Ее форма может быть асимметричной, а также представлять собой сочетание любых двух пунктирных линий на противоположных сторонах центральной общей точки на диаграмме.

Предпочтительной формой правоповоротного съезда является непрерывная кривая, показанная на рис. 14.23, б. Однако такая схема может включать сомнительно большую полосу отвода. Другая предпочтительная форма съезда имеет центральную касательную и терминальную кривые (см. линии на рис. 14.23, в).

я *в*). Существует большой выбор углов и профилей, правоповоротного съезда. В том случае, если петля имеет большее преимущество, чем правоповоротный съезд, обратный профиль правоповоротного съезда можно использовать для сокращения площади полосы отвода, как показано на рис. 14.23, *г*. Можно также использовать любое сочетание линий (см. рис. 14.23, *б*, *в* и *г*).

Рампы, образующие ромбовидное пересечение, могут быть разных форм в зависимости от схемы поворота движения и пределов полосы отвода. Как показано на рис. 14.23, *в* сплошными линиями, рампа может быть диагональной касательной к соединительным кривым. Чтобы облегчить правоповоротное движение, рампа может иметь непрерывный поворот по кривой вправо со съездом влево для левых поворотов.

На ограниченной полосе отвода вдоль главной автомобильной дороги могут потребоваться обратные профили (с частью рампы, проходящей параллельно транзитной дороге), как показано короткой пунктирной линией.

Ромбовидные рампы, называемые иногда скользящими рампами или разрывами в соединительной полосе, показаны пунктиром на рис. 14.23, *в* и могут также соединяться с параллельными боковыми дорогами. Когда применен любой из этих типов, для обеспечения безопасности движения необходимо устройство односторонних боковых дорог. Поперечные съезды на двухполосные боковые дороги дают возможность въезда на автомагистраль по неправильной полосе и требуют интенсивного канализирования для предотвращения такого въезда, а также для обеспечения бесперебойного движения транспортных средств, съезжающих с автомагистрали.

На форму полунаправленного съезда (рис. 14.23, *г*) могут влиять протяженность бокового разделения односторонней транзитной проезжей части, местоположение терминалов относительно путепроводов и размеры расширений или сужений проезжей части.

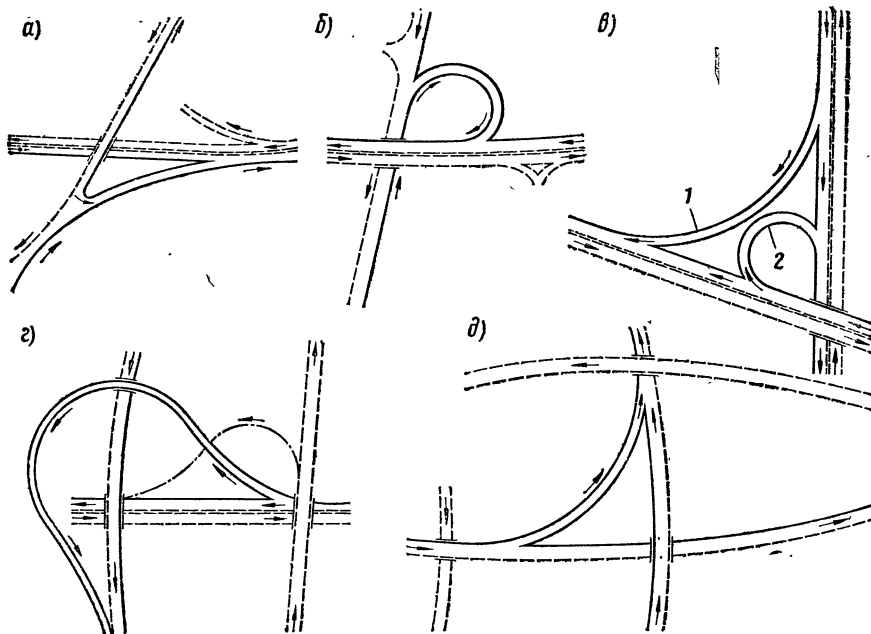


Рис. 14.22. Типы рампы на пересечениях:

а — диагональная; *б* — петлевая; *в* — клеверный лист — однопольный; *г* — полупрямой съезд (ручка кувшина); *д* — прямой съезд;
1 — правоповоротный съезд; *2* — петля

Радиусы кривых, необходимые для сохранения требуемой скорости для левоповоротного движения, иногда определяют требуемое боковое разделение транзитной дороги. Если полунправленный съезд выходит справа и вливается с правой стороны (показан пунктирной линией на рис. 14.23, *г*), транзитные полосы могут близко подходить друг к другу. То же самое относится к съездам с пересечения в разных уровнях (рис. 14.23, *д*).

Редко удается устроить ramпы, по которым поворачивающие транспортные средства могут двигаться с теми же скоростями, что и на основных дорогах. Тем не менее не должно быть большой разницы в скорости движения по ramпе. В табл. 14.15 приведены минимальные и рекомендуемые величины расчетной скорости движения по ramпе и расчетной скорости движения по автомобильной дороге.

Съезды с пересечения в разных уровнях следует рассчитывать, как минимум для рекомендуемой расчетной скорости. С другой стороны, расчетная скорость на петлях обычно должна быть близка к минимальной.

Минимальные расстояния видимости для безопасной остановки, суммированные в табл. 14.4, применяются непосредственно в отношении ramпы. Большие расстояния видимости следует предусматривать там, где это возможно. В табл. 14.8 показаны величины K для определения длин вертикальных кривых относительно алгебраической разности на подъеме, а на рис. 14.4 показаны необходимые боковые зазоры до объектов относительно радиусов горизонтальных кривых. Эти величины K основаны на минимальных рекомендуемых пределах видимости и применяются при проектировании ramп. Обычно желательно использовать масштабные чертежи вместо этих цифр для проверки расстояний видимости на вертикальных и горизонтальных кривых.

Продольный уклон ramп должен быть по возможности небольшим для того, чтобы свести до минимума усилие на вожжение при маневре с одной стороны на

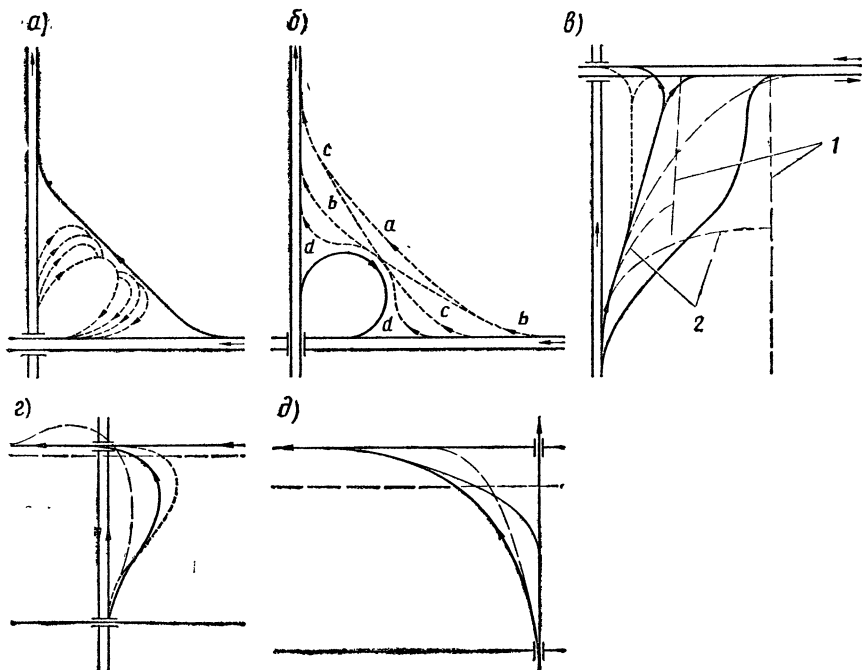


Рис. 14.23. Формы ramп:

1 — боковые дороги; 2 — «скользящие» ramпы или разрывы в соединительной полосе

Расчетная скорость движения по рампе и автомобильной дороге

Скорость и радиус	Расчетная скорость движения по автомобильной дороге, км/ч							
	48	64	80	97	105	113	121	129
Расчетная скорость движения по рампе, км/ч:								
рекомендуемая	40	56	72	80	89	97	97	105
минимальная	24	32	40	48	48	48	56	64
Минимальный радиус, м:								
рекомендуемый	46	91	168	210	256	316	316	383
минимальный	15	27	46	70	70	70	91	131

другую. Максимальные значения подъемов, указанные в табл. 14.8 для автомобильных дорог, кроме автомагистралей, и различные расчетные скорости вообще применимы к рампам, но точное соотношение установлено не было.

В табл. 14.16 указаны величины расчетной ширины проезжей части рампы. Желательно на высоких рампах сделать обочину шириной от 2,4 до 3 м справа и 1,8 м слева по всей длине рампы. Как минимум следует сделать обочину шириной 1,8 м справа и 1,2 слева. Бордюрную полосу можно предусмотреть по краю самой рампы или с внешней стороны обочины. Если бордюрная полоса предусмотрена внутри обочины, она должна быть сборного типа.

Поперечный уклон на рампах должен быть таким же, как на автомобильных дорогах (см. табл. 14.10), а виражи на рампах такими же, как на автомобильных дорогах (величины указаны в табл. 14.10 для максимального значения $e=0,08$). Следует предусмотреть более высокие максимальные степени виража. Общее направление поперечного уклона на рампе предусматривается как на тангенсной кривой, так и на виражах.

Терминалом рампы является участок, примыкающий к проезжей части дороги, включая полосы замедления и ускорения, передний и задний торцы разделительного островка и сам островок. Рампы могут быть расположены на пересечениях в одном уровне как на ромбовидных пересечениях или пересечениях типа «частичный клеверный лист» или быть направленными, где движение сливается или расходитсся из потока транзитного движения под небольшими углами.

Полосы замедления или ускорения могут быть типа прямолинейного сужения или параллельного типа. Наиболее широко используется прямолинейное сужение. На рис. 14.24, а показано прямолинейное сужение или прямой тип полосы замедления.

У полос замедления этого типа торцевой край резко отходит от края транзитной полосы под углом 3—5°. Усечение для полос ускорения более узкое, как показано на рис. 14.24, б. Схождение проектируют в отношении от 50:1 до 70:1 между наружным краем полосы ускорения и полосой автостряды, что обеспечивает достаточную длину полосы ускорения и соответствующий путь для въезжающего автомобиля. Как показано на рис. 14.24, а, торец островка безопасности перед полосой замедления должен быть смещен с транзитных полос на расстояние не менее 3,6 м, а клинообразный участок между транзитной полосой и рампой должен иметь покрытие. Участок с перекрытием должен быть усечен от торца к краю полосы вниз по потоку. Торце должен быть также смещен с проезжей части рампы на расстояние, равное ширине обочины рампы.

На рис. 14.24, б показан въезд. Вблизи точки слияния дорожное полотно въезда должно быть направлено почти параллельно дороге. Торце должен быть смещен на всю ширину обочины от края транзитной полосы и на ширину левой обочины от края рампы.

Конструкция двухполосных съездов и въездов аналогична конструкциям однополосных въездов и съездов, за исключением дополнительной ширины и длины полос для изменения скоростей.

Расстояние между последовательными терминалами рам п. Городские автомагистрали, обслуживающие большие потоки движения вдоль маршрута, могут иметь терминалы рам, расположенные близко друг от друга. Чтобы обеспечить достаточную длину для маневров и достаточное пространство для размещения необходимых дорожных знаков, между последовательными терминалами должно быть предусмотрено достаточное расстояние. Минимальные расстояния для удовлетворительного функционирования автомагистрали равны 300 м между последовательными съездами на автомагистраль и 240 м между съездом на автомагистраль и съездом на коллекторно-распределительную дорогу или распределением в рампе.

Когда расстояние между въездом и съездом составляет менее 600 м, следует соединить полосы для изменения скорости. Если терминалы отстоят друг от друга дальше чем на 600 м, то в этом случае следует предусмотреть непрерывную полосу для перестроения в потоке (см. гл. 8).

Если за съездом с основной дороги следует въезд, то между терминалами должно быть расстояние 150 м, для того чтобы водители не встречались со сходящимися автомобилями сразу же после проезда мимо зоны съезда.

Ограничение въезда. Въезд следует ограничивать на всех участках пересечений так же, как на автомобильной дороге между пересечениями. В случае если автомагистраль пересекается с другими дорогами, не имеющими ограничения въезда, желательно расширить зону ограничения въезда по крайней мере на 30 м вдоль главной дороги за терминалом (въездом) в городские районы и не менее чем на 90 м в загородных районах.

Полосы движения для общественного транспорта. Выделение полос движения на автомагистралях в крупных городах исключительно для общественного транспорта позволяет значительно повысить эффективность их работы. С этой же целью для организации движения рельсового транспорта в ряде случаев используют разделительные полосы.

Многие городские районы имеют линии экспресс-автобусов, проходящие по автомагистралям. Почти все эти автобусные линии не имеют остановок от пригородных пунктов посадки до центрального делового района города. На других

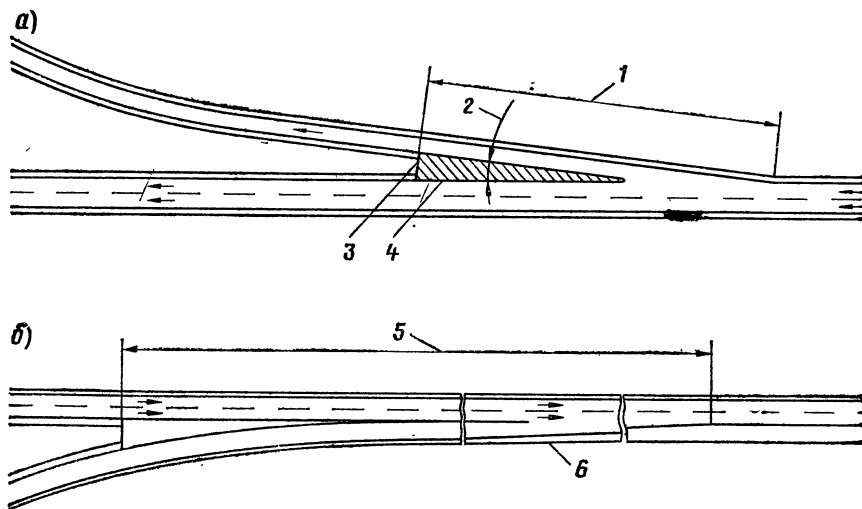


Рис. 14.24. Схема однополосных выездов и въездов суженного типа*

1 — минимальная длина 120 м; 2 — угол расхождения 3—5°; 3 — торец рампы; 4 — поперечные линии (необязательные); 5 — переменная длина; 6 — схождение 1:50

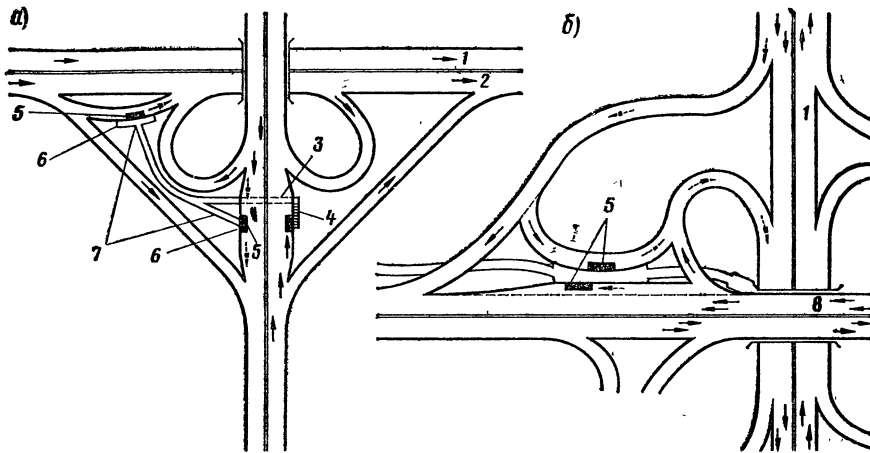


Рис. 14.25. Расположение автобусных остановок на пересечениях типа «клеверный лист»:

a — автобусная остановка на уровне автомагистрали; *б* — автобусная остановка на уровне улицы;
1 — транзитная полоса; *2* — коллекторно-распределительная дорога; *3* — подземный пешеходный переход; *4* — рампа или лестницы; *5* — автобусная остановка; *6* — платформа; *7* — пешеходная дорожка; *8* — главная улица

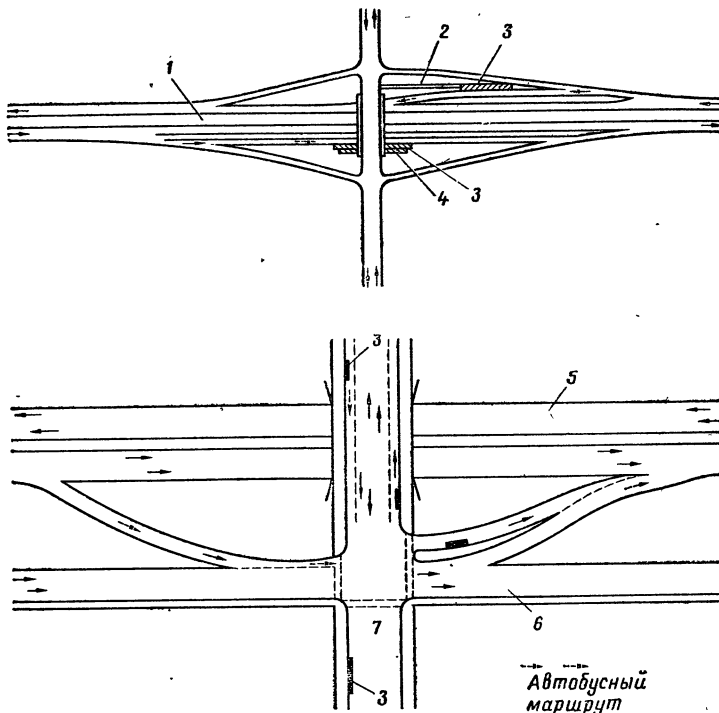


Рис. 14.26. Расположение автобусных остановок на пересечениях типа «ромб»:
1 — автострада; *2* — пешеходная дорожка; *3* — автобусная остановка; *4* — лестницы; *5* — транзитные полосы; *6* — боковая дорога; *7* — главная улица

Расчетная ширина проезжей части рампы, м

Радиус внутреннего кряя проезжей части, R, м	Случай I			Случай II			Случай III		
	Однополосная дорога с движением в одном направлении. Обгон не предусмотрен			Однополосная дорога с движением в одном направлении. Возмо- жна остановка автомобиля			Двухполосная дорога односторонняя или двусторонняя		
	Расчетное условие дорожного движения								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,4	5,4	6,9	6,9	7,5	8,7	9,3	7,5	13
22	4,8	5,1	5,7	6,3	6,9	8,1	8,7	9,9	11
30	4,5	4,8	5,4	6,0	6,6	7,5	8,4	9,3	11
45	4,2	4,8	5,1	5,7	6,3	7,2	8,1	9,0	9,9
60	3,9	4,8	4,8	5,7	6,3	6,9	8,1	8,7	9,3
90	3,9	4,5	4,8	5,4	6,0	6,6	7,8	8,4	9,0
120	3,9	4,5	4,8	5,4	6,0	6,6	7,8	8,4	8,7
150	3,6	4,5	4,5	5,4	6,0	6,6	7,5	8,4	8,7
Тангенс кривой	3,6	4,5	4,5	5,1	6,0	6,3	7,5	8,1	8,1

Изменение ширины, учитывающее край рассматриваемой проезжей части, м

	Нет	Нет	Нет
Обочины	Нет	Нет	Нет
Сборный бордюр	»	»	»
Барьерный бордюр:			
с одной стороны	Прибавить 0,3 м	»	Прибавить 0,3 м
с двух сторон	» 0,6 »	Прибавить 0,3 м	» 0,6 »
Стабилизированная обочина с одной или двух сторон	Нет	Вычесть ширину обочинки; минимальная ширина проезжей части как в случае I	Вычесть 0,6 м, где обочина шириной более 1,2 м

Примечание:

- Условие движения А — в основном автомобили типа *P*, но иногда грузовики *SU*.
 То же В — достаточное число автомобилей *SU* для расчета, иногда учитываются полуприцепы.
 » С — достаточное число прицепов, автомобилей типов *WB-40* или *WB-50* для расчета.

линиях используются специальные автобусные остановки на пересечениях с улицами вдоль автомагистрали, где пассажиры пересаживаются с других линий или автомобилей. Автобусные остановки следует размещать на автомагистралях только в тех местах, где имеются благоприятные местные условия или где имеются полосы ускорения ровные или с уклоном. Автобусные остановки можно проектировать на уровне автомагистралей и в этом случае необходимо предусматривать лестницы, ramпы или эскалаторы для пассажиров; их можно также расположить на уровне улиц так, чтобы автобусы подъезжали по ramпам пересечения.

Остановочные пункты следует проектировать таким образом, чтобы замедление, остановка и ускорение осуществлялись без помех транзитному движению. Полосы для изменения скоростей движения должны быть достаточно длинными,

чтобы дать возможность автобусам выезжать и въезжать со скоростью, примерно равной средней скорости транспортного потока на дороге. Длина полос ускорения, начиная от остановочного пункта, должна быть намного больше обычных минимальных значений, так как автобусы начинают движение от остановки. Полосы замедления можно использовать нормальной длины. Полосы для изменения скорости, включая обочину, должны иметь ширину 6 м, чтобы была возможность объехать стоящий автобус. Разделительный участок между внешним краем обочины автомагистрали и краем автобусной полосы должен быть по возможности широким, желательнее 6 м и более, при абсолютном минимуме 1,2 м. Платформы для посадки пассажиров должны иметь ширину не менее 1,5 м (и желательнее от 1,8 до 3 м). На рис 14.25 и 14.26 показаны различные местоположения автобусных остановок на пересечениях типов «клеверный лист» и «ромб».

Рельсовый общественный транспорт можно пустить по каждой стороне разделительной полосы. Наиболее часто рельсовая линия прокладывается по разделительной полосе автомагистрали, имеющей выемку в одном уровне. В этом случае требуется разделительная полоса с минимальной шириной 19,2 м между двумя проезжими частями. Если станции расположены также на разделительной полосе, то ее минимальная ширина обычно равна 24 м.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГ И УЛИЦ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Действующие в США стандарты на проектирование дорог и улиц местного значения разработаны с учетом типа обслуживаемого района (загородный, торговый или промышленный), интенсивности дорожного движения, рельефа.

Проектирование поперечного профиля. Типичные поперечные сечения для загородных и городских дорог и улиц местного значения показаны на рис. 14.27.

В загородных районах обочина обычно входит в поперечный профиль. Желательно устроить бордюрную полосу для удержания автомобиля, потерявшего управление. Эта полоса должна иметь уклоны 4:1 или быть ровнее и не иметь

Таблица 14.17

Рекомендуемые данные для проездов в жилых кварталах

Элементы проезда	Городские проезды				Загородные проезды	
	с высокой интенсивностью пешеходного движения *1		все прочие виды *4		главные	второстепенные
	Главные	Второстепенные	Главные	Второстепенные		
Ширина, м*2:						
минимальная	3	3	3	3	3	3
максимальная	6	6	9	9	9	9
Радиус правоповоротного расширения, м*3:						
минимальный	1,5	1,5	1,5	1,5	3	3
максимальный	3	3	5	5	8	8
Угол*5, град.	75	60	45	45	45	45

*1 Как в центральном деловом районе или в общем квартале, имеющем аудитории, школы, библиотеки.

*2 Измерена по линии полосы отвода на внутреннем пределе радиуса бордюра или между радиусом и задней кромкой островка с бордюром и площадью не менее 4,65 м².

*3 Со стороны проезжей части, открытой для въезда или выезда правоповоротных автомобилей.

*4 Остальные городские улицы, включая соседние улицы в деловых, жилых и промышленных районах.

*5 Минимальный острый угол, измеренный от края проезжей части.

Рекомендуемые данные для проездов в промышленных районах*

Элементы проезда	Городские проезды				Загородные проезды	
	с высокой интенсивностью пешеходного движения		Все прочие виды			
	Главные	Второстепенные	Главные	Второстепенные	главные	второстепенные
Ширина, м:						
минимальная	6	6	8	8	11	11
максимальная	11	11	12	12	12	12
Правоповоротный $\frac{1}{2}$ радиус расширения, м:						
минимальный	3	5	5	5	8	8
максимальный	5	6	8	8	15	15
Угол, град	75	60	45	45	45	45

* Допущения те же, что и у табл. 14.17.

препятствий. В городских районах можно устраивать участки с обочинами, но чаще плоскую бордюрную полосу (или бордюр и кювет) включать в поперечный профиль на краю наружной полосы стоянки. Бордюр должен иметь вертикальную или криволинейную поверхность и высоту не более 16 см. Кювет обычно имеет ширину 0,3—0,6 м и может быть отделен от бордюра или сделан заодно с ним.

Вдоль улиц следует предусмотреть дорожки (аллеи) для подхода пешеходов к школам, паркам, магазинам и остановкам общественного транспорта. Минимальная ширина дорожки равна 1,2 м, а в торговых районах ширина должна достигать 2,4 м и больше. Дорожки можно сделать рядом с бордюрной полосой, но желательно делать их на расстоянии как минимум 1,5 м, а лучше — от 3,6 до 4,5 м от края бордюра. Если условия позволяют, границы следует делать как можно шире.

Требования к проектам второстепенных улиц. Главной задачей проектирования второстепенных улиц является обеспечение максимума удобства для жителей. Удобства для водителей имеют второстепенное значение. Профиль улицы должен соответствовать достаточно точно топографическим усло-

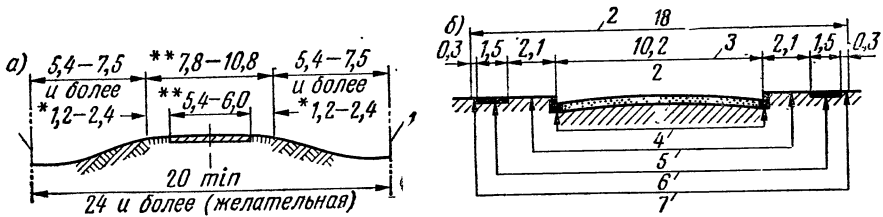


Рис. 14.27. Типичное поперечное сечение дорог и улиц местного значения (размеры даны в метрах):

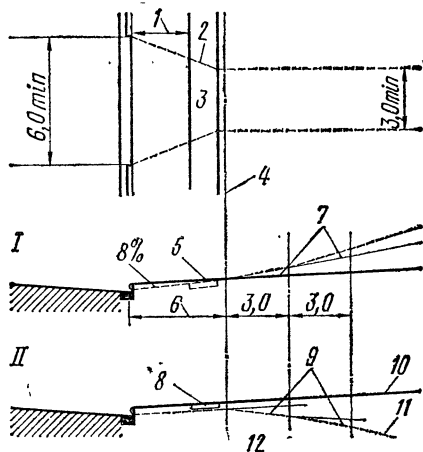
а — загородная дорога; б — городская дорога;

1 — полоса отвода; 2 — ширина полосы отвода; 3 — ширина дорожного полотна; 4 — вертикальные бордюры; 5 — тротуар; 6 — границная зона; 7 — предел смещения тротуара от полосы отвода

(звездочками показано: * полезная ширина обочины, ** для дорог с небольшой интенсивностью движения)

Рис. 14.28. Элементы проезда в жилом квартале (размеры даны в метрах):

- 1 — бордюрная полоса; 2 — расширение шириной 1,5 м (показано на схеме) или радиусом 1,5 м; 3 — дорожка; 4 — линия полосы отвода;
 I — вогнутая кривая проезжей части;
 5 — наклон дорожки не превышает 1 см на 1 м с узкой граничной зоной (до 1,5 м); 6 — переменная ширина; 7 — угол отклонения, равный 12%;
 II — выпуклая кривая проезжей части;
 8 — бордюр шириной 15 см с каждой стороны проезда с понижением на дорожки; 9 — угол отрыва 8%; 10 — уклон для стоянки; 11 — дорога в подвальный гараж; 12 — выпуклая кривая проезжей части



виям, чтобы свести до минимума необходимость в устройстве выемок или насыпей и в то же самое время сдерживать поток транзитного движения.

Проезды. Данные табл. 14.17 характеризуют типичные проезды в жилых кварталах. На рис. 14.28 показан проект проезда вдоль улицы, застроенной жилыми домами. Проезды в промышленных районах обычно следует проектировать в соответствии с данными, приведенными в табл. 14.18.

ВЕЛОСИПЕДНЫЕ ДОРՈЖКИ

Рост числа велосипедистов привел к разработке стандартов для проектирования велосипедных дорожек трех классов.

Класс I. Полностью изолированная полоса отвода, предназначенная исключительно для пользования велосипедистами.

Класс II. Ограниченная полоса отвода, предназначенная для исключительно-го или почти исключительного пользования велосипедистами.

Класс III. Частичная полоса отвода, обозначенная дорожными знаками или линиями разметки на дорожном покрытии.

Нормы проектирования велосипедных дорожек включают размеры велосипеда и велосипедиста, расчетную скорость, пропускную способность, ширину дорожки уклон, радиус кривизны, покрытие дорожки и дренажные устройства.

Размеры велосипедиста и велосипеда. Средние размеры, м: велосипеда и велосипедиста, используемые в проектах европейскими странами, составляют:

Ширина руля	· · · · ·	0,6
Длина велосипеда	· · · · ·	1,75
Просвет между педалью и дорожкой	· · · · ·	0,15
Высота, занимаемая велосипедом с велосипедистом	· · · · ·	2,5

На скорость движения велосипедиста влияют многие факторы, в том числе тип велосипеда и передаточное число цепной передачи, уклон дорожки и ее поверхность, направление и величина ветра и сопротивление воздуха, физическое состояние велосипедиста. Хотя зарегистрированная скорость движения велосипедистов превышает 50 км/ч, тем не менее большинство велосипедистов движутся со скоростью около 16 км/ч. В расчетах минимальной ширины и радиусов кривизны велосипедных дорожек используется значение скорости 16 км/ч. В СССР принята более высокая расчетная скорость, равная 24 км/ч.

На расчетные скорости на подъемах влияют длина и крутизна подъема, а они, в свою очередь, влияют на расход энергии в зависимости от скорости и передаточного числа. На скорость на уклонах также влияют длина и угол наклона.

Таблица 14.19

Минимальная ширина велосипедных дорожек I и II классов в зависимости от числа полос движения велосипедов

Число полос одностороннего движения	Минимальная ширина, м	Ширина по норме ФРГ, м
1	1	1
2	1,6	2
3	2,6	3,3
4	3,6	4,7

Ширина, размещение и зазоры велосипедной дорожки. Минимальные величины ширины для велосипедных дорожек классов I и II показаны в табл. 14.19.

Велосипедные дорожки с двусторонним движением следует проектировать для городов как дорожки I класса.

Минимальное число полос, предусмотренных на велосипедных дорожках II класса, зависит от того, где расположена дорожка относительно других элементов поперечного профиля улицы.

Велосипедная дорожка II класса может быть объединена с пешеходной дорожкой (если велосипедная дорожка имеет разметку и соответствующие дорожные знаки) или пешеходная дорожка объединена с велосипедной дорожкой III класса при отсутствии разметки и знаков. Возможность объединения велоси-

педной дорожки с пешеходной находится в прямой зависимости от ширины пешеходной дорожки и в обратной зависимости от интенсивности движения пешеходов и велосипедистов.

Вообще комбинации пешеходной с велосипедной дорожек следует избегать, за исключением ограниченных мест с достаточной шириной пешеходных дорожек в жилых кварталах.

Можно также использовать проезжие части для организации велосипедного движения (дорожки II или III класса). Однако такое решение требует тщательной оценки факторов, определяющих возможность движения велосипедистов по проезжей части

К таким факторам относятся: плотность стоянки, скорость и интенсивность движения поворачивающих автомобилей и находящихся на проезжей части, состав транспортного потока и его скорость, расчетная интенсивность движения велосипедистов и некоторые другие.

Четыре варианта велосипедных дорожек II класса с одним направлением движения (которые по определению имеют исключительное или почти исключительное право проезда для велосипедистов) показаны в табл. 14.20. Следует заметить, что символическая преграда, например разделительная полоса, может быть легко нарушена произвольно или непроизвольно как велосипедистами, так и автомобилями. Физические преграды, например уступы, ограждения вдоль разделительной полосы, островки, ограды, служат для разметки края полосы отвода велосипедной дорожки и сводят до минимума наезды. Физические преграды рекомендуется сооружать на всех велосипедных дорожках, которые непосредственно примыкают к дорожным полосам.

В табл. 14.21 показаны различные схемы размещения велосипедных дорожек III класса с движением в одном направлении и автомобильных дорог, которые нашли ограниченное применение в городских районах.

Две полосы следует предусмотреть как рекомендуемый минимум на велосипедных дорожках I класса для выполнения обгона без выезда за пределы велосипедной дорожки.

Там, где это возможно, велосипедные дорожки II класса с движением в одном направлении следует делать достаточной ширины, чтобы обеспечить возможность обгона.

Минимальные требования к пространству для велосипедных дорожек II и III классов сведены в табл. 14.22.

Подъемы на велосипедных дорожках. Физическая характеристика велосипедиста и техническая характеристика велосипеда, скорость ветра, его сопротивление и состояние дорожного покрытия являются главными факторами, которые определяют максимальные допустимые подъемы для велосипедной дорожки и оптимальную длину этих подъемов. Действующие в трех странах нормы проектирования подъемов приведены в табл. 14.23, хотя следует отметить, что в этой об-

Параметры велосипедной дорожки II класса, расположенной на проезжей части

Вариант	Описание	Предварительная схема дорожки	Окончательный вариант дорожки	Комментарии
IIA	Велосипедисты имеют почти исключительное право проезда (стоянка автомобилей запрещена или отменена)	<p>Стоянка запрещена</p>	<p>BA</p>	Разделительная полоса не служит средством разделения велосипедов и автомобилей, и поэтому необходимо запретить пользование велосипедной дорожкой в качестве двухъярусного барьера (островок, бордюр, уступ и т. д.) сводит до минимума возможные конфликты
IIIB	Велосипедная дорожка на проезжей части между бордюрной полосой и автомобилями на стоянке	<p>Стоянка разрешена</p>	<p>BA</p>	Автомобили на стоянке исключают конфликты с движущимися автомобилями. Рекомендуется устройство бордюрной полосы, ограничивающей выезд автомобиля с стоянки на велосипедную дорожку. Данный вариант становится неэффективным при высокой плотности стоящих автомобилей, что приводит к образованию большого поперечного потока пешеходов

Вариант	Описание	Предварительная схема дорожки	Окончательный вариант дорожки	Комментария
IIС	Стоянка разрешена между бордюрной полосой и велосипедной дорожкой			Велосипедную дорожку нельзя защитить физическими преградами ввиду того, что автомобили должны иметь въезд на полосу стоянки и въезд из нее. Возможны конфликты с велосипедами при открытии дверей автомобиля
IIД	Стоянка автомобилей может быть ограничена в пиковые периоды потока велосипедов			Данный вариант наиболее эффективен при ограничении стоянок автомобилей в пиковые периоды потока велосипедов, благодаря чему увеличивается эффективный зазор до внешней полосы движения. Физические барьеры использовать нельзя. Высокая интенсивность движения автомобилей в сочетании с высокой плотностью автомобилей на стоянках может привести к опасным условиям для велосипедистов

Условные обозначения:

BA — велосипедная дорожка II класса; B — велосипед; PC — автомобиль на стоянке (неподвижный); OTL — внешняя дорожная полоса (стоянка за бордюрной полосой может быть запрещена или разрешена); MV — движущийся автомобиль; BA — барьерная полоса

Параметры велосипедной дорожки III класса, расположенной на проезжей части

Вариант	Описание	Предварительная схема велодорожки	Окончательный вариант дорожки	Комментарии
IIIА	Велосипедисты разделяют полосу отвода с неподвижными и движущимися автомобилями			Велосипедная дорожка выделена с помощью разметки и знаков. Возможны конфликты при открывании дверей у стоящих автомобилей с одной стороны и с движущимися автомобилями с другой стороны. Этот вариант возможен только при небольшой интенсивности движения велосипедов и автомобилей, при небольшом количестве стоящих автомобилей и небольшой скорости движения автомобилей по внешней полосе
IIIВ	Велосипедисты имеют общую полосу отвода с движущимися автомобилями (стоянка автомобилей запрещена или отменена)			Данный вариант практически сходен с вышеприведенным, за исключением того, что стоянка автомобилей отменена для обеспечения движения велосипедов без разметки велосипедной полосы

Условные обозначения: В — велосипед; А — автомобиль на стоянке (неподвижный); ОТЛ — внешняя полоса движения (стоянка у бордюровой полосы может быть разрешена или запрещена); MV — автомобиль (движущийся); BA — ограждение.

Минимальное пространство для размещения вариантов велосипедных дорожек II и III классов (только для одной стороны улицы)

Вариант велосипедной дорожки	Минимальная ширина велосипедной дорожки, м		Рекомендуемое минимальное пространство, м	Примечания
	эфективная	действительная		
IIА	1,0	1,2	Велосипедная дорожка шириной 1,2 м, расположенная за пределами дороги, должна отвечать предложенной ширине для функциональной классификации Ширина 2,3 (2,6) м, включая бордюрный барьер, за пределами дорожной полосы должен обеспечить минимальный зазор 0,3 м	Цвет покрытия велодорожки может отличаться от цвета покрытия проезжей части Дорожка должна иметь бордюрную полосу и минимум две полосы, допускающие обгон велосипедов
	1,6 (1,9)	2,0 (2,4)		
IIВ	1,6 (1,9)	2,0 (2,4)	2,3(2,6)	Обязательна бордюрная полоса; двери автомобилей открывать нельзя
IIС	1,0	1,0— 1,6	4,1 м от бордюрной полосы до наружного края велосипедной дорожки; 3,5 м от бордюрной полосы до наружной полосы велосипедной дорожки	Плотность стоящих автомобилей — от средней до высокой. Низкая плотность стоящих автомобилей на стоянке
IIД	1,0	1,6— 4,1	4,1 м от бордюрной полосы до наружного края велосипедной дорожки; 3,5 м от бордюрной полосы до наружной полосы велосипедной дорожки	Плотность стоящих автомобилей во внепиковые часы от средней до высокой. Низкая плотность кратковременно стоящих автомобилей; низкая плотность стоящих автомобилей во внепиковые часы
IIIА	—	—	4,2 м для внешней дорожной полосы	Низкая плотность стоящих автомобилей; транзитное движение автомобилей ограничено Плотность стоящих автомобилей — от средней до высокой
			6,6 м для внешней дорожной полосы	
IIIВ	—	—	4,2 м для внешней дорожной полосы	Низкая интенсивность и скорость движения автомобилей

Примечание. Размеры в скобках основаны на произвольном допущении маневра.

Подъемы и нормы длины подъема для разных стран

Подъем на велосипедной дорожке, %	Рекомендуемая ¹ длина подъема, м	Голландия		Дания	Индия
		Нормальная длина ²	Максимальная длина ³	Максимальная длина ³	Максимальная длина ³
10	Не рекомендуется	10	20	—	—
5	То же	40	80	50	20
4,5	25	51	102	100	—
4	31	62	125	200	50
3,5	45	90	180	300	—
3,3	45	90	180	—	Не ограничена
2,9	61	122	244	500	—
2,5	80	160	320	—	—
2	125	250	500	—	—
1,7	180	360	—	—	—
1,4	—	490	—	—	—
1,3	—	640	—	—	—

¹ Рекомендуемая длина включает учет возможного влияния ветра.

² Нормальная длина отражает общепринятую длину подъема.

³ Не следует превышать максимальную рекомендуемую длину подъема.

Таблица 14.24

Диапазоны пропускной способности одно- и двусторонней велосипедных дорожек в зависимости от числа полос

Направление движения	Число полос	Пропускная способность, велосипеды/ч	Направление движения	Число полос	Пропускная способность, велосипеды/ч
Одностороннее	1	1 700—2 530	Двустороннее	1	850—1 000
То же	2	2 000—5 000	То же	2	500—2 000
»	3	3 500—5 000	»	3	1 700—5 000
			»	4	4 000—10 000

ласти необходимы дополнительные исследования. При проектировании велосипедных дорожек I класса может потребоваться введение горизонтальных участков, остановок для отдыха или зон для перехода от участков с небольшим подъемом, когда максимальная длина несовместима с максимальным подъемом. При рассмотрении проекта велосипедной дорожки с подъемом следует обратить внимание на велосипедистов, едущих как под уклон, так и на него.

Минимальные рекомендуемые горизонтальные зазоры в метрах до вертикальных препятствий и других преград показаны ниже. Эти величины различны для разных стран, классов велосипедных дорожек и дорожной обстановки.

Минимальный зазор, м

Горизонтальный зазор до препятствий	0,2—0,5
Велосипедная дорожка II класса в одном уровне с пешеходной дорожкой (зазор до понижения бордюрной полосы)	0,5—0,7
Велосипедная дорожка II класса в одном уровне с проезжей частью (зазор до приподнятой бордюрной полосы)	0,5
Зазор от обочины до края наклонного понижения. (т. е. велосипедная дорожка располагается на насыпи с отношением сторон уклона менее 2:1)	0,3
Обочина мягкая; необходимо увеличить минимальную ширину велосипедной дорожки на расстояние . . .	0,5

Радиус кривизны велосипедной дорожки. На существующих велосипедных дорожках можно встретить радиусы горизонтальных кривых в широком диапазоне, тем не менее было выведено следующее эмпирическое отношение между радиусом кривизны и скоростью велосипеда:

$$R = 0,238v + 0,41, \quad (14.4)$$

где R — радиус кривизны, м; v — расчетная скорость велосипеда, км/ч.

По уравнению для расчетной скорости движения по велосипедной дорожке I класса, равной 16,1 км/ч, радиус кривизны равен 4,2 м.

Поскольку велосипедные дорожки II класса в городских районах обычно соответствуют профилю существующих улиц, если горизонтальная кривизна допускает проезд автомобилей, то этого больше, чем достаточно, для велосипедов. Горизонтальные кривые на уклонах следует проверить, так как скорости движения велосипедов часто превышают 16,1 км/ч. Если ожидаемые или действительные скорости движения велосипедистов превышают радиус кривизны на местности, то следует использовать средства регулирования движения для предупреждения велосипедистов об изменении скорости.

Обзор международной литературы выявил противоречивые оценки в отношении пропускной способности одно- и многополосных велосипедных дорожек. Диапазоны пропускной способности одно- и двусторонних велосипедных дорожек приведены в табл. 14.24.

Ввиду того, что пропускная способность велосипедной дорожки в значительной мере зависит от климатических условий, подъемов, близости барьеров, узких мест потока (например, на пересечениях) оценки пропускной способности, указанные в табл. 14.24, следует рассматривать как почти идеальные верхние пределы и не использовать в расчетах. При определении необходимости в оборудовании многополосной дорожки главным условием будет, скорее, уровень обслуживания, чем пропускная способность, так как идеальной пропускной способности даже однополосной дорожки вполне хватает для удовлетворения большинства прогнозируемых требований.

Глава 15

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК, ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА, ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ ПЛОЩАДОК И ТЕРМИНАЛОВ

ТЕРМИНОЛОГИЯ

Ниже приводятся термины, наиболее часто используемые при рассмотрении вопросов организации сети стоянок.

Емкость стоянок — общее количество мест на организованных стоянках данного района.

Инвентарный список стоянок — общий перечень стоянок данного района, сгруппированных по различным критериям, например: уличные и внеуличные, предназначенные для общественных или частных транспортных средств.

Вместимость частных стоянок — общее количество стояночных мест, предусмотренных для служащих или клиентов предприятий и закрытых для общего пользования.

Емкость стоянок общего пользования — общее количество платных и бесплатных стояночных мест общего пользования.

Потребность в стоянках — общее количество водителей, нуждающихся в стоянках данного района в определенный период времени, преимущественно в часы пик.

Потребность в краткосрочных стоянках — потребность в парковании автомобиля на срок, ограниченный 3—4 ч.

Потребность в долгосрочных стоянках — потребность в парковании автомобиля на срок, превышающий 3—4 ч.

Резерв стоянок — величина, показывающая, насколько емкость стоянок превышает потребность в них.

Дефицит стоянок — величина, показывающая, насколько потребность в стоянках превышает вместимость имеющихся стоянок.

Загрузка сети стоянок — общее количество автомобилей, находящихся на стоянках данного района в данное время.

Место-час — одно стояночное место, занимаемое транспортным средством в течение часа.

Длительность пользования стоянкой — отрезок времени, в течение которого данный автомобиль размещается на данной стоянке.

Оборот стояночного места — среднее количество автомобилей, сменивших друг друга на данном месте в течение дня.

Занятость стояночного места — отрезок времени, в течение которого данная стоянка занята автомобилями.

Пешеходная дистанция — расстояние от места стоянки до двери пункта назначения, измеренное с учетом расположения разрешенных пешеходных переходов.

Плата за пользование стоянкой — денежная сумма, взимаемая за пользование стоянкой в течение определенного промежутка времени.

Голубая зона — зона разрешенной стоянки, широко распространенная в Европе. Указатель зоны — круглый знак голубого цвета с красной каймой.

Цели поездки группируют по следующим критериям: на работу (с работы), в магазин, по делу, к месту отдыха, для распространения товаров, прочие поездки.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОЯНОК

Стоянки обычно характеризуются емкостью и способом эксплуатации. Эти характеристики определяются размерами города и другими факторами, относящимися к городу, например уровнем использования различных видов транспорта, а также размером и относительной значимостью центрального делового района (ЦДР).

Как детально изложено в гл. 4 «Основные характеристики дорожного движения», к типичным характеристикам стоянок относятся сведения о емкости и степени использования стоянок, расстоянии от стоянки до места назначения и загрузке стоянок определенного района в течение дня.

ПАРКОМЕТРЫ

Паркометр — это счетчик с часовым механизмом, указывающий время, которое остается до окончания оплаченной продолжительности стоянки автомобиля. Паркометр, разработанный в 1935 г., при правильной эксплуатации значительно упрощает контроль за соблюдением действующего ограничения стоянки. Кроме того, он повышает оборот стояночного места. Существуют два вида паркометров: автоматические и ручные. При пользовании ручным паркометром водитель после опускания монеты в щель поворотом рукоятки подводит механизм, который в соответствии с достоинством опущенной монеты и в пределах шкалы прибора отсчитывает отрезок времени, разрешенный для стоянки автомобиля. В автоматическом паркометре отсчет временного интервала начинается автоматически сразу за опусканием монеты. Контролеры, обслуживающие стоянку, периодически подзаводят часовые механизмы. Практически ручной и автоматический счетчики взаимозаменяемы, имеют шкалу с одинаковым пределом, рассчитаны на прием монет одинакового достоинства и т. д.

Паркометры открытого типа снабжают опечатанными копилками. Копилку открытого типа опорожняют непосредственно в сборный ящик и затем ставят на прежнее место.

Опечатанную копилку извлекают из паркометра и на ее место устанавливают новую копилку. Такие копилки вскрывают только на центральном пункте. Применяются также портативные запирающиеся переносные кофры, из которых нельзя извлечь вскрытую копилку.

Таблица 15.1

Среднее количество паркометров в городах США

Численность населения города, тыс. чел.	Количество обследованных городов	Количество паркометров			
		уличных		внеуличных	всего
		в центральном деловом районе	вне центрального делового района		
Менее 2,5	68	105	12	3	120
2,5—5	171	166	13	14	193
5—10	242	252	24	43	319
10—25	253	382	35	128	545
25—50	140	537	108	300	945
50—100	100	680	150	433	1 263
100—250	74	1 083	313	300	1 696
250—500	23	1 995	1 200	643	3 838
500—1 000	20	2 301	2 893	234	5 428
Более 1 000	6	2 204	17 153	1 957	23 314

Т а б л и ц а 15.2

Средний доход, затраты на обслуживание и сбор выроченных средств
в расчете на один паркометр

Численность населения города, тыс. чел.	Средний доход, долл.	Средний уровень затрат на обслуживание паркометра, долл.	Средний уровень затрат на сбор выроченных средств, долл.
Менее 2,5	44,69	3,23	3,54
2,5—5	43,72	4,09	5,79
5—10	51,52	4,78	7,34
10—25	59,92	7,02	7,33
25—50	59,95	8,66	5,93
50—100	75,92	8,16	5,57
100—250	82,13	12,04	5,92
250—500	105,13	11,63	5,78
500—1 000	104,36	14,73	6,01
Более 1 000	111,75	17,81	7,59

В районах с повышенным уровнем преступности устанавливаются счетчики, монетные отсеки которых снабжены устройствами защиты от вмешательства злоумышленников.

Паркометры используют на уличных и внеуличных стоянках. В первом случае трубчатая опорная стойка паркометра устанавливается на тротуаре на расстоянии 0,61 м от передней границы стоянки. Иногда на одной опоре устанавливают два паркометра, обслуживающие два стояночных места, расположенные спереди и сзади опоры. При внеуличном расположении паркометра обслуживаются два стояночных места, разделенные островком.

В большинстве городов США используют цветовое кодирование табло счетчиков в качестве дополнительного средства для извещения водителя о продолжительности стоянки.

Общее количество паркометров определяется размерами города (табл. 15.1). В табл. 15.2 приведены данные о среднем уровне доходов, которые можно получить от паркометра с учетом затрат на его обслуживание и сбор выроченных средств (извлечение и доставку копилки, финансовые операции).

Уровень доходов и затраты на обслуживание паркометров находятся в непосредственной связи с численностью городского населения, а затраты на сбор выроченных средств, не являясь постоянной величиной, не находятся в такой строгой зависимости от этого параметра.

РАЗМЕЩЕНИЕ СТОЯНОК

При выборе места для стоянки прежде всего проводят натурные наблюдения, чтобы выявить районы с повышенной потребностью в стоянках, а также чтобы определить степень потребности в стоянках (см. гл. 10).

На выбор места будущей стоянки оказывают влияние различные факторы, среди которых можно выделить следующие: степень небезопасности каждого района в стоянках, пункты отправления и назначения лиц, пользующихся стоянками, расстояние и удобство пешего передвижения от стоянки, наличие подъездных путей, пропускная способность улиц, характер пассажирообразующих объектов, перспективы развития района, экономические факторы и взаимосвязи будущей стоянки с элементами планировки центрального делового района в целом.

Объекты кратковременного посещения (такие, как банки и т. д.) требуют более близкого расположения стоянок, нежели объекты, посещение которых связано

с длительным использованием (учреждения, конторы), поскольку во втором случае достаточно долгий путь до посещаемого объекта более допустим, чем в первом.

Степень удобства подхода к месту стоянки не менее важна, чем отдаленность места стоянки. На практике может случиться так, что при выборе из двух возможных вариантов более отдаленно расположенная стоянка окажется психологически предпочтительнее, если она обеспечит удобный подход, меньшие помехи от транспортных средств и т. д.

Важным фактором, влияющим на выбор места стоянки, является также удобство подъезда автомобиля к месту стоянки. Время, затрачиваемое на подъезд к стоянке, должно быть минимальным.

Если из-за особенностей местности или других факторов пункты отправления пользователей стоянкой сконцентрированы в определенном направлении, целесообразно расположить стоянку между пунктами отправления и пунктами назначения.

Если выбрать для стоянки место, более удаленное от пунктов отправления, чем сам пункт назначения, то на пути к стоянке водитель вынужден будет проехать этот пункт. Это приведет к перепробегу и повышению интенсивности движения в центральном деловом районе города. Месторасположение стоянок ЦДР должно быть выбрано так, чтобы не сказываться отрицательно на функционировании уличной сети. По возможности следует располагать стоянки вблизи от магистральных улиц и автомагистралей, поскольку это снижает загрузку улиц местного значения и обеспечивает быстрый и легкий доступ к системе основных магистралей.

Пропускная способность улиц, окружающих предполагаемую стоянку, должна быть достаточной для пропуска дополнительных транспортных средств, привлекаемых на стоянку. Въезды и выезды со стоянки следует располагать как можно дальше от перекрестков, чтобы обеспечить максимальную площадь для маневрирования и расстановки автомобилей.

Местоположение предполагаемой стоянки следует увязывать с планировкой ЦДР. Необходимо учитывать расположение потенциальных пунктов назначения, новых улиц, мест въезда на автомагистраль и предусматривать возможные изменения в существующей уличной сети.

Определенное значение для размещения стоянок имеют экономические факторы и, в частности, стоимость земельных участков, которая заставляет выбирать между строительством гаража и устройством стояночной площадки. Если речь идет о гараже, то при приемлемых затратах следует остановиться на варианте его подземного размещения. Хотя затраты на это строительство примерно в 1,5—2 раза превышают затраты на строительство наземных стоянок в расчете на одно стояночное место, положительный эффект проявится в сохранении площадей ЦДР.

Строительство подземного гаража под освоенной территорией не потребует земельных затрат. Но и в этом случае дополнительные затраты на строительство подземной конструкции могут свести на нет указанное преимущество.

Средством снижения или уменьшения земельных затрат является использование для стоянок свободных пространств над автомагистралями и под ними, а также над улицами, железными дорогами, реками и т. д. Наряду с этим все большее распространение находит сооружение объектов универсального назначения, в которых единая строительная конструкция объединяет стоянки и конторы, жилые дома и учебные заведения. Такой подход существенно снижает долю «земельных» затрат в строительстве стоянок.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНЕУЛИЧНЫХ СТОЯНОК

Основные требования. При выборе планировки внеуличных стоянок следует руководствоваться прежде всего удобством пользователей при минимальных помехах дорожному движению по прилегающим улицам. Водитель заинтересован в том, чтобы оставить свой автомобиль в непосредственной близости от пункта назначения. Доступность стоянки, легкость въезда, маневрирования, постановки автомобиля, выезд со стояночного места и с территории стоянки — факторы существенные как на этапе выбора местоположения стоянок, так и на этапе их проектирования.

Проектирование стояночных площадок. На выбор проектного решения внеуличной стоянки влияют такие факторы, как габаритные размеры площадки, топография и профиль местности. Габаритные размеры площадки могут оказаться такими, что расстановка автомобилей на стоянке будет возможна только под углом к проезжей части улицы.

Расположение площадки относительно сети прилегающих улиц влияет на размещение мест въезда и выезда, а также на схему движения транспортных средств внутри стоянки.

Расположение въездов и выездов. На этапе проектирования стоянок, в частности при выборе мест въезда и выезда автомобилей, учитывают такие внешние факторы, как расположение пешеходных переходов, наличие средств регулирования дорожного движения, действующие ограничения поворотов и интенсивность движения на прилегающих улицах.

Не рекомендуется располагать места въезда и выезда там, где въезжающему или выезжающему автомобилю придется пересечь путь большому количеству пешеходов

Места въезда или выезда рекомендуется располагать с учетом обеспечения максимальной емкости стоянки и максимального их удаления от перекрестков. Совмещенные въезды-выезды следует размещать преимущественно в середине квартала. Раздельные въезды и выезды следует располагать: въезд — ближе к началу, выезд — ближе к концу квартала относительно рассматриваемого направления движения.

Схема движения. Идеальным вариантом въезда на стоянку является поворот налево с улицы одностороннего движения. При этом водитель вписывается в поток с левосторонним движением, желательным для стояночной площадки. Нахождение водителя внутри радиуса поворота обеспечивает ему лучшую обзорность и облегчает выбор места для стоянки

Внутри стоянки могут быть предусмотрены проезды одно- или двустороннего движения в зависимости от габаритных размеров стоянки и угла расположения стояночных ячеек к проезду. Проезды двустороннего движения обычно устраивают при расположении стояночных мест под углом 90° к проезду, тогда как проезды одностороннего движения — при расположении стояночных мест под углом менее 90° . В любом случае необходимо свести к минимуму конфликтные точки на площадке во избежание столкновений транспортных средств и заторов в часы пик.

Назначение стоянки. Факторами, учитываемыми при проектировании стоянки, являются также характеристики пользователей и обслуживаемого пункта назначения.

Пользователей стоянками можно характеризовать средней длительностью стоянки — краткосрочной или долговременной. Стоянкой могут пользоваться лица обеих категорий. Размеры элементов стоянки обычно принимаются большими на стоянках для кратковременного пользования из-за их большого оборота, диктующего необходимость обеспечения более легкого доступа и маневра транспортными средствами, чем на долговременных стоянках.

Стоянка может обслуживать часть или все основные посещаемые объекты, особенно в центральной части города.

При проектировании стоянок, обслуживающих специализированные объекты, такие, как спортивные сооружения, крупные залы и другие объекты аналогичного назначения, необходимо руководствоваться особыми соображениями. Люди обычно прибывают на объекты такого рода в течение короткого периода времени и стремятся покинуть место стоянки все сразу по окончании мероприятия. Это накладывает определенные трудности на организацию движения в местах въезда и выезда и на обеспечение порядка при маневрировании на территории стоянки.

Озеленение стоянок. Озеленение и декорирование стоянок желательны, но оно не должно вступать в противоречие с их функциональным назначением. Высаживаемые кустарники, деревья и зелень газонов должны быть устойчивыми к отработавшим газам и теплу, выделяемому большими площадями асфальтированной поверхности. Озеленение является эффективным средством направления движения пешеходов. При планировании пешеходных дорожек на стоянке используют живые изгороди.

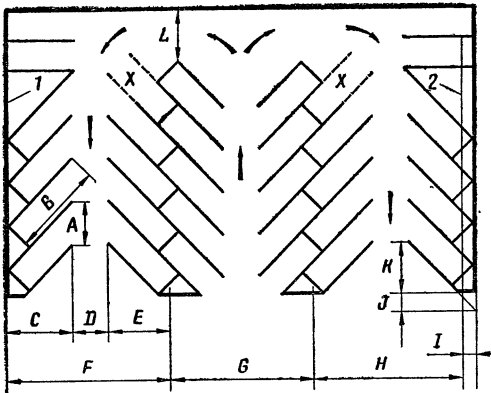


Рис. 15.1. Элементы разбивки стояночных мест и проездов:

A — ширина стояночного места, измеренная параллельно оси проезда; *B* — длина стояночного места; *C* — глубина стояночного места, примыкающего к барьеру; *D* — ширина проезда между рядами стояночных мест; *E* — глубина стояночного места, примыкающего к промежуточному модулю; *F* — модуль, ограниченный слева барьером, справа — осевой линией массива состыкованных рядов стояночных мест; *G* — промежуточный модуль, *H* — модуль, ограниченный слева осевой линией массива состыкованных стоянок, справа — бордюром; *I* — свес автомобиля стандартных размеров; *J* — зазор; *K* — неиспользуемая площадь; *L* — поперечный проезд с односторонним движением; *X* — стояночное место, иногда не предусматриваемое; *1* — барьер, ограждающий стоянку; *2* — бордюр

любом случае следует устанавливать опоры светильников между соседними стояночными местами и в конце стояночных рядов. Необходимо принять меры, чтобы жители близлежащих жилых массивов не испытывали неудобств от соседства с ярко освещенной стоянкой.

Размеры и планировка стоянок. В США в течение длительного времени наблюдалась тенденция к увеличению габаритных размеров легковых автомобилей.

В 1973 г. имелись модели автомобилей длиной 5,82 м и шириной 2,03 м. В связи с этим потребовалось увеличить ширину проездов на стоянках и размеры стояночных мест. Эти размеры зависят от угла размещения автомобиля по отношению к оси проезда стоянки.

Приведенные в табл. 15.3 характеристики стоянок рассчитаны для стояночного места длиной 5,64 м выбранной в соответствии с результатами исследований, целью которых являлась оценка влияния размещения автомобиля под разными углами на ширину проезда и стояночного места. Исследования проводились в 1970 г. Федеральной дорожной Администрацией и ассоциацией Пауля Бокса.

Ширина стояночного места, измеренная перпендикулярно оси автомобиля, находится в пределах 2,6—2,9 м. На стоянках, где имеется обслуживающий персонал, для автомобилей стандартных размеров допустимо снижение ширины стояночного места до 2,44 м. Однако для долговременных стоянок с самообслуживанием рекомендуемая минимальная ширина стояночного места составляет 2,5 м. Средством повышения оборота стояночного места является увеличение ее ширины до 2,74 м.

Рекомендуемая ширина стояночного места стоянки, расположенной рядом с магазинами, откуда покупатели выходят с большими по размерам покупками, составляет 2,9—3,05 м.

Зеленые насаждения всех видов следует располагать на достаточном расстоянии от проезжей части, в противном случае они будут повреждаться буферами автомобилей. Особое внимание следует уделить планировке зеленых насаждений около въезда и выезда со стоянки с тем, чтобы не ограничивать расстояние видимости. Необходимо также оценивать, насколько разрастется в дальнейшем низкие посадки, произведенные при сооружении стоянки.

Освещение стоянок. Надлежащее освещение стоянок — важное требование к их содержанию. Правильный выбор высоты и соответствующее размещение светильников должны обеспечивать достаточную освещенность всей площадки. Нормальный уровень освещенности составляет 11—22 лк, причем степень равномерности (отношение среднего уровня освещенности к минимальному) не должна превышать соотношения 6:1. Опоры светильников не должны затруднять маневрирование и паркование автомобилей на стоянке. Если соседние стояночные места разделены приподнятыми островками, логично разместить опоры светильников на этих островках. В

Рекомендуемые размеры стоянок, м

Угол размещения автомобиля по отношению к оси проезда, град	Ширина стоячного места	Ширина стоячного места, измеренная параллельно оси проезда	Глубина стоячного места по отношению к барьеру	Глубина стоячного места в промежуточном модуле ¹	Ширина проезда	Ширина полного модуля (от барьера до барьера)	Ширина промежуточного модуля
45	2,6	3,7	5,3	4,7	4,0	14,6	13,4
	2,7	3,9	5,3	4,7	3,7	14,3	13,1
	2,9	4,1	5,3	4,7	3,4	14,0	13,8
60	2,6	3,0	5,8	5,3	5,5	17,1	16,1
	2,7	3,2	5,8	5,3	4,9	16,5	15,5
	2,9	3,4	5,8	5,3	4,6	13,1	15,2
75	2,6	2,5	5,9	5,7	7,6	19,5	19,2
	2,7	2,8	5,9	5,7	7,0	18,9	18,6
	2,9	3,0	5,9	5,7	6,7	18,6	18,3
90	2,6	2,6	5,6	5,6	8,5	19,8	19,8
	2,7	2,7	5,6	5,6	7,9	19,2	19,2
	2,9	2,9	5,6	5,6	7,6	18,9	18,9

Примечания. 1. Ширина проезда измеряется между концами линий разметки стоячных мест.

2. При заезде на стоячное место задним ходом ширина проезда может быть уменьшена на 1,2 м.

3. Глубина стоячного места измеряется под углом 90° к оси проезда.

¹ Стоячный модуль представляет собой сумму ширины проезда и глубины стоячных мест, расположенных слева и справа от проезда.

Отклонение от нормальных размеров стоячного места и ширины проезда по существу не дает никакой экономии. Хотя количество размеченных стоячных мест в ряду возрастает, на практике из-за неточного паркования автомобили вклиниваются в соседнее стоячное место и в результате образуются неиспользуемые площади. В связи с этим в действительности выигрыша в увеличении емкости не наблюдается, а, напротив, нарушаются условия паркования автомобилей.

Ширина проезда является функцией угла размещения и ширины стоячного места. Проезды с односторонним движением, как правило, планируются в сочетании с размещением автомобилей под острым углом к проезду, а с двусторонним движением в сочетании с размещением автомобиля под углом 90° к оси проезда.

В качестве единицы измерения для расчетов площади автомобильных стоянок принимают стоячный модуль. Во многих случаях модули полностью независимы друг от друга. Размеры полных модулей (от барьера до барьера) представлены в табл. 15.3.

Другим вариантом модуля является промежуточный модуль. Наиболее предпочтительным и распространенным из промежуточных модулей является модуль, в котором буфера автомобилей, размещенных на соседних стоячных местах, находятся рядом.

Планировка стоянки представлена на рис. 15.1. В табл. 15.4 к рис. 15.1 приведены зависимости геометрических характеристик различных элементов стоянки от угла размещения автомобиля по отношению к оси проезда.

Таблица 15.4

Размеры элементов стоянки, м

Обозначение на рис. 15.1	Угол размещения автомобиля, град				Обозначение на рис. 15.1	Угол размещения автомобиля, град			
	45	60	75	90		45	60	75	90
A	3,9	3,2	2,8	2,7	H	13,0	15,3	17,9	18,4
B	7,6	6,7	6,1	5,6	I	0,6	0,7	0,8	0,8
C	5,3	5,8	5,9	5,6	J	1,9	0,8	0,2	0
D	3,7	4,9	7,1	7,9	K	3,4	2,5	1,5	0
E	4,7	5,3	5,7	5,6	L	4,3	4,3	4,3	4,3
F	13,7	16,0	18,7	19,2	—	7,3	7,3	7,3	7,3
G	13,0	15,5	18,6	19,2					

Рекомендуемые размеры стоянки для импортных автомобилей отличаются от принятой нормы автомобилей США (табл. 15.5). Длина стояночного места принимается равной 4,57 м, ширина — 2,29 м. Если такие места предусматриваются на стоянке, то они должны быть расположены вместе и в удобном секторе площадки. При неудобстве таких мест водители небольших автомобилей будут пользоваться ячейками стандартных размеров.

В связи с трудностями, возникающими при прогнозировании загрузки уменьшенных стояночных мест, и организации контроля за их использованием на большинстве стоянок в США площадка рассчитывается на паркование автомобилей стандартных размеров.

При планировке стоянки рекомендуется, как правило, стояночные места располагать слева и справа от внутренних проездов. Эффективность использования стоянки повышается также при размещении рядов стояночных мест и проездов параллельно большей стороне площадки для стоянки. При наличии достаточной территории рекомендуется ряд стояночных мест располагать по всему периметру площадки.

Если при планировке предусматривают пешеходные дорожки, то рекомендуется выбирать их направление с учетом расположения основных пунктов при-

Таблица 15.5

Геометрические характеристики стоянок для импортных автомобилей, м

Угол размещения автомобиля, град	Ширина стояночного места	Длина проезда, приходящаяся на одно стояночное место	Глубина стояночного места, измененная перпендикулярно оси проезда	Ширина проезда	Полный модуль (от барьера до барьера)
45	2,3	3,2	4,9	3,4	13,1
60	2,3	2,7	5,1	4,3	14,4
75	2,3	2,4	5,0	5,3	15,2
90	2,3	2,3	4,6	6,1	15,2

Примечание. Указанные нормы непригодны для американских малолитражных автомобилей. Глубину каждого стояночного места следует увеличить на 0,3 м (на модуль увеличение составит 0,6 м), если появится необходимость в парковании автомобилей подобного типа.

Эффективность использования площади стоянки (удельная площадь, м²)

Угол размещения стояночных мест по отношению к оси проезда, град	Ширина стояночного места, м		
	2,6	2,7	2,9
45	28,6	30,1	31,6
60	26,7	27,5	28,8
75	26,6	27,4	28,6
90	25,6	26,4	27,4

тяжения. На больших стоянках между рядами автомобилей можно предусматривать приподнятые тротуары, чтобы распределить потоки пешеходов. Однако большинство пешеходов, как правило, все же пользуется при передвижении не пешеходными дорожками, а проездами, из-за чего вопрос о необходимости устройства тротуаров является дискуссионным.

Эффективность использования площади стоянки. Степень использования площади стоянок может быть определена для различных значений угла размещения по отношению к оси проезда и ширины стояночных мест. В табл. 15.6 приведены значения удельной площади зоны стоянки, приходящейся на площадь одного стояночного места и примыкающего к нему участка проезда с габаритными размерами: половина ширины проезда на ширину стояночного места, измеренную вдоль оси проезда (размер *A* на рис. 15.1). Вышеуказанные геометрические характеристики определены по данным табл. 15.3. Размещение стояночного места под углом 90° к оси проезда является наиболее эффективным решением с точки зрения экономии площади. Чем более острым будет выбран угол размещения, тем ниже окажется эффективность использования площади стоянки.

Дренажная система. Каждая стояночная площадка должна иметь определенный (расчетный) уклон; наличие на ее поверхности участков горизонтального профиля, а также углублений недопустимо. Скопление воды на площадке является препятствием для движения транспортных средств и пешеходов. Выполнение этого требования особенно важно для районов с холодным климатом, где в случае заморозков возможно обледенение.

Рекомендуемая величина уклона составляет 1% для асфальтобетонных покрытий и 0,5% для цементнобетонных.

Сравнение затрат на строительство наземных открытых и многоэтажных стоянок. Затраты на устройство наземных стояночных площадок колеблются в пределах 11—22 долл. на 1 м² не считая стоимости земли и составляют в среднем примерно 16 долл. на 1 м². Сюда входят затраты на земляные работы, укладку покрытия, устройство освещения, дренажа, установку указателей и знаков, нанесение разметки и т. д. Стоимость земли часто является фактором, определяющим экономическую целесообразность устройства наземной стоянки в деловом районе города.

С ростом стоимости земли экономически оправданным нередко становится вертикальное развитие стоянки в виде многоэтажного сооружения вместо наземного варианта.

На рис. 15.2 представлены зависимости полных затрат в расчете на одно стояночное место наземной открытой и многоэтажной стоянок от стоимости земли. Площадь стояночного места принята равной 32,5 м². Из рис. 15.2 видно, что стоимость стояночного места растет с этажностью гаражей. Для наиболее распространенных четырех-, шестиэтажных стоянок затраты на одно стояночное место примерно равны аналогичным затратам для наземной площадки за 1 м² при стоимости земли 54 долл.

При более высокой стоимости земли многоэтажные стоянки часто экономичнее открытых стоянок с таким же количеством мест. При стоимости земли, пре-

вышающей 13 долл/м², устройство второго этажа над стоянкой экономически выгоднее, чем расширение площади наземной открытой стоянки. Выбор величины стоимости земли в данном случае носит сравнительный характер. На практике существует много факторов, определяющих затраты на строительство гаража и влияющих на уровень затрат на одно стояночное место. Дальнейшее обсуждение вопроса стоимости гаража-стоянки проводится в последнем разделе данной главы.

Конструкции гаражей-стоянок. Характеристики площадок. Многие из факторов, определяющих выбор месторасположения и проектного варианта наземной открытой стоянки, оказывают влияние и на конструктивное решение гаражей-стоянок. Важными элементами, учитываемыми на этапе конструирования гаражей-стоянок, являются такие характеристики площадки, как ее габаритные размеры, форма, топография. Топографические особенности площадки могут обеспечить прямой доступ на более чем один этаж. Кроме того, этим фактором определяется местоположение въездов и выездов и вид системы междуэтажных проездов.

Въезды и съезды. Выбор места въезда и выезда более сложен при проектировании гаража-стоянки, нежели при проектировании наземного варианта стоянки из-за увеличенного количества стояночных мест.

Для принятия правильного конструктивного решения следует принять во внимание пропускную способность прилегающих улиц, расположение технических средств регулирования и других внешних факторов, от учета которых зависит совместимость сооружения гаража-стоянки с транспортной системой района.

Основное назначение конструкции гаража-стоянки Как и для наземных открытых площадок, факторами, определяющими вид конструкции гаража-стоянки, являются длительность использования стояночных мест и наличие объектов, где проводятся массовые мероприятия. Гаражи, предназначенные для кратковременной стоянки, должны иметь экспрессные рампы, особенно для удобства выезда. Существенным фактором является время, необходимое для выезда всех транспортных средств.

Оно должно быть сведено к минимуму. На практике почти для всех видов гаражей-стоянок принят допустимый интервал разгрузки гаража 30—45 мин.

Для гаражей специального назначения, обслуживающих спортивные сооружения или концертные залы, рекомендуется обеспечивать менее длительный интервал разгрузки.

Система междуэтажных проездов. Системы междуэтажных проездов могут состоять из рампы или наклонных настилов, а также из их комбинаций. Наличие рампы обязательно в гаражах, строящихся на наклонных площадках, поскольку в этом случае может быть обеспечен доступ к любому этажу, однако рампы могут быть полезны для внутреннего передвижения автомобилей.

При наклонном расположении этажей их используют для размещения проездов и стояночных мест (рис 15.3). Обычно на наклонной секции сооружения располагают по ее ширине один или несколько стояночных модулей. В других конструктивных вариантах гаражей-стоянок рампы предназначены исключительно для проезда между этажами. Возможно наличие рампы двух вышеуказанных типов. Рам-

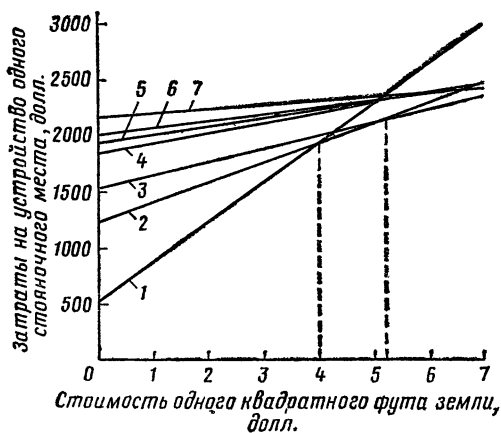


Рис. 15.2. Зависимость затрат на строительство наземных открытых и многоэтажных стоянок от стоимости земельных участков

1 — наземная открытая стоянка; 2 — двухэтажная стоянка; 3 — трехэтажная стоянка; 4 — четырехэтажная стоянка; 5 — пятиэтажная стоянка; 6 — шестиэтажная стоянка; 7 — десятиэтажная стоянка

па для съезда может входить в конструкцию наклонной секции в качестве составного элемента.

Существуют подобные прямые ramпы, располагающиеся вдоль стен здания, и односпиральные ramпы. Помимо ramп, приведенных на рис. 15.3, существуют ramпы других типов.

Двухспиральная ramпа является модификацией односпиральной. Она состоит из двух взаимопереплетающихся независимых спиральных ramп, при помощи которых за один виток можно подняться на два этажа.

Одна из ramп, составляющих двухспиральную ramпу, обслуживает четные этажи, другая — нечетные. Преимущественное назначение ramп данного вида — сокращение числа витков, которое необходимо совершить при въезде или съезде с верхних этажей.

Для гаражей с самообслуживанием максимально допустимое число витков — пять. Исходя из этого критерия для обслуживания 10—12-этажного гаража-стоянки принята двухспиральная ramпа. Односпиральная ramпа предназначена для обслуживания шестизэтажных гаражей.

Количество этажей в гаражах-стоянках с наклонными настилами должно быть не более шести, чтобы число витков и общий пробег по гаражу не были чрезмерными.

При решении вопроса о выборе этажности гаража-стоянки учитывается высота близлежащих зданий. Этот фактор следует рассматривать в связи с тем, что водители, пользующиеся гаражами башенного типа, нередко подвержены акрофобии (состоянию, заключающемуся в боязни высоты), особенно при проезде на этажах, расположенных выше крыш соседних домов. Чтобы ограничить обзор из окна автомобиля, поднимающегося по ramпе гаража башенного типа, следует предусмотреть ограждающие парапеты соответствующей высоты, которые снизили бы эффект высоты.

Планировка стояночных мест и проездов в гаражах-стоянках аналогична наземным открытым стоянкам транспортных средств и габаритные размеры сохраняются такими же.

Быстрота и удобство маневрирования внутри гаража-стоянки определяются величиной уклона и габаритными размерами ramпы.

Величина уклона настила не должна превышать 3—4%. Угол между осью стояночного места и осью проезда на этом настиле должен быть не менее 60°, чтобы исключить самопроизвольное скатывание автомобиля со стояночного места вниз по настилу. При размещении автомобилей под углом 90° к оси проезда допустимый максимальный уклон должен быть равен 5%.

Rампы, не предназначенные для паркования автомобилей, могут иметь уклон не выше 10%, однако для гаражей-стоянок с обслуживающим персоналом допустима величина уклона и 15—20%. Ramпы, предназначенные лишь для проезда, должны иметь ширину от 4,3 до 5,5 м, причем для удлиненных прямых ramп допустима уменьшенная ширина, равная 3,7 м. Спиральные ramпы должны строиться с минимальным внешним радиусом 9,8 м, тогда как их оптимальный радиус должен находиться в пределах 10,7—11,3 м.

Пропускная способность ramп в гаражах самообслуживания на практике составляет 500—600 авт/ч на полосу. Нормированная емкость гаражей, принятая для расчетов, составляет 400 авт/ч на полосу.

Величина пропускной способности значительно снижается (до 150—200 авт/ч), если кассовый киоск расположен в конце съезда и водителю необходимо остановиться в данном месте для оплаты стоянки.

Габаритную высоту этажей гаража принимают равной 2,13 м, что на практике приводит к оптимальной межнастильной высоте, равной 3,05 м.

Выбор конструкций для гаражей-стоянок. При строительстве гаража-стоянки, любого типа применяют четыре вида конструкций: стальные, железобетонные конструкции, укладываемые на месте, конструкции из сборного бетона и конструкции из предварительно напряженного бетона. При рассмотрении различных вариантов конструкции гаражей-стоянок следует учитывать некоторые факторы, влияющие на их относительную экономичность и соответствие внешним условиям.

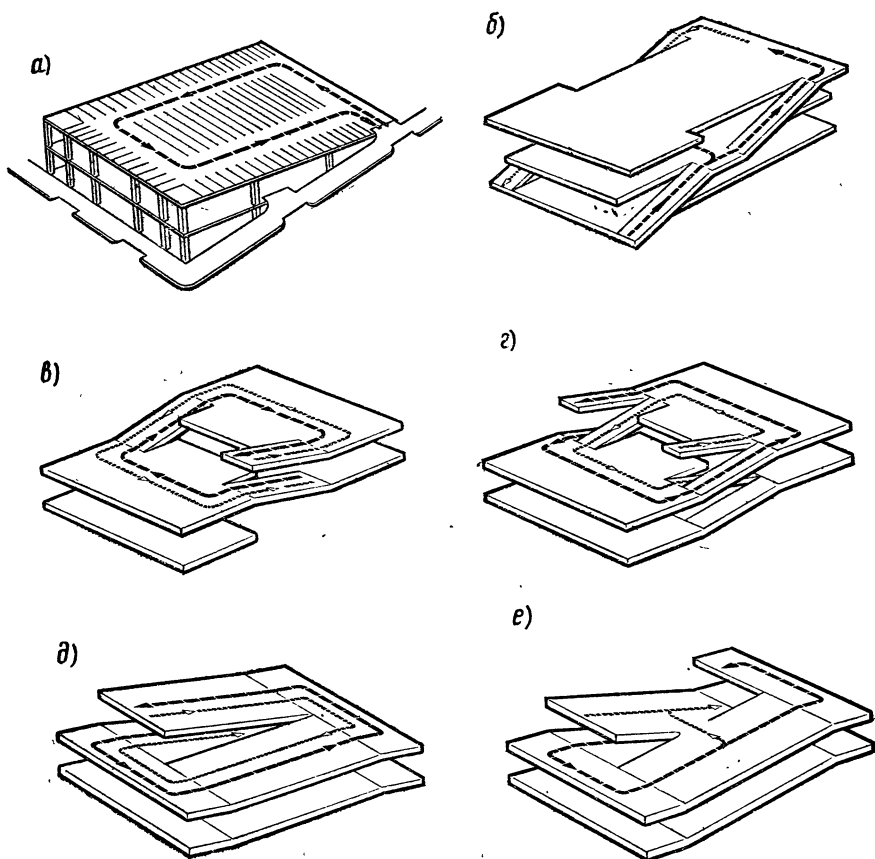
Неполный перечень этих факторов включает: требования строительных норм и правил; организацию эксплуатации и обслуживания; наличие заводов-изготови-

телей материалов, применяемых при строительстве гаража-стоянки; дальность перевозок материалов и уровень транспортных затрат; наличие подрядчиков с большим опытом монтажа различных конструкций; климатические условия и район строительства.

При выборе конструкции гаража-стоянки необходимо руководствоваться требованиями строительных норм и правил. По некоторым строительным нормам запрещается использовать открытые стальные конструкции гаражей-стоянок, по другим нормам достаточно обеспечить огнестойкость стальным внешним опорам гаража-стоянки. Однако обеспечение огнестойкости колонн, балок и ферм потребует дополнительных затрат, значительно повышая стоимость строительства.

В некоторых районах застройки может не оказаться материалов, необходимых для строительства гаража-стоянки, а затраты на их доставку могут быть слишком высоки.

Необходимо также рассмотреть особенности эксплуатации отдельных конструктивных решений гаражей-стоянок. Например, открытые стальные конструкции необходимо периодически покрывать специальным красителем, и заранее определять, какое количество слоев наружного покрытия потребуется для предотвращения преждевременного износа конструкции. Особенно важно учесть воздействие атмосферных и других окружающих условий на конструкцию гаража-стоянки:



если гараж-стоянка будет сооружаться в районе с развитой тяжелой промышленностью или в районе с повышенным процентом влажности и повышенным содержанием солей в воздухе, эксплуатационные затраты в этом случае значительно возрастут.

На поверхности стали с повышенной стойкостью против атмосферных воздействий со временем (за три года) образуется твердый слой ржавчины, который не требует специального покрытия, однако в течение примерно первых трех лет эксплуатационные расходы весьма ощутимы.

Конструкции из сборного бетона имеют преимущества перед металлоконструкциями, так как они содержат многочисленные однородные элементы.

Но в этом случае необходимо создать форму, которая обеспечивала бы наряду с низкой стоимостью высокую производительность при отливке этих элементов. Однако, если в состав конструкции входит много разноразмерных колонн, балок, ферм (например, при сооружении гаража на площадке с перепадами высот), вышеуказанного преимущества не достигается.

С точки зрения сроков исполнения монтажно-строительных работ конструкции из сборного бетона или стальные конструкции более предпочтительны по сравнению, например, с конструкциями из бетона, заливаемого на месте, поскольку для создания форм требуется дополнительное время. Однако опыт показывает, что с учетом времени на изготовление и транспортирование сборнобетонных и

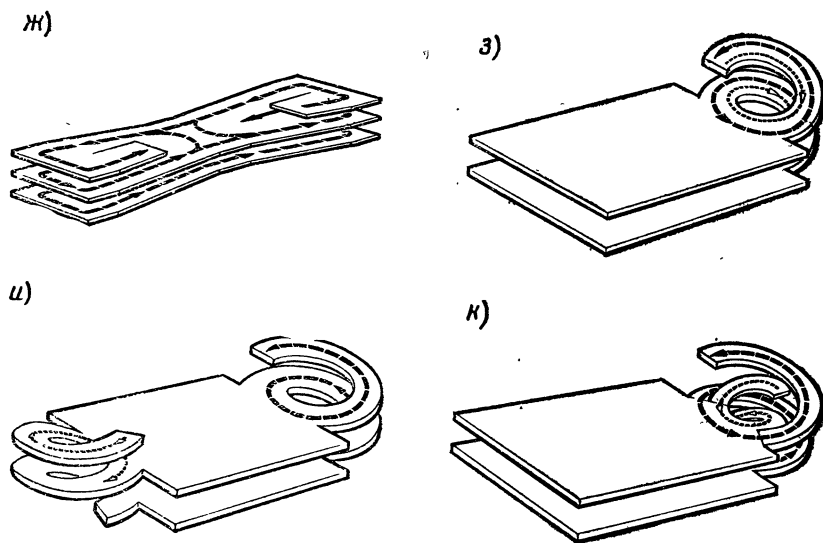


Рис. 15.3. Виды рампы:

а — многэтажный гараж-стоянка без рампы; *б* — прямые однопутные рампы для въезда в съезда; *в* — прямые двухпутные рампы, обслуживающие смешанные этажи; *г* — прямые однопутные рампы, обслуживающие смешанные этажи; *д* — рампа-настил с двусторонним движением (наклонный настил); *е* — рампа-настил с односторонним движением; *ж* — двойная рампа-настил с односторонним движением; *з* — спиральная рампа с двусторонним движением; *и* — две спиральные однопутные рампы, расположенные в торцах гаража; *к* — переплетающиеся спиральные однопутные рампы, расположенные в торце гаража

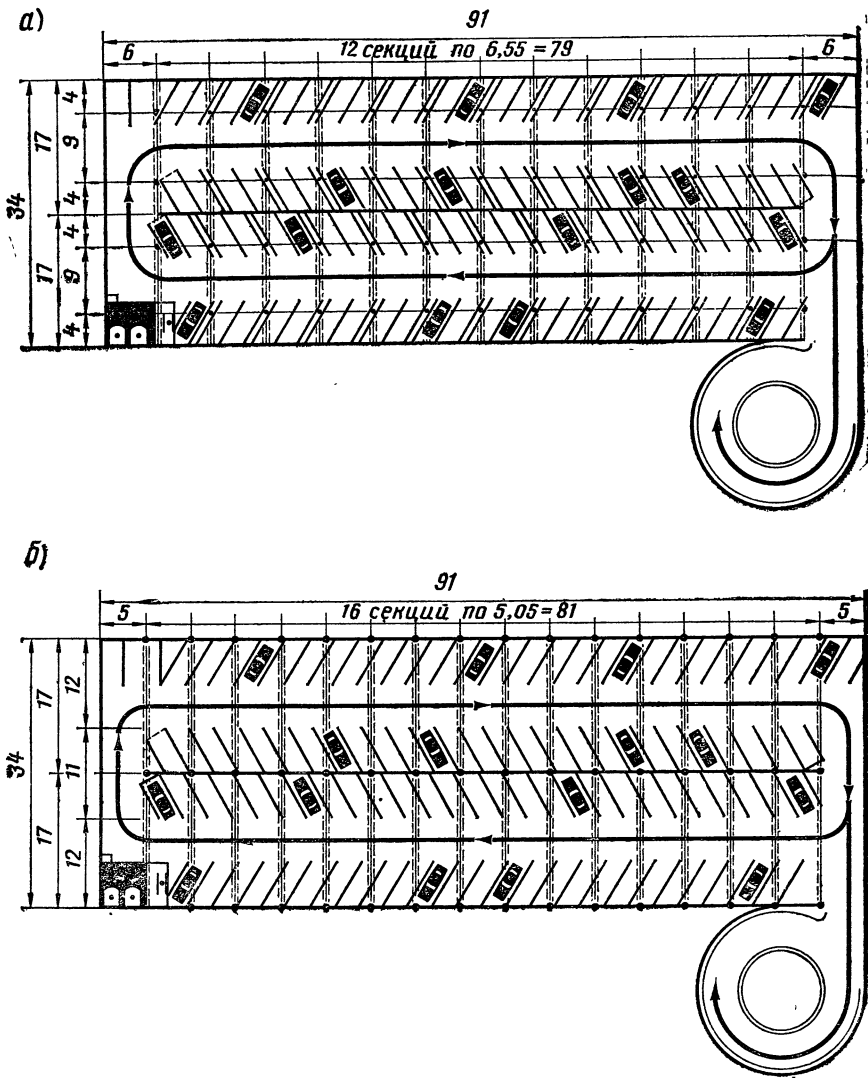


Рис. 15.4. Сравнение широко- и узкопролетных конструкций (размеры даны в метрах):

a — вид в плане на типовую конструкцию узкопролетного настила. Габаритный размер настила 33,5 м×91,4 м, включая рампу для съезда. Емкость гаража 98 автомобилей, площадь настила 35 900 кв. футов (3335 м²). Площадь, приходящаяся на 1 автомобиль, — 365 кв. футов (33,9 м²); *б* — вид в плане на типовую конструкцию широкопролетного настила. Габаритный размер и площадь настила те же. Площадь, приходящаяся на 1 автомобиль, — 30 м²; емкость гаража 111 автомобилей.

**Нормы освещенности
гаража-стоянки лк,**

Зона гаража	Мини- мальная	Опти- мальная
Въезд	540—860	860—1080
Проезды	86—108	108—162
Стояночные ме- ста	33—54	54—108

стальных конструкций строительный цикл, начиная от заключения контракта и кончая сдачей «под ключ», для всех вариантов конструкций гаражей имеет практически одинаковую длительность. Не представляется возможным судить о безусловной экономической предпочтительности того или иного варианта во всех без исключения условиях и при любом размещении гаража-стоянки. Обязательным является проведение сравнительного анализа вариантов применительно к каждому объекту строительства с учетом всех воздействующих факторов.

В результате такого комплексного анализа может быть принято окончательное решение о выборе конструкции гаража-стоянки.

Сравнение узкопролетных и широкопролетных конструкций гаражей-стоянок. Использование широкопролетных конструкций для строительства гаражей-стоянок в большинстве случаев, как правило, зависит от функциональных и эксплуатационных характеристик последних. Для отдельно стоящего гаража, в частности, эти конструкции имеют ряд преимуществ. Узкопролетные конструкции могут оказаться предпочтительными для сооружений, в которых над гаражом предусматриваются конторы, жилые этажи или учреждения другого типа, поскольку в этом сооружении имеют место дополнительные нагрузки на единицу площади. И хотя с учетом функциональных характеристик гаража-стоянки проектное решение на базе широкопролетных конструкций более целесообразно, рассмотрение всего объекта в целом может привести к выбору узкопролетных конструкций.

Как правило, по стоимости широкопролетные конструкции дороже на 5—10%, однако эти производственные затраты компенсируются большим количеством стояночных мест и лучшими условиями для маневрирования автомобилей, чем в гаражах из узкопролетных конструкций.

На рис. 15.4 приведено сравнение вышеуказанных конструкций. К преимуществам широкопролетных конструкций применительно к отдельно стоящим гаражам можно отнести следующие:

- бесколонная установка настилов;
- уменьшенное количество колонн и свай;
- увеличенное количество стояночных мест;
- максимальная эффективность эксплуатации и возможность быстрой функциональной перестройки гаража;
- удобство и быстрота маневрирования автомобиля при парковании и выезде со стояночных мест;
- максимальная гибкость в плане изменения размеров стояночного места и угла размещения автомобилей;
- облегченный уход за полом;
- неограниченная зона видимости;
- сокращение случаев повреждения автомобилей;
- увеличение количества обслуживаемых клиентов;
- меньшие трудности при размещении и монтаже осветительного и вентиляционного оборудования.

В перечень недостатков широкопролетных конструкций входят: увеличенная толщина перекрытия; увеличенная междуэтажная высота; повышенные расходы на строительные-монтажные работы.

Системы освещения и подачи электроэнергии. Назначение гаражной системы освещения заключается в создании безопасных условий для движения и в предупреждении правонарушений.

В табл. 15.7 приведены рекомендуемые минимальные и оптимальные уровни внутригаражной освещенности. На въезде яркий свет необходим с точки зрения аккомодации глаз водителя, въезжающего в гараж в солнечную погоду.

Внутри гаража следует предусмотреть центральный пульт управления, при помощи которого можно было бы включать все электрические установки и приборы и приводить в действие соответствующие механизмы и машины. Предпочтительным местом размещения пульта управления является контора управляющего.

Чтобы добиться экономии электроэнергии, необходимо предусмотреть раздельное включение и выключение групп светильников, что позволит варьировать уровень освещенности в гараже.

Система информации. Гараж-стоянка является по существу продолжением транспортной уличной системы. Поэтому направляющие и информационные указатели должны, как правило, соответствовать стандартным дорожным знакам. Указатели могут быть нанесены краской на стены или другие поверхности гаража, обеспечивающие хороший уровень обзорности. В некоторых случаях можно считать оправданным использование освещаемых указателей, однако следует учитывать их относительную дороговизну. На практике достаточно иметь систему правильно размещенных неосвещенных указателей. Указатели должны направлять водителей к стояночным местам и выездам из гаража, а также информировать их об одностороннем движении на проездах и рампах. Необходимы также средства информации для пешеходов о местах выхода, расположении лестниц и подъемников.

По проектной документации на гаражную стоянку трудно разработать эффективную систему информации. Эту работу целесообразно проводить непосредственно перед завершением строительства. Рекомендуется проехать на автомобиле по этажам и определить места установки необходимых указателей с учетом направления и угла зрения, дислокации мест стоянки автомобилей, а также расположения колонн, балок и других объектов, ограничивающих видимость.

Система дренажа и гидроизоляции. Многие специалисты по проектированию и эксплуатации гаражных сооружений считают, что проблема гидроизоляции перекрытий в течение длительного времени остается главной нерешенной эксплуатационной проблемой, связанной с недостатками конструкции гаражей-стоянок. На раннем этапе эксплуатации построенного гаража-стоянки эта проблема не является слишком ощутимой. Со временем через тонкие трещины в бетоне соли, растворенные в воде, проникают в арматуру железобетона и начинают ее разрушать. В результате этого происходит образование ржавчины арматурных стержней и отслоение бетона. Через год могут быть обнаружены повреждения конструктивных элементов гаража-стоянки. А через 10—15 лет эксплуатации гараж-стоянка, не имеющая достаточного ухода, будет находиться на грани разрушения из-за плохой гидроизоляции элементов. Наилучшей гидроизоляционной системой считают систему, позволяющую быстро отвести воду с поверхности настила в дренаж. Это, в частности, касается водоотвода с поверхности крыши. Сток должен быть рассчитан на максимальный ливень, происходящий в среднем один раз в 10 лет. Полы в гараже должны иметь минимальный уклон по направлению к дренажным канавам 10 мм/м. При этом минимальное расстояние между осями дренажных канав должно составить 18,3 м.

Одной из наиболее распространенных гидроизоляционных систем является слой асфальтовой мастики толщиной около 1,6 мм, нанесенный на поверхность настильной плиты. Поверх слоя мастики наносят слой асфальтобетона толщиной 1,3—2,5 см.

Другая не менее эффективная гидроизоляционная система основана на использовании напыленного на поверхность настильной плиты пластичного материала, который аналогично асфальтовой мастике проникает в трещины бетона. Затем для создания прочного поверхностного слоя проводят многослойное распыление резинообразного пластикового материала и в результате образуется долговечный слой покрытия толщиной от 0,35 до 0,51 мм.

Чтобы придать поверхности покрытия больше шероховатости, в образовавшуюся упругую массу втапливается мелкозернистый гравий.

В третьей системе гидроизоляции предусматривается раскатка на поверхности настильной плиты листовой резины (создание своеобразной мембраны). Поверх листовой резины затем заливают второй слой бетона, образующий плиту. К сожалению, долговечность мембран такого рода ограничена десятью годами эксплуатации. Возникающие разрывы в мембране обнаружить и ликвидировать невозможно.

Существует несколько видов гидроизоляционных компаундов. Они, как правило, представляют собой пластичную массу, наносимую распылением. Обладая определенными гидроизоляционными свойствами, указанные компаунды, однако, неэффективны с точки зрения предотвращения проникновения влаги через тончайшие открытые трещины.

Системы контроля за оплатой и порядком движения автомобилей в гараже. В больших гаражах-стоянках, обслуживающих аэропорты, дворцы приемов, центральные деловые районы, для контроля выручки имеются специальные системы. В функции такой системы входит учет всех приезжающих и отъезжающих автомобилей, регистрация квитанций, получение через кассиров наличных денег и текущий контроль их общей суммы. Система выдает информацию, необходимую для выявления неуплаты за стоянку или кражи выручки.

Чтобы обеспечить точную регистрацию всех операций, осуществляемых на стоянке, и сумму выручки, система должна отвечать следующим требованиям:

давать исключительно точный подсчет всех приезжающих и отъезжающих автомобилей;

обеспечивать контроль за тем, чтобы ни один водитель не мог покинуть зону стоянки, не оставив квитанции, или въехать на стоянку, предварительно не взяв квитанции;

обеспечивать четкую совместную работу всех часовых механизмов, конструкция которых должна быть рассчитана на работу без принудительного сброса показаний (осуществляемого обслуживающим персоналом);

должна иметь удостоверяющие устройства или кассовые регистраторы, рассчитанные на фиксирование операций при выезде автомобиля. Все квитанции должны быть проштемпелеваны клеймом, удостоверяющим ответственность конкретного кассира за свои действия при регистрации квитанций;

обеспечивать такие режимы работы аппаратов по выдаче квитанций и системы приема жетонов, которые исключали бы возможность выдачи двух квитанций одному лицу. Запас квитанций также должен храниться в надежном месте;

иметь соответствующие механизмы во входных и выходных дверях, исключающие возможность въезда через пункт выезда и, наоборот, выезда через пункты въезда.

Система наблюдения и обеспечения безопасности в пределах гаража. Любой большой гараж является потенциальным источником возникновения проблем, связанных с проявлениями хулиганства, кражами, ночевками бездельников и преступлениями против личности. Нередко гараж становится убежищем для алкоголиков и нарушителей закона. Почти все преступления, зафиксированные в гаражах, происходят в подъемниках и на лестничных клетках. Поэтому указанные гаражные зоны должны быть хорошо освещены и надежно запираются на ночь. Кроме того, по мере возможности следует проектировать лестничные клетки со стеклянными стенами вместо традиционных кирпичных. Бывает, что сооружение стеклянных стен идет вразрез с правилами противопожарной безопасности, однако во многих городах достигнуты компромиссные соглашения с представителями пожарной охраны и строительной инспекцией.

В гаражах, которые не предназначаются для круглосуточной работы, необходимо в пунктах въезда-выезда соорудить опускающиеся двери. И кроме того, архитектурно-планировочное решение гаража должно исключить возможность иного, кроме существующих пунктов въезда и выезда, доступа к гаражу. Существуют два вида внутренних наблюдательных систем, предназначенных для использования в гараже: телевизионные мониторы и акустические системы контроля. Акустическая наблюдательная система создает звуковую картину, фиксируя звуки в гараже на всех подъемниках и лестничных клетках. Контрольный динамик в конторе управляющего позволяет контролировать звуковую гамму и определять зоны возникновения предполагаемых происшествий.

В телевизионной системе контроля имеются телекамеры, распределенные по этажам гаража. Следует заметить, что данная система не получила широкого распространения, поскольку она, во-первых, требует наличия штатного оператора, постоянно наблюдающего за экраном монитора, и во-вторых, уровень внутригаражной освещенности нередко недостаточен для получения контрастного изображения на экране монитора. Технические возможности телевизионной системы ог-

раничены, поскольку невозможно во всех точках территории гаража разместить телекамеры. Кроме того, система может быть повреждена правонарушителями

Наряду с вышеописанными системами часто применяют внутригаражное патрулирование, позволяющее воспрепятствовать хулиганству и актам насилия.

Сравнение стоянок с самообслуживанием и стоянок, обслуживаемых сопровождающим персоналом. На большинстве современных стоянок предусмотрен режим самообслуживания. Его введение обусловлено трудностями, связанными с комплектованием штата сопровождающих с невысокой заработной платой и с отсутствием фондов на оплату их труда.

Когда водителю предоставляется право выбора, он, как правило, отдает предпочтение режиму самообслуживания, так как при этом он:

проявляет большую осторожность в обращении со своим автомобилем, чем обслуживающий персонал;

получает возможность, заперев двери своего автомобиля, взять с собой ключи; значительно быстрее, чем служащий гаража, без задержки находит свой автомобиль.

Однако режим самообслуживания имеет и недостатки: количество стояночных мест из-за неаккуратного паркования автомобилей сокращается на 10—15% по сравнению с обслуживаемыми стоянками.

Обслуживаемые стоянки следует рассматривать как вид общепринятого сервиса. Особо широкое распространение такие стоянки получили при ресторанах и отелях. Их строительство следует считать оправданным в центральных деловых районах крупных городов, где эффективность использования каждого стояночного места и потребность в стоянках достаточно высоки. Дополнительные емкости, обеспечиваемые обслуживаемой стоянкой, могут явиться источником дополнительных доходов для компенсации высокого уровня расходов на содержание обслуживаемой стоянки. Затраты на оплату труда обслуживающего персонала могут на 40% повысить стоимость паркования автомобиля на стоянке.

Сравнение вариантов расположения кассовых аппаратов в центре гаража и в пункте выезда. При центральном расположении кассовых аппаратов водитель после возвращения из пункта назначения идет к центральному киоску, оплачивает стоянку, проходит к своему автомобилю и в пункте выезда из гаража передает квитанцию контролеру. Если же касса расположена на выезде, то водитель должен найти свое стояночное место, выехать на автомобиле и непосредственно в пункте выезда остановиться и оплатить стоянку. Возможен и третий вариант расположения кассы. Например, на стоянках, обслуживающих спортивные сооружения, предусмотрена предварительная твердая оплата стоянки в пункте въезда на стоянку. В этом случае водителю не приходится останавливаться при выезде.

При выборе варианта размещения кассы следует предварительно рассмотреть все возможные варианты оплаты. Естественно, при выборе будут учтены особенности конструкции гаража-стоянки и его назначение. Например, для гаражей, обслуживающих универсальные магазины и подобные учреждения, предпочтительно центральное расположение кассы, поскольку на обратном пути из универсама клиенты пользуются одним и тем же пешеходным маршрутом. При центральном варианте расположения кассы пропускная способность полосы движения обеспечивается интервальностью выезда каждого автомобиля, равную примерно 6—10 с. На пункте выезда водитель сдает квитанцию контролеру.

При расположении кассы в пункте выезда полный интервал времени, необходимый для выезда из гаража, увеличивается до 20 с в расчете на полосу. Таким образом, центральное расположение касс повышает пропускную способность полосы в 2—3 раза.

Эстетический подход при проектировании гаражей-стоянок. При проектировании гаража-стоянки следует избегать широко распространенного архитектурного решения гаража в виде обычной бетонной коробки, не привлекательной для глаз человека. Напротив, следует обратить внимание на эстетическую сторону архитектурного решения. На практике красота и необычность возведенного здания определяются исключительно творческой фантазией архитектора.

Интерьер гаража можно значительно разнообразить панелями из алюминия с анодированным цветным покрытием и без покрытия, вертикальными пилонами, сборными бетонными панелями. Можно также использовать преимущества деко-

гративного освещения и ландшафтного проектирования. Необходимо обеспечить интересное цветовое решение интерьера окраской таких внутригаражных конструктивных элементов, как колонны, балки, фермы, кладки бетонных или шлакобетонных блоков. Разнообразия внешних видов гаражей можно добиться их окраской в различные цвета, благодаря чему водителю при отыскании своего автомобиля не придется вспоминать номер гаража.

Меры противопожарной безопасности. Многие строительные нормы содержат обширные требования по обеспечению гаражей средствами противопожарной защиты. Эти требования основываются на устаревших представлениях о противопожарной безопасности, которые еще много лет назад нашли свое отражение в указанных нормах и правилах. В результате специальных испытаний было установлено, что в случае возгорания одного из автомобилей другие рядом расположенные на стоянке автомобили остаются неповрежденными.

Наиболее воспламеняющимися материалами в автомобиле являются бензин, внутренняя обшивка салона и лакокрасочные покрытия. По удельному объему воспламеняющихся материалов, приходящихся на квадратный метр площади пола, гаражные сооружения значительно уступают офисам, жилым многоэтажным зданиям и частным домам.

Почти все существующие строительные нормы в части, касающейся подземных гаражей, требуют наличия системы пожарных спринклеров. При пожаре на автомобиле обычно тлеет обивочный материал, горит проводка под капотом, воспламеняется бензин. Во многих городах в настоящее время отказались от установки спринклеров, поскольку вода и пена неэффективны при тушении загораний автомобилей.

Одним из элементов системы обнаружения очага возгорания являются тепловые датчики, монтируемые на потолок. Эти датчики контролируют температуру в определенной зоне гаража и в случае превышения допустимой скорости возрастания внутригаражной температуры, равной 15 град/мин, выдают акустический сигнал тревоги.

В настоящее время признано, что нерационально иметь большое количество индивидуальных огнетушителей, распределенных по гаражу-стоянке. Вместо них рекомендуется применять крупные передвижные огнетушители, хранимые в центре гаража.

Конструктивное сравнение гаражей-стоянок и комплексных гаражей. Гараж-стоянка представляет собой отдельно расположенное сооружение, предназначенное преимущественно для парковки автомобилей и в малой степени для других целей. Комплексный гараж — это сооружение, в котором собственно гараж для хранения автомобилей является лишь частью общего комплекса, функциональное назначение которого значительно шире, чем паркование автомобилей.

В настоящее время в связи с необходимостью более эффективного использования земельных площадей в городах наметилась тенденция к строительству комплексных гаражей. Нехватка земли и ее высокая стоимость явились причиной того, что строительство гаражей-стоянок в ряде случаев становится практически нецелесообразным и нереализуемым с финансовой точки зрения.

Гаражи-стоянки включают в проекты сооружения зданий различного назначения. Уже построены различные здания: конторы, многоэтажные дома, предприятия розничной торговли, в нижних или верхних этажах которых располагаются гаражи-стоянки.

Проектирование комплексного гаража несравненно сложнее, чем гаража-стоянки. Основная трудность при этом заключается в расположении несущих колонн. Наилучший и наиболее эффективный для гаража-стоянки вариант расположения колонн не является таковым для конторских зданий или других объектов. И аналогично, идеальный вариант расположения колонн конторского здания или другого объекта может оказаться непригодным для реализации функции гаража-стоянки. Результаты компромиссного решения снижают эффективность функционирования гаража из-за неоптимальности расположения колонн.

Сборные гаражные конструкции. В течение последних нескольких лет был внедрен целый ряд патентованных конструктивных систем. В настоящее время, однако, из-за отсутствия результатов долговременной эксплуатации не представляется возможным судить об их достоинствах и недостатках.

Перечень систем сборных конструкций включает: стальные рамные конструкции в сочетании со сборными бетонными панелями; стальные рамные конструкции в сочетании с бетонными плитами, заливаемыми на месте;

свободно стоящие готовые секции в сочетании с бетонными перемычками, заливаемыми на месте.

Применение сборных конструкций при строительстве гаражей — один из путей решения проблемы организации сети стоянок. Тем не менее при выборе того или иного варианта сборной конструкции следует внимательно изучить его положительные и отрицательные стороны. Не исключено, что сборная конструкция окажется дешевле обычной и тогда ее выгодно будет применять для возведения временного гаража на площадке, отведенной на определенный промежуток времени и подлежащей последующему переоборудованию (что является характерным для городских районов перспективной застройки). Однако при обсуждении вопроса о перемещении конструктивных элементов гаража на новое место следует предусмотреть демонтаж, транспортировку и повторную сборку конструкций на новом месте. Не исключено, что этот вариант окажется проблематичным в связи с трудностями монтажа гаражных конструкций на новой строительной площадке. Проблематичность реализации временного варианта возрастает, если на новом месте необходимо сохранить смонтированные в гараже механические, электрические и другие системы.

Характерной особенностью сборных гаражей является большое количество панельных стыков. В связи с этим возникает проблема обеспечения надежной герметизации и водонепроницаемости стыков. При строительстве сборных гаражей в районах с обильными осадками и снегопадами важность решения этой проблемы, а также проблемы долговечности конструкции значительно возрастает.

Гаражи с механическими подъемниками или грузовыми лифтами. В механических или элеваторных гаражах автомобиль на определенном этаже или на определенное стояночное место поднимает механический подъемник или грузовой лифт. Существует большое количество разнообразных конструкций гаражей с механическими подъемниками, однако их строительство во всем мире в последние годы сократилось главным образом в связи с проблемами неудовлетворительной эксплуатации механического оборудования.

Статистика показывает, что в обычном гараже указанного типа механическое оборудование приходит в негодность уже через семь лет после начала его эксплуатации, т. е. задолго до срока полной окупаемости гаража. Более того, отказ механического оборудования гаража может парализовать работу гараж в целом или по крайней мере одной из секций, вызвав недовольство его пользователей, автомобили которых окажутся заблокированными.

Дополнительные проблемы, создаваемые применением механического оборудования, заключаются в невозможности его подстройки под ритм и плотность потока автомобилей, подъезжающих к стоянке и отъезжающих от нее. В связи с ограниченной въездной пропускной способностью гаража возникает необходимость в дополнительных больших площадках для разгрузки близлежащих улиц от очереди автомобилей, подъехавших к стоянке.

С другой стороны, слишком медленная разгрузка гаража может заставить клиентов длительное время ожидать появления своего автомобиля. Гаражи указанного типа достаточно эффективны лишь в тех районах, где в течение всего дня потребность в стоянках носит сравнительно равномерный характер.

В центральных деловых районах гаражи с механическими подъемниками эффективно используются для обслуживания мотелей и отелей.

Подземные гаражи-стоянки. Основное различие между подземным и наземным вариантами гаражей-стоянок заключается в различной стоимости строительства. Обычно подземный гараж дороже эквивалентного наземного в 1,5—2 раза (в расчете на одно стояночное место). Эта стоимостная разница объясняется необходимостью монтажа более мощной и разветвленной осветительной сети в подземном гараже, а также дополнительными затратами на монтаж механических устройств и систем принудительной и естественной вентиляции. При высоком уровне грунтовых вод требуется сооружение более мощного фундамента глубокого заложения. С учетом этих факторов признано целесообразным строить трех-четырёхэтажные подземные гаражи.

Основной проблемой строительства подземных гаражей является гидроизоляция стыков панелей и плит от напора грунтовых вод, определяемого величиной гидростатического давления. Другая проблема, возникающая при размещении гаража под парковой зоной, — просачивание воды сверху через крышу.

Конструктивные и функциональные характеристики подземных и наземных гаражей идентичны, однако в связи с трудностями ориентирования в подземном гараже более важное значение приобретает расстановка указателей направления движения и продуманное четкое нанесение разметочных линий. Это существенно также при ориентации водителей и пешеходов относительно направления улиц и основных объектов.

Уровень затрат на гаражное строительство. Полная стоимость строительства гаража-стоянки определяется многими факторами. Стоимость одного квадратного метра обычного наземного гаража-стоянки с рампами колеблется в пределах от 65 до 85 долл. или 2000—3000 долл. в расчете на одно стояночное место (стоимость одного квадратного метра наземной открытой стоянки — от 11 до 22 долл. с учетом всего комплекса технических средств).

Такие факторы, как тип используемого подъемника (с гидравлическим или электрическим приводом), протяженность фасада сооружения, степень сложности оборудования по контролю выручки и требования в отношении противопожарных устройств, в значительной мере влияют на стоимость строительства гаража-стоянки. Для подземного гаража строительные затраты на одно стояночное место составляют 4000—7000 долл., для гаражей с механическими подъемниками — ориентировочно 4000—5000 долл. на одно стояночное место.

СТОЯНКИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Характеристики стоянок, обслуживающих конкретные мероприятия на объектах специального назначения (при стадионах, дворцах приемов, зрелищных сооружениях, выставочных павильонах). Потребность в стоянках с определенной вместимостью, обслуживающих спортивные сооружения, дворцы приемов и другие аналогичные сооружения, зависит от многих факторов. В центральных деловых районах по сравнению с пригородными потребность в стоянках, обслуживающих указанные объекты, меньше, поскольку там имеется более широкая сеть общественного транспорта и более широкие возможности частичного удовлетворения этой потребности за счет использования существующей сети стоянок.

Первый шаг при расчете вместимости сети стоянок — изучение характеристик стадиона (или другого объекта), а также количества и характера мероприятий, намеченных к проведению на нем на определенный период времени. Для определения расчетной загрузки стоянки должна быть сделана оценка ожидаемой максимальной и средней загрузки объекта. Учету подлежит и такой фактор как среднее количество пассажиров в автомобиле.

Установлено например, что на бейсбольные матчи прибывает в среднем по 2,5 чел. в одном автомобиле, тогда как на футбольные — по 3,5. Исследования показали также, что для футбольных болельщиков приемлем более длинный путь от стоянки до трибуны, чем для бейсбольных.

Время полной разгрузки стоянки — очень важный показатель работы стоянок, обслуживающих стадионы или специальные мероприятия.

Как правило, его величина колеблется от 30 до 60 мин и необходимо принимать меры для его возможного снижения. Одним из способов достижения этой цели является размещение касс для оплаты за стоянку на въезде или предварительный сбор оплаты за стоянку. Наряду с этим на время разгрузки влияют внутренние планировка стоянки, наличие рамп и пунктов выезда и характеристики прилегающей уличной сети. В связи с большим наплывом пешеходов следует по возможности обеспечить разделение транспортных и пешеходных потоков. Особенно важным в этом смысле является участок выезда автомобилей со стоянки на улицу. Вышеуказанное разделение может быть достигнуто направлением пешеходных потоков по подземным туннелям или надземным переходам.

Стоянки автомобилей в аэропортах. Интенсивность потоков пассажиров, прибывающих для посадки на самолет или сходящих с самолета — наиболее важный фактор, влияющий на потребную вместимость стоянок аэропорта.

Характеристики стоянок в обследованных аэропортах

Местонахождение аэропорта	Служебные поездки, %				Другие поездки, %			
	Вид стоянки				Вид стоянки			
	платная	бесплатная	уличная	зона, не предназначенная для парковки ¹	платная	бесплатная	уличная	зона, не предназначенная для парковки ¹
Атланта	4	94	1	2	30	51	6	13
Буффало	17	66	14	3	39	27	15	20
Чикаго	6	77	17	1	31	43	11	15
Миннеаполис-Санта Пола	12	81	3	3	16	45	21	18
Филадельфия	9	80	11	—	35	38	19	9
Провиденс	7	84	7	3	9	81	—	10
Сан-Диего	20	80	—	—	7	29	43	21
Сиэтл-Такома	13	86	1	—	23	35	32	9
Вашингтон (национальный аэропорт)	4	91	4	1	23	46	15	15

¹ Автомобиль поставлен на ремонт, техническое обслуживание и для других целей, не связанных со стоянкой

Потребная площадь стоянок для автомобилей служащих аэропорта и лиц, прибывающих в аэропорт не в связи с полетом, обычно также пропорциональна интенсивности пассажиропотока. В связи с этим правильная оценка потока авиапассажиров является основой для планирования вместимости стоянок аэропорта.

В табл. 15.8 приведены данные об использовании стоянок служащими аэропорта и другими пользователями в ряде обследованных американских аэропортов. Из табл. 15.8 видно, что служащие предпочитают пользоваться бесплатной стоянкой.

Длительность пользования стоянками (табл. 15.9) аэропорта может находиться в пределах от нескольких минут до периода, превышающего неделю. На общественной стоянке в интернациональном аэропорту Сиэтл-Такома в результате обследования было установлено, что почти 68% от общего числа водителей пользовались стоянкой менее 4 ч, в то время как 19% — пользовались более одного дня. Детальное изучение контингента лиц, пользующихся стоянкой, показало, что средняя длительность пользования стоянкой составляет 57 мин.

В крупных городских зонах аэропорт, как правило, самый значительный генератор транспортных потоков и пользователей стоянок, не считая центрального делового района города. В связи с этим использование чисто практического метода для расчета вместимости стоянки в аэропорту нецелесообразно. Данные обследования каждого аэропорта следует проанализировать особо.

В табл. 15.10 приведен перечень видов транспортных средств, доставляющих пассажиров в три нью-йоркских аэропорта. Количество авиапассажиров, прибывающих в аэропорты на автомобилях, находится в пределах от 37 до 60%.

Максимальное количество автомобилей, прибывающих в различные аэропорты в расчете на 1000 отбывающих авиапассажиров, далеко не одинаково (табл. 15.11). В Лос-Анджелесском международном аэропорту этих автомобилей зафиксировано втрое больше, чем в чикагском аэропорту О'Харэ. Планированию или расчету потребности в стоянках должен предшествовать этап детального изучения контингента авиапассажиров, характерного для каждого из указанных аэропортов.

**Длительность пользования общественной стоянкой
в интернациональном порту Сиэтл-Такома**

Длительность пользования стоянкой	Количество автомобилей	Процент от общего количества автомобилей	Нарастающий процент	Длительность пользования стоянкой	Количество автомобилей	Процент от общего количества автомобилей	Нарастающий процент
До 4 ч	514	67,8	67,8	2 дня	33	4,3	92,9
4—8	31	4,1	71,9	3 »	18	2,4	95,3
8—12	36	4,7	76,6	4 »	13	1,7	97,0
12—16 »	13	1,7	78,3	5 дней	8	1,1	98,1
16—20 »	8	1,1	79,4	6 »	6	0,8	98,9
20—24 »	11	1,4	80,8	7 дней и более	8	1,1	100,0
1 день	59	7,8	88,6			100,0	
				Итого	758	100,0	

Стоянки в месте пересадки с одного вида транспорта на другой. Пересадочная станция-стоянка предназначается преимущественно для пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой. В более конкретном смысле пересадочный пункт такого рода используется для пересадки в автомобили на общественный транспорт.

В связи с частыми заторами в центральном деловом районе города лица, систематически посещающие эту часть города, во многих случаях используют окраинные стояночные зоны для пересадки с легкового автомобиля на автобус или вельсовый транспорт.

В табл. 15.12 показано, каким образом посетители центра города прибывают на две пересадочные станции в г. Милуоки (штат Висконсин).

Таблица 15.10

**Распределение пассажиров, следующих в аэропорты Нью-Йорка
по видам транспорта, %**

Вид транспортного средства	Аэропорт Ла-Гардиа	Аэропорт Ньюарк	Международный аэропорт им. Дж. Коннеди	Средний процент
Легковые автомобили	37	60	44	45
Легковые автомобили-такси	46	12	31	32
Рейсовые автобусы аэропорта	9	13	12	11
Автобусы	2	10	3	4
Пригородные автобусы	5	4	8	6
Другие виды транспорта	1	1	2	2
Итого	100	100	100	100

Таблица 15.11

**Плотность автомобильного потока
в расчете на 1000 авиапассажиров**

Местонахождение аэропорта	Процент транзитных пассажиров	Процент пассажиров такси или автомобилей	Количество автомобилей на 1000 отбывающих пассажиров
Ла-Гардиа (Нью-Йорк)	11	83	530
О'Харэ (Чикаго)	70	81	180
Атланта	70	93	200
Лос-Анджелес	15	93	630

Стоянки торгового центра были оборудованы как пересадочные станции на автобус-экспресс, выполняющий рейсы по автомагистрали, конечным пунктом которого является центральный деловой район. Как видно из табл. 15.12, на каждой из этих станций автомобили паркуют менее 40% постоянных посетителей центра.

В табл. 15.13 приведены данные о вариантах проезда в ЦДР тех же лиц в период, предшествовавший началу работы автобусов-экспрессов. Более 40% из них ездили в центр на автомобиле, 48,6% пользовались обычным автобусом. Пересадочный вариант поездки может оказаться удачным только в том случае, если он достаточно конкурентоспособен с легковым автомобилем. При этом необходима гарантия своевременной доставки пассажиров в центр из удобных мест пересадки.

Полная стоимость паркования на стоянке и проезда на автобусе-экспрессе должна быть меньше стоимости паркования в центральном деловом районе, и, кроме того, время проезда на общественном транспорте не должно значительно превышать время проезда на автомобиле.

Наряду с достаточным количеством стояночных мест на пересадочной станции-стоянке должен быть обеспечен легкий и удобный въезд и выезд транспортных средств, доставляющих и принимающих пассажиров.

Стоянки, обслуживающие торговые центры. Торговые центры являются основными генераторами дорожного движения, интенсивность которого достигает наибольших значений в месяц, предшествующий Новому году. Обычно максимальное скопление автомобилей на стоянке приходится на середину дня в последнюю субботу. В другие же дни пиковая загрузка стоянки наблюдается от 19 до 20 ч.

Таблица 15.12

Количество постоянных пользователей маршрутом, прибывающих на пересадочные станции-стоянки близ торгового центра в г. Милуоки (штат Висконсин) для поездки в ЦДР

Клиенты станции	Пересадочная станция-стоянка в Мэйфэар		Пересадочная станция-стоянка в Бэйшо	
	Количество	Процент	Количество	Процент
Водители автомобилей	157	38,9	119	38,4
Пассажиры автомобилей	132	34,4	88	28,4
Лица, для которых станция — конечная цель поездки	22	5,4	30	9,7
Пешеходы	66	16,3	51	16,4
Пассажиры других маршрутных автобусов	20	5,0	22	7,1
Итого	404	100	310	100

Количество лиц, пользующихся в настоящее время пересадочной станцией, до введения автобуса-экспресса для проезда в ЦДР

Клиенты станции	Пересадочная станция-стоянка в Мэйфэар		Пересадочная станция-стоянка в Бэйшо	
	Количество	Процент	Количество	Процент
Водители автомобилей	182	41,2	141	44,4
Пассажиры автомобилей	37	8,4	43	13,5
Пассажиры автобуса	215	48,6	132	41,5
» поезда или такси	8	1,8	2	0,6
Итого	442	100	318	100

На рис. 15.5 представлены зависимости распределения загрузки стоянки в день пик и в обычный день в период, предшествующий празднованию Нового года.

На рис. 15.6 представлена зависимость ежедневной потребности в парковании автомобилей на стоянках торговых центров, показывающая количество дней или часов, когда потребность превышала уровень, заданный графиком.

Тридцатый час пиковой загрузки стоянки соответствует шестому дню пиковой загрузки стоянки, десятый час — третьему дню. В качестве расчетной рекомендуется загрузка, равная 5,5 стояночных мест на каждые 92,9 м², соответствующая десятому часу (третьему дню) пиковой загрузки арендуемой территории. Для существующего среднего торгового центра это значение вполне реализуемо. Однако для отдельных торговых центров потребность в стоянках может измениться в ту или иную сторону от указанной нормы. На практике планировочное решение зоны торгового центра должно предусматривать наличие стоянки, рассчитанной с учетом нормы, несколько превышающей указанное значение.

В некоторых случаях число стояночных мест у действующих торговых центров в 2 раза и более превышает приведенную норму.

Торговый центр сегодняшнего дня представляет собой комплекс собственно торговых предприятий и учреждений другого функционального назначения, таких, как театры, конторы, банки.

Периоды пиковой загрузки стоянки, связанные с работой торгового центра и учреждений другого функционального назначения на практике не совпадают. В связи с этим установлено, что площадь зоны торгового центра можно увели-

Таблица 15.14

Виды стоянок, используемых работниками промышленных предприятий, %

Численность работников в штате	Бесплатная внеуличная стоянка	Уличная стоянка	Другие виды стоянок	Общий процент
От 0 до 2 500	95	3	2	100
» 2 500 до 5 000	94	4	2	100
» 5 000 » 10 000	77	19	4	100
Свыше 10 000	67	14	19	100
Средняя процентная доля	89	6	5	100

Результаты опроса о типе стоянок, обслуживающих колледжи и университеты

Количество стояночных мест	Процент ответов			
	Гаражная стоянка	Открытая стоянка	Институтская стоянка	Арендванная стоянка
Менее 100	—	—	49,5	95,5
От 100 до 500	—	—	25,3	3,6
Менее 500	83,5	11,8	—	—
От 500 до 1 000	7,8	12,6	11,2	0,9
Более 1 000	—	—	14,0	0,0
От 1 000 до 2 000	6,1	16,5	—	—
» 2 000 » 3 000	0,9	15,8	—	—
Более 3 000	1,7	—	—	—
От 3 000 до 5 000	—	22,8	—	—
» 5 000 » 7 000	—	8,7	—	—
» 7 000 » 10 000	—	8,7	—	—
Более 10 000	—	3,1	—	—
Итого	1000	100	100	100

чить примерно на 20% для размещения на ней другой службы, при этом потребность в стоянке в часы пик практически не увеличится.

Стоянки, обслуживающие промышленные предприятия. Характеристики стоянок, обслуживающих промышленные предприятия, определяются рядом факторов. Месторасположение предприятия является доминирующим фактором. Роль этого фактора более существенна для пригородных предприятий, функционирование которых зависит от степени развития общественного транспорта.

Таблица 15.16

Зависимость уровня обеспеченности автомобилями от дохода семей (Вашингтон, Федеральный округ Колумбия)

Вид жилого дома	Доход и характеристика семьи	Количество автомобилей на семью
Многоэтажный	Высокий уровень дохода, пожилая группа	0,33 : 1
»	Высокий уровень дохода, другие возрастные группы	1,3 : 1
»	Средний уровень дохода, пожилая группа	0,20 : 1
»	Средний уровень дохода, другие группы	1,10 : 1
»	Низкий уровень дохода, пожилая группа	0,10 : 1
»	Низкий уровень дохода, другие группы	0,20 : 1
Малозэтажный	Высокий уровень дохода	1,50 : 1
»	Средний » »	1,30 : 1
»	Низкий » »	0,40 : 1

Потребность в стоянках зависит также от количества смен на производстве, вида производства, сезонных колебаний его объема, пола работников и уровня их доходов.

На рис. 15.7 приведена кривая характерного распределения загрузки стоянки автомобилями, принадлежащими работникам автосборочного завода. Отчетливо просматриваются пики между сменами. Три скачка пиковой загрузки имеют примерно одну и ту же амплитуду. Степень использования стоянок различного вида зависит от численности штата работников предприятия (табл. 15.14). По мере роста этой численности пользование бесплатными внеуличными стоянками уменьшается и, наоборот, количество лиц, пользующихся уличными и другими стоянками (прежде всего платными внеуличными), возрастает. Это позволяет сделать наиболее вероятный вывод о возрастающем превалировании потребности над вместительной способностью существующих стоянок по мере увеличения предприятия.

Стоянки, обслуживающие колледжи и университеты. Стоянки на территории колледжей и университетов представляют собой существенную проблему.

Большая часть институтских стоянок расположена на внеуличных площадках. В табл. 15.15 приведены результаты опроса сотрудников колледжей и университетов США Международным конгрессом по организации городской сети стоянок (IMPC).

Обследование 38 американских колледжей и университетов показало, что в зависимости от численности студентов и институтского персонала используются стоянки тех или иных типов.

По мере роста численности студентов и институтского персонала снижается доля использования бесплатных стоянок. Менее 3% водителей, совершающих служебные поездки, оплачивают стоянку на территории института с численностью студентов менее 10 000 чел.

Однако при численности студентов в 20 000 чел платными стоянками пользуются более 50% лиц,

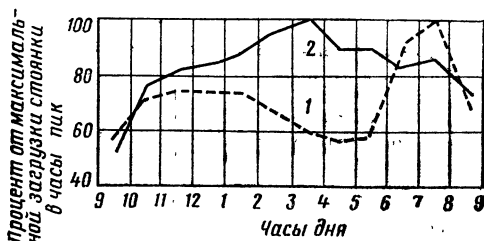


Рис 15.5. Загрузка стоянки обычного торгового центра в день пик и в обычные дни в канун Нового года:

1 — кривая распределения загрузки в обычные дни; 2 — кривая, построенная для дня пиковой загрузки стоянки

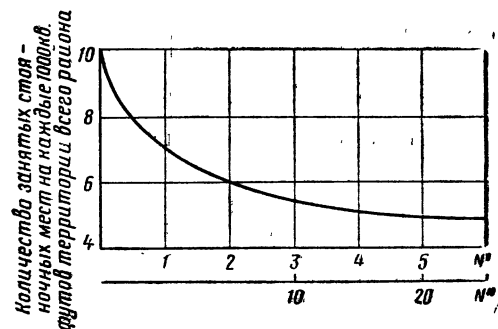


Рис 15.6. Ежедневная потребность в местах на стоянках у торговых центров:

N' — количество дней в году, когда потребность в стоянке превышает значение, заданное кривой. N'' — количество часов в году, когда потребность в стоянке превышает значение, заданное кривой. Кривая построена на основе анализа работы стоянок, обслуживающих 103 торговых центра, в районе которых нет театров, контор и т. д.



Рис. 15.7. Загрузка Q в течение рабочих суток автомобильной стоянки, обслуживающей промышленное предприятие. Q представляет собой отношение количества одновременно стоящих автомобилей к среднесуточному количеству прибывающих автомобилей на стоянку в процентах

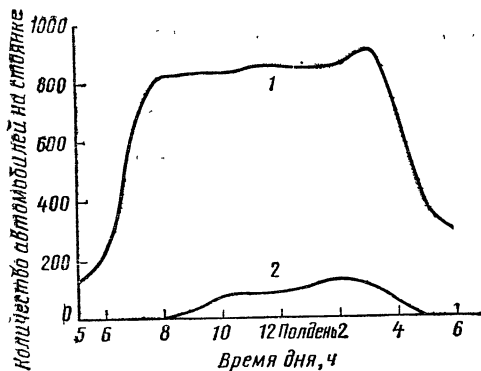


Рис. 15.8. Кривая загрузки стоянки, обслуживающей Детройтскую больницу общего типа:

1 — обслуживающий персонал, 2 — посетители

Стоянки в жилых районах города. Характеристики стоянок в жилых районах города существенно отличаются от характеристик стоянок в других районах. Пиковая загрузка стоянок жилого района приходится на ночь. Эта загрузка является функцией количества автомобилей, принадлежащих жителям данного района.

На количество автомобилей у жителей данного района влияют такие факторы, как доход семьи, возраст ее членов, размеры семьи, наличие или отсутствие общественного транспорта, тип и расположение жилых домов. В табл. 15.16 рассмотрена зависимость уровня обеспеченности автомобилями от дохода семьи и ее принадлежности к определенной возрастной группе, а также от характеристики жилища.

По мере увеличения плотности застройки жилого района (соотношение высоких и низких домов в пользу первых) уровень обеспеченности автомобилями падает. По мере увеличения доходов этот уровень повышается. Однако для семей пожилой возрастной группы уровень обеспеченности автомобилями значительно ниже, чем в семьях других возрастных групп

В жилых зонах с многоквартирными домами стояночных мест, как правило, вполне достаточно, поскольку эти дома имеют свои подъездные пути и определенную площадь для уличной стоянки. Однако в зонах многоквартирных домов, в частности в старых районах города, внеуличные стоянки практически отсутст-

Таблица 15.17

Использование различных видов стоянок у больниц, %

Тип больницы	Служебные поездки				Поездки другого назначения			
	Внеуличные стоянки		Уличные стоянки	Автомобили, оставленные не для стоянки (ремонт, техническое обслуживание и др.)	Внеуличные стоянки		Уличные стоянки	Автомобили, оставленные не для стоянки
	платные	бесплатные			платные	бесплатные		
Общего типа								
До 300 коек	1	81	18	—	3	49	30	18
От 300 до 399 коек	1	91	8	—	2	54	25	19
От 400 до 499 коек	6	57	37	—	8	29	46	17
От 500 до 599 коек	—	83	17	—	—	44	31	25
От 600 до 999 коек	3	84	12	1	8	43	27	23
От 1000 и более	4	84	11	1	8	47	23	22
Среднее для больницы общего типа	3	80	16	1	5	45	30	20
Для ветеранов	6	84	10	—	6	56	25	13
Психиатрические	—	97	3	—	—	62	14	24
Университетские	25	67	7	1	7	39	12	42

**Фактический уровень обеспеченности больниц отдельными и общими
(для персонала и посетителей) стоянками**

Тип больницы	Раздельные стоянки				Общие стоянки		Общее количество стояночных мест на 100 коек и единиц персонала по двум типам стоянок
	Количество больниц	Количество стояночных мест на 100 ед. персонала	Количество стояночных мест для посетителей в расчете на 100 коек	Общее количество стояночных мест на 100 коек и единиц персонала	Количество больниц	Общее количество стояночных мест на 100 коек и единиц персонала	
Общего типа:							
До 500 коек	22	21	52	31	9	41	32
Более 500 коек	6	18	8	14	11	29	20
Все больницы общего типа	28	20	32	24	20	32	26
Для ветеранов	5	45	29	39	5	38	39
Психиатрические	2	32	7	14	—	—	14

руют и вместительная способность уличных стоянок может не удовлетворять существующей потребности в стоянках. Ряд мероприятий, осуществленных год назад в Милуоки (штат Висконсин), помог разрешить эту проблему. В этом городе была введена плата за право пользования уличной стоянкой в жилых районах, где потребность в стоянке высока. Вырученные средства образовали фонд, предназначенный для строительства внеуличных стоянок в этой зоне города.

Стоянки, обслуживающие больницы. Потребность больниц в стоянках зависит от их месторасположения (пригород или город), численности штата медицинского и обслуживающего персонала, количества коек, типа больницы и уровня амбулаторного обслуживания. Тем не менее степень загрузки стоянок, обслуживающих большинство больниц, примерно одинакова, поскольку основное требование к стоянке — обслуживание персонала, работающего в три смены.

Анализ кривой загрузки стоянки, расположенной при Детройтской больнице общего типа (600 коек, 1760 ед. обслуживающего персонала, включая 200 ед. с неполным рабочим днем), показывает, что пиковая загрузка имеет место в межсменный период от 14.00 до 16.00 ч (рис. 15.8). В табл. 15.17 приведены типы стоянок, используемых в зоне больниц. Почти все внеуличные стоянки при больницах бесплатные. Обслуживающий персонал чаще, чем другие лица, прибывающие в больницу, пользуется внеуличными стоянками.

Исходные данные для расчета потребности в стоянках для разных больниц существенно различны. Показатели обеспеченности больниц стоянками приведены в табл. 15.18. Если стояночные площадки для автомобилей обслуживающего персонала отделены от стоянок посетителей больниц, то обычная больница обеспечивается из расчета лишь 20 стояночных мест на 100 ед. персонала плюс 32 стояночных места на 100 коек. Когда стояночная площадка общая, больница обеспечивается из расчета 32 стояночных места на 100 коек и 100 единиц обслуживающего персонала. Обеспеченность больниц стоянками снижается по мере увеличения их размеров, что свидетельствует о возрастании трудностей с размещением автомобилей в зоне крупных больниц.

Как правило, решающее влияние на размеры стоянки оказывает тип больницы. Больницы с большими амбулаторными отделениями, больницы специализированного типа, такие, как психиатрические лечебницы или госпитали для ветеранов,

Основные нормы для резервирования площадей и проектирования стоянок

Вид объекта	Единица измерения	Количество стояночных мест на единицу измерения			
		Резервируемая площадь	Потребность в стояночных местах	Стандартная норма для проектирования стоянки	Рекомендуемая минимальная норма
Одноквартирный жилой дом	Дом	1—2	0,5—2,0	1—2	2
Многоквартирный жилой дом	Дом	0,4—0,5 и более	0,3—2,0	0,7—2,0	1,0
Больница	Койкоместо	0,25—1,40	0,6—1,40	1,0—1,4	1,2
Зрительный зал, театр или стадион	Место для сидения	0,08—0,25	0,08—0,5	0,25—0,33	0,3
Ресторан	Посадочное место	Различная	Не установлена	0,33—0,50	0,3
Промышленное предприятие	Сотрудник	То же	Различная	0,33—0,50	0,6
Церковь	Место	0,1—0,35	Не установлена	0,20—0,35	0,3
Колледж, университет	Студент	Различная	0,4—0,6	0,5—0,7	0,5 (0,2 для зоны, где имеется удобный общественный транспорт)
Розничная лавка	92,9 м ² общей площади пола	1,5—3,0	1,5—8,0	2,0—8,0	4,0
Канторские учреждения	92,9 м ² общей площади	Различная	2,9—4,0	2,0—5,0	3,3
Торговый центр	92,9 м ² общей площади	—	—	—	5,5
Отель, мотель	Комнаты, сотрудники	—	—	—	1,0 на комнату и 0,5 на сотрудника
Начальная школа (младшие классы)	Классная комната	—	—	—	1,0
Старшие классы средней школы	Студенты и персонал	—	—	—	0,2 на студента и 1,0 на единицу персонала

больницы с медицинскими школами, обслуживаются стоянками, характеристики которых значительно отличаются.

Коэффициент занятости автомобиля главным образом зависит от цели поездки. Для служебных поездок этот коэффициент составляет 1,1, для поездок больных и посетителей больниц в среднем — 1,6 чел. на автомобиль. Средняя занятость автомобиля, совершающего поездки другого назначения, колеблется в пределах от 1,8 до 1,9. Усредненное общее значение равно 1,4 чел. на автомобиль.

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ СТОЯНОК

Нормативы резервирования территории для стоянок являются средством гарантированного обеспечения внеуличными стоянками всех новых сооружаемых объектов.

Резервирование предусматривает выделение определенного количества стояночных мест при новом строительстве и капитальной реконструкции сооружения. Только на базе такого дальновидного подхода возможно в значительной степени решить проблему городских стоянок. Создание достаточно развитой сети внеуличных стоянок будет способствовать ограничению или полному запрещению стоянок на улицах города. В результате уличная сеть сможет более эффективно выполнять свою основную функцию по обеспечению условий для движения транспортных средств.

Различия по уровню потребности в стоянках свойственны не только отдельным объектам, но и зависят от расположения одних и тех же объектов в плане города. Уровень потребности в стоянках определяется также наличием сети общественного транспорта, экономическим развитием города или района, политикой местных властей, сложившимися традициями. Поэтому применение усредненных норм резервирования стояночных территорий может на практике привести в одних случаях к строительству недостаточно вместительной сети стоянок и в других к необоснованному перерасходу средств на стоянки.

Для выявления потребности в стоянках полезно изучить фактически складывающуюся ситуацию со стоянками около характерных объектов. Результаты этого изучения необходимо использовать для корректировки нормативов резервирования площадей под стоянки с учетом местных условий. Нормативы резервирования стоянок должны учитывать особенности различных районов города.

Целесообразность тех или иных отклонений от нормативов определяет апелляционная комиссия.

Сравнительно новым является комплексный подход к отведению земель под стоянки. Он предусматривает условное объединение отличных по функциональному назначению объектов в единый функциональный комплекс.

Потребности в стоянках для различных объектов рассматриваются в комплексном проекте и задаются с учетом их специфических особенностей. Затем совокупность этих потребностей корректируется с учетом функционирования проектируемого комплекса как единого целого. Однако при окончательном анализе общего плана расположения стоянок указанный комплекс требований может быть расширен или сужен в зависимости от характеристики городского района и совместимости объединенных объектов.

В табл. 15.19 приведены нормы обеспечения стоянками различных объектов. При этом следует отметить, что данные последнего столбца табл. 15.19 заимствованы из одного источника, в то время как остальные данные — из другого. Почти все рекомендации двух источников совместимы. Тем не менее некоторый разноречивый все же наблюдается, в частности, для промышленного сектора: один источник рекомендует планировочную норму, равную 0,33—0,50 стояночного места на каждого работника, в то время как другой предлагает минимально допустимую норму, равную 0,6 стояночного места. Из табл. 15.19 видны различия в потребностях и нормативных требованиях к емкости стоянок для однотипных объектов.

МУНИЦИПАЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ И ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СЕТИ СТОЯНОК

Проблемы организации сети стоянок в различных городах решаются различными функциональными органами с учетом своей финансовой базы. В зависимости от размеров города, структуры государственных учреждений и других факторов каждый метод планирования и строительства имеет свои преимущества и недостатки.

Муниципальная администрация, ведающая организацией стоянок. Функции по организации сети стоянок могут быть переданы определенным службам, входящим в городской муниципалитет, например управлению общественных работ

или управлению по организации дорожного движения. Это наиболее простой из методов руководства работами по строительству сети стоянок, используемый часто в малых городах. Однако следует отметить, что указанные службы часто не придают должного значения вопросам удовлетворения потребности города в автомобильных стоянках, в результате чего намечаемые ими программы оказываются недостаточно эффективными. Создание специального управления по организации автомобильных стоянок, несомненно, обеспечивает большую результативность в решении этой проблемы.

Однако для успешной работы это управление должно тесно сотрудничать с управлением организации дорожного движения.

Как правило, в городах создаются отделы, комиссии, бюро типа гражданских консультативных советов, в функции которых входит выдача рекомендаций управлению по организации стоянок. Члены консультативного совета назначаются. Такой подход к структуре руководящих органов позволяет обеспечить участие граждан города в решении проблемы стоянок.

Комиссия по организации сети стоянок находится в подчинении назначенного совета по вопросам стоянок, имеет свой собственный штат и бюджет и составляет, а также выполняет программу, направленную на удовлетворение потребности города в стоянках. Существенным преимуществом комиссии является право решающего голоса как при разработке программы, так и в вопросе о выпуске необлагаемых налогом облигаций для финансирования проектных и строительных работ.

Финансирование программ по организации сети стоянок. На практике существует ряд вариантов финансирования муниципальных программ.

Один из вариантов, нашедших преимущественное распространение в малых городах, заключается в финансировании работ по развитию сети стоянок за счет статей бюджета на содержание городского хозяйства или на капитальный ремонт. Основанием для подобной финансовой политики служит в ряде мест сложившийся взгляд на организацию стоянок как на государственную систему обслуживания, подобную уличной сети или канализации.

Вторым источником образования фондов финансирования сети внеуличных стоянок являются доходы от эксплуатации существующих стоянок. Они включают в себя сумму выручки паркометров, доходы от существующей сети внеуличных стоянок, а также от штрафов за нарушение правил стоянки.

Недостатком такой системы финансирования является слишком малая сумма собранных средств

Третьей формой финансирования, имеющейся в распоряжении муниципалитетов, является сбор необходимых средств с лиц, получающих выгоды от организации новых стоянок. При налогообложении местных жителей учитываются такие факторы, как количество потенциальных пользователей стоянкой (на семью или домовладение), расстояние до проектируемой стоянки и уровень доходов. Принципиальный недостаток данного метода состоит в том, что несогласие налогоплательщиков с уровнем налогообложения и наличие противников предлагаемой системы могут привести к задержкам в финансировании реализуемой программы.

Четвертой формой и источником финансирования является налог на стоянку. Каждое предприятие, располагающееся в данном районе, должно позаботиться об организации стоянки в соответствии с действующими нормативами или вместо самостоятельного строительства стоянки обязано заплатить налог на стоянку. В каждом из районов, таким образом, общий фонд финансирования внеуличных стоянок складывается из доходов от налогообложения потенциальных клиентов стоянок, выручки от паркометров и доходов от штрафов. На этой финансовой основе можно обеспечить развитие сети стоянок района в соответствии с существующими потребностями.

Во многих городах широко распространенным инструментом финансирования является выпуск специальных облигаций. При этом доход от облигаций обеспечивается только за счет средств, вырученных исключительно от эксплуатации стоянок. Кредитование за счет городского бюджета признано неэффективным. На этом основании заем на стоянки предусматривает наличие более высоких по сравнению с обычными займами процентов. В данном случае коэффициент покрытия задолженности часто должен быть не менее 1,5.

Обычные облигации, обеспечиваемые безусловным и надежным кредитованием из городского бюджета, выпускаются под более низкий процент. В связи с этим для них коэффициент покрытия задолженности составляет 1,1—1,2. Однако городская кредитная система была бы ослаблена выпуском обычных облигаций для целей организации стоянок.

На пути реализации программы развития сети стоянок центрального делового района города существует возможность долевого участия частного и государственного капитала. Различные органы, ведающие указанными проблемами, и муниципалитет города могут дополнительно субсидировать планируемые работы. В этом случае предпочтительна организация частных неприбыльных корпораций, в деятельности которых ведущая роль должна принадлежать официальным органам, занимающимся проблемой стоянок.

По окончании строительства стоянок предусматривается их сдача в аренду неприбыльным корпорациям, которые в дальнейшем гарантируют выплату облигационной задолженности.

УЛИЧНЫЕ СТОЯНКИ

Основное назначение системы улиц любого города заключается в обеспечении условий для движения транспортных средств. Обеспечение условий для паркования автомобилей на улицах или для погрузки-разгрузки грузовых автомобилей следует рассматривать в качестве побочных вариантов использования уличного пространства. Когда уличные стоянки и другие побочные варианты использования улицы мешают успешному выполнению ее основной функции — движению автомобилей, следует от них отказаться.

Использование притротуарного пространства. Пространство улиц, примыкающее к тротуарам, можно использовать для стоянки транспортных средств, погрузки-разгрузки грузовых автомобилей, для создания зон запрещенной стоянки, для остановок и стоянок такси и автобусов, посадки и высадки пассажиров и т. д.

Степень использования улиц для стоянок различна в городах разной величины. В больших городах уличные стоянки могут быть существенно ограничены, чтобы обеспечить нормальное дорожное движение.

Таблица 15.20

Использование притротуарной полосы в центральном деловом районе г. Нашвилла

Использование притротуарной полосы	Протяженность, м	Процент
Общественные стоянки:		
оснащенные паркометрами	9 126	20,8
не оснащенные паркометрами	8 795	20,0
Зона запрещения стоянки	16 470	37,5
Площадки специального назначения:		
зоны погрузки-разгрузки грузовых автомобилей	2 000	4,6
зоны посадки-высадки пассажиров	158	0,4
зоны автобусных остановок	658	1,5
зоны стоянки автомобилей-такси	254	0,6
въезды и выезды	4 305	9,7
площадки, отведенные под пожарные гидранты	1 430	3,3
аллеи	550	1,2
площадки, отведенные под почтовые ящики	154	0,4
Всего	43 900	100

Критерии запрещения стоянки

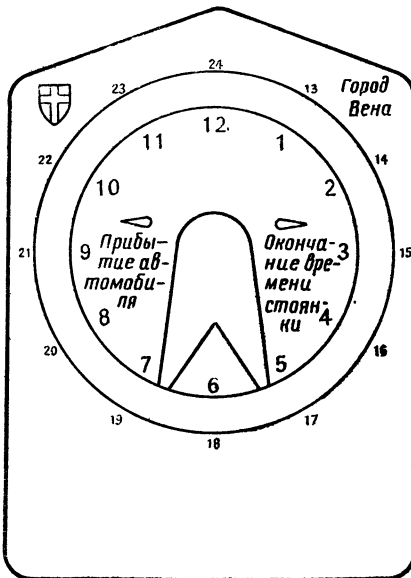
Характер запрещения стоянки	Максимальная часовая интенсивность движения по каждой полосе при разрешенной стоянке для одного направления движения, авт/ч	
	Одна полоса	Две полосы и более
На всем протяжении улицы	400	600
На расстоянии 45 м до и после перекрестка	300	500

В центральном деловом районе г. Нашвилла (штат Теннесси) только около 40% общей протяженности притротуарных полос открыты для стоянки (табл. 15.20). Немногим более 20% этой протяженности используется для других целей, а на остальной части стоянка запрещена.

Запрещение стоянки должно основываться на действующих нормативах, осуществляться в интересах обеспечения пропускной способности дороги или предотвращения дорожно-транспортных происшествий.

В нормативном сборнике Model Traffic Ordinance предусматривается постоянное запрещение стоянки на обеих сторонах дороги шириной менее 6,1 м и на одной стороне дороги шириной менее 9,1 м.

На основе изучения влияния стоянок на пропускную способность дорог установлено, что на типичных улицах стоянка снижает пропускную способность



STRÖMSTAD
PARKERING 1/2 TIMME

Nr 421 43 STROMSTAD 1966
4 markeringar mån., dag, timme, minut = vid ankomsten

Manad	Dag	16	Timme	Minut
Jan	1	17	8	
Feb	2	18	9	00
Mar	3	19	10	5
	4	20	11	10
April	5	21	12	15
Maj	6	22	13	20
Jun	7	23	14	25
	8	24	15	30
Juli	9	25	16	35
Aug	10	26	17	40
Sept.	11	27	18	45
	12	28	19	50
Okt	13	29	20	55
Nov	14	30	21	
Dec	15	31	22	

1966

Рис. 15.9. Образец диска для контроля времени стоянки, применяемого в Европе

Рис. 15.10. Образец карточки для контроля времени стоянки

дорог на $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{4}$. В табл. 15.21 приведены рекомендуемые критерии, обосновывающие запрещение стоянок во избежание ухудшения условий дорожного движения.

Способы регулирования режима эксплуатации уличных стоянок. Часто для повышения оборота на уличных стоянках вводится ограничение времени пребывания на стоянке. Время ограничения стоянки может быть указано на дорожном знаке либо знак может применяться в совокупности с паркометром.

В Европе, помимо паркометров, разработаны другие способы контроля времени стоянки. Основной из них предусматривает применение специального диска, представляющего собой часовой циферблат, на оси которого находится указатель интервала стоянки. Разместив свой автомобиль на стоянке, водитель поворачивает указатель на оси таким образом, чтобы его правая стрелка указывала время начала стоянки (например 5 ч 15 мин, как показано на рис. 15.9). Тогда другая стрелка укажет время окончания стоянки (с учетом максимально разрешенного времени стоянки) — в данном случае 6 ч 45 мин.

Водитель обязан поместить диск за стеклом автомобиля, что позволит контролеру удостовериться в соблюдении разрешенной длительности парковки автомобиля.

Второй метод, нашедший распространение в Европе, известен под названием Park System (система паркования).

Этот метод основан на использовании набора цветных карточек, продаваемого в специальном пакете — упаковке. На карточках различного цвета указывается их цена и (или) разрешенное время стоянки. Водитель заранее приобретает набор цветных карточек. По прибытии на стоянку водитель выбирает карточку, соответствующую требуемому времени стоянки, и компостирует на ней месяц, число, часы и минуты прибытия, затем помещает карточку за стеклом внутри оставляемого автомобиля (рис. 15.10).

Стоянки с кратковременным пребыванием (максимальное разрешенное время стоянки 15 мин) назначаются в зонах с предполагаемым повышенным оборотом. Это, в частности, участки улиц, прилегающие к банкам или почтовым отделениям. Средний временной лимит существующих стоянок находится в интервале 0,5—2 ч и применяется вблизи предприятий розничной торговли, в деловых районах и т. д.

Стоянки продолжительностью от 3 до 10 ч чаще всего организуются в окраинных жилых кварталах, что исключает их использование в качестве служебных стоянок.

Размеры площади уличных стоянок. При назначении габаритных размеров уличных стоянок следует учитывать следующие типы стояночных мест: крайнее, среднее (промежуточное) и спаренное.

Поскольку крайнее стояночное место обеспечивает возможность непосредственного въезда или выезда автомобиля, его длина должна быть выбрана исключительно с учетом габаритной длины автомобиля. Длина 6,1 м — вполне достаточное и наиболее широко используемое значение длины крайнего стояночного места. Длину промежуточного стояночного места следует выбирать с учетом необходимости маневрирования автомобиля при въезде-выезде со стоянки. Поэтому при разметке рекомендуется для автомобиля с габаритной длиной 5,8 м обеспечить промежуточное стояночное место длиной от 7 до 7,9 м.

Спаренная стоянка предусматривает расположение пар автомобилей буфер к буферу с маневренной зоной между парами от 2,4 до 3 м (рис. 15.11).

Площадь стояночных мест, отводимых под импортные автомобили, должна учитывать их меньшие габаритные размеры. Для импортного автомобиля с габаритной длиной 4,6 м рекомендуемая длина промежуточного стояночного места равна 5,8 м против 7 м.

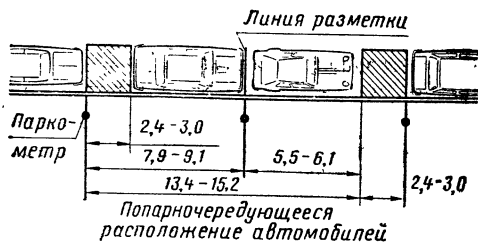


Рис. 15.11. Планировка спаренных стоянок (размеры даны в метрах)

При обозначении стояночных мест линии разметки длиной 2,1 м должны быть нанесены на дорожное покрытие белой краской под углом 90° к бордюру.

Линия разметки крайнего стояночного места обычно имеет форму буквы L, промежуточного стояночного места — форму буквы T.

Длина зон, предназначенных для погрузки-разгрузки грузовых автомобилей, обычно составляет от 9,1 до 18,3 м. Располагая указанные зоны рядом с зонами запрещения стоянки, можно обеспечить дополнительное пространство для маневрирования грузового автомобиля.

В зонах стоянки автомобилей-такси стояночные места обычно имеют длину 6,1 м плюс дополнительно 1,5 м по концам стоянки для маневрирования автомобилей. Длина посадочных площадок на автобусных остановках составляет 15,2—44,2 м и определяется габаритной длиной автобуса, количеством одновременно останавливающихся автобусов, месторасположением остановки (относительно перекрестка) и удобством подъезда к ней.

На остановках должна быть обеспечена возможность посадки-высадки пассажиров без подачи автобуса задним ходом. В связи с этим для первого стояночного места достаточно полосы длиной 15,2 м, для последующих требуется дополнительно по 7,6 м.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОЯНОК ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Стоянки грузовых автомобилей представляют собой составную часть транспортной системы. Поэтому с точки зрения получения полного представления о функционировании транспортной системы любого города важную роль играет глубокое изучение характеристик сети стоянок грузовых автомобилей.

В табл. 15.22 представлена картина распределения поездок грузовых автомобилей в крупных городах по типам обслуживаемых объектов. Приводятся также данные о численности населения обследованных городов на момент проведения исследований.

Основными формироваателями грузопотоков каждого города являются жилой и коммерческий объекты.

Таблица 15.22

Формирование поездок грузовых автомобилей с учетом назначения обслуживаемых объектов

Показатели	Городские зоны				
	Чикаго	Филадельфия	Миннеаполис	Нашвилла	Туксона
Численность населения	5 169 663	4 342 897	1 376 875	357 585	244 495
Количество поездок	828 000	1 089 786	390 559	91 605	57 000
Вид объекта (процент от общего количества поездок)					
Жилой сектор	49	35	37	39	25
Торговый сектор:	29	28	34	37	45
предприятия розничной торговли	—	20	25	27	—
предприятия службы быта и оптовой торговли	—	8	9	10	—
Строения и зоны общественного назначения	9	2	7	8	5
Промышленный сектор	9	9	17	7	20
Транспортные объекты	4	14	—	6	—
Другие объекты	—	12	5	3	5
Итого	100	100	100	100	100

Удельная плотность грузовых поездок в различных по назначению секторах г. Нашвилла (штат Теннесси), 1959 г.

Вид сектора	Удельная плотность пунктов назначения грузовых поездок в расчете на 2,59 км ² для		
	легких грузовых автомобилей	тяжелых грузовых автомобилей	всех грузовых автомобилей
Жилой сектор	471	116	587
Промышленный сектор	808	801	1609
Транспортная сеть, коммуникации, коммунальные сооружения	310	308	618
Коммерческий сектор	647	300	947
Строения и зоны общественного назначения	174	157	331
Другие объекты	10	11	21
Среднее по всем секторам	269	121	390

С учетом удельной плотности генерирования грузопоездок (на 1 км² территории) основным формирователем грузопотоков является промышленный сектор, тогда как коммерческий сектор занимает второе место. Табл. 15.23 иллюстрирует указанное положение.

Хотя грузовые поездки составляют лишь 15—20% от общего количества поездок в центральном деловом районе, в общем парке автомобилей, пользующихся стоянкой, доля грузовых автомобилей составляет 7—8%.

Таблица 15.24

Стоянка грузовых автомобилей в центральном деловом районе города

Показатели	Чаттануга	Нашвилл	Нью-Орлеан	Всего
Общее количество автомобилей, воспользовавшихся стоянками:				
все виды автомобилей	18 491	30 110	31 661	80 662
грузовые автомобили	1 767	1 942	2 182	5 891
процент грузовых автомобилей	9,6	6,4	6,9	7,3
Максимальная одновременная загрузка стоянок:				
все виды автомобилей	5 212	11 182	12 167	28 561
грузовые автомобили	167	221	324	712
процент грузовых автомобилей	3,2	2,0	2,7	2,5
Процент максимальной загрузки от общего количества автомобилей, воспользовавшихся стоянкой:				
все автомобили	28,2	37,1	38,4	35,4
грузовые автомобили	9,4	11,4	14,8	12,1

Таблица 15.25

Места стоянки грузовых автомобилей в центральном деловом районе города

Вид стоянки	Чаттануга	Нашвилл	Нью-Орлеан
<i>Все грузовые автомобили, %</i>			
Погрузочные зоны	50	35,7	16,7
Другие разрешенные уличные стоянки	26,2	42,2	21,6
Неразрешенные уличные стоянки	13,9	8,8	47,3
Внеуличные стоянки	9,9	10,5	14,4
Внеуличные погрузочные платформы	Отсутствуют	2,8	Отсутствуют
Итого	100,0	100,0	100,0
<i>Грузовые автомобили, производящие погрузку и выгрузку товаров в торговых точках, %</i>			
Погрузочные зоны	73,5	55,9	17,6
Другие разрешенные уличные стоянки	10,1	29,7	6,3
Неразрешенные уличные стоянки	15,7	10,7	75,0
Внеуличные стоянки	0,7	3,7	1,1
Итого	100,0	100,0	100,0

Таблица 15.26

Цели поездок грузовых автомобилей, останавливающихся на стоянках центрального делового района

Цель поездки	Чаттануга	Нашвилл	Нью Орлеан
<i>Все грузовые автомобили, %</i>			
Погрузка-разгрузка	30,2	36,0	43,7
Оптовая торговля и обслуживание	24,7	13,7	8,0
На работу	8,9	8,2	16,0
Деловые поездки	21,6	30,4	16,0
Покупки товаров	8,1	4,7	2,2
Другие цели	6,5	7,0	14,1
Итого	100	100	100
<i>Грузовые автомобили, стоящие в зонах погрузки-выгрузки, %</i>			
Погрузка-разгрузка	44,3	56,3	45,2
Оптовая торговля и обслуживание	27,4	8,2	17,0
На работу	7,7	4,3	17,3
Деловые поездки	12,0	20,5	15,3
Покупки товаров	4,2	4,6	2,2
Другие цели	4,4	6,1	3,0
Итого	100	100	100

Таблица 15.27

**Средняя продолжительность стоянки коммерческих автомобилей
в зависимости от цели поездки (г. Питтсбург)**

Цель поездки	Средняя продолжительность стоянки, мин				
	автомоби- ля-такси	легкового грузового автомобиля	среднего грузового автомобиля	тяжелого грузового автомобиля	среднее значение
Погрузка товаров	—	29	51	110	36
Доставка »	—	15	27	127	19
Погрузка и доставка	—	14	25	50	17
Бытовое обслуживание	6	122	91	—	58
Обработка товаров	63	79	55	131	73
Частный бизнес	—	90	47	—	82
Среднее значение	7	37	38	113	34

В период максимальной загрузки стоянок влияние грузового транспорта на степень их загрузки еще ниже. В этот период доля грузовых автомобилей составляет всего 2—3% от максимальной загрузки стоянок (табл. 15.24).

В центральном деловом районе грузовые автомобили стоят преимущественно на улицах, часто в зонах запрещения стоянки. Погрузка-выгрузка более 95% грузовых автомобилей происходит на уличных стоянках (табл. 15.25).

В табл. 15.26 приведены данные относительно целевого назначения поездок грузовых автомобилей, пользующихся стоянками центрального делового района.

Таблица 15.28

**Средняя продолжительность стоянки коммерческих автомобилей
в зависимости от категории пункта назначения (г. Питтсбург)**

Категория пункта назначения	Средняя продолжительность стоянки, мин				
	автомоби- ля-такси	легкого грузового автомобиля	среднего грузового автомобиля	тяжелого грузового автомобиля	среднее значение
Жилой сектор	6	30	33	306	27
Предприятия розничной тор- говли	6	33	25	136	30
Сфера обслуживания	6	46	35	33	37
Предприятия оптовой тор- говли	5	59	48	69	53
Фабрики и заводы	4	83	53	130	67
Транспортная сеть, комму- нальные учреждения, коммуни- кации	14	76	56	104	58
Здания общественного поль- зования	4	63	30	30	39
Территории общественного пользования	2	68	50	—	51
Аэропорты, улицы, железные дороги	8	27	51	24	26
Среднее значение	7	37	38	113	34

Основная цель — погрузка и выгрузка товаров, однако значительное место занимают также бытовое обслуживание и деловые поездки

В табл. 15.27 показана зависимость средней продолжительности стоянки коммерческих грузовых автомобилей в г. Питтсбурге от целей поездки, а в табл. 15.28 — зависимость этой продолжительности от категории пункта назначения.

В таблицы в качестве одного из объектов исследования включены автомобили-такси. Тяжелые грузовые автомобили, как правило, занимают стоянки более длительное время по сравнению со средними и легкими грузовыми автомобилями. Погрузка и разгрузка грузов на стоянке обычно выполняются реже, чем другие операции, касающиеся, к примеру, обслуживания, частного бизнеса или процесса обработки грузов. Если рассматривать все грузовые транспортные средства как единое целое, то среднее время использования стоянки займет менее часа

Обслуживание заводов и фабрик требует более длительной стоянки грузового транспорта.

ВНЕУЛИЧНЫЕ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ (ГРУЗОВЫЕ) ПЛОЩАДКИ

Расположение и назначение. Доставка и отгрузка сырья и готовых изделий — операции, осуществляемые в основном грузовыми автомобилями всех видов.

Подъезд грузовых автомобилей к индустриальным, торговым и другим секторам осуществляется по тем же улицам и проездам, которые используются другими видами транспорта. Однако с учетом специфики грузовых автомобилей необходима специальная подготовка площадок на пунктах назначения.

При планировании въездов и выездов для грузовых автомобилей следует учитывать характеристики наиболее крупных из них.

В Соединенных Штатах в основном принята наибольшая допустимая габаритная длина автомобиля-тягача с прицепом, равная 16,8 м. В отдельных штатах допустимая длина составляет 18,3 и 19,8 м.

На рис. 15.12 приведена геометрия съезда с дороги, рассчитанная на автопоезд марки WB-50, имеющий длину 16,8 м, при условии запрещения стоянки, поворота автомобиля из крайней правой полосы, отступа границы землевладения от бордюра на 4,6 м.

Если на подъезде к перекрестку разрешена уличная стоянка, то траектория поворота начинается дальше от бордюра, и поэтому ширина съезда, а также глубина срезания углов могут быть уменьшены. Положение границы землевладения также влияет на размеры съезда. Удобство поворота с улицы может быть обеспечено созданием Y-образного ответвления или ответвления под острым углом. Это, в частности, вполне допустимо для въезда и выезда с улицы одностороннего движения. Рекомендуемая ширина подъезда к воротам грузовой площадки 4,9 м для одностороннего проезда, 8,5 для двустороннего и 10,4 м при наличии движения пешеходов

Если автомобиль вынужден останавливаться перед воротами, то их следует отвести вглубь проезда, чтобы перед ними, не создавая помех для движения по улице, мог остановиться как минимум один, а предпочтительно два грузовых автомобиля.

Проезды на территории предприятия должны иметь ширину 7,3 м для обеспечения двустороннего движения. Движение грузовых автомобилей должно по возможности быть организовано против часовой стрелки, поскольку поворот налево наиболее приемлем для тяжелого коммерческого грузового автомобиля, так как его водитель, находящийся в кабине слева, окажется внутри радиуса поворота. При этом также обеспечивается наиболее удобный въезд грузовика на грузовую площадку задним ходом. Следует запретить стоянку в том месте, где она будет мешать повороту грузового автомобиля и его маневрированию при въезде на грузовую площадку.

Перед грузовой площадкой необходимо предусмотреть отстойную площадку для приема грузовых автомобилей, подлежащих разгрузке или погрузке, в порядке очереди. Габаритные размеры отстойной площадки должны быть рассчитаны на прием максимального ожидаемого количества автомобилей, за вычетом количества имеющихся мест для одновременной разгрузки.

Площадь маневренной зоны перед грузовой площадкой определяется габаритной длиной грузовика, радиусом его поворота, направлением движения автомобилей и шириной грузового места. Рекомендуемая длина маневренной зоны должна не менее чем в 2 раза превышать наибольшую габаритную длину автомобилей, подлежащих обработке на данной площадке.

В соответствии с другими рекомендациями длина маневренной зоны должна составить 32 м при маневрировании против часовой стрелки и 50,3 м при маневрировании по часовой стрелке; в последнем случае увеличение длины позволит избежать необходимости подавать автомобиль задним ходом вслепую при повороте рулевого колеса вправо.

Грузовые места должны иметь ширину от 3,7 до 4,3 м. Грузовые места шириной менее 3,7 м, как правило, неприемлемы. Минимальный габаритный размер по высоте обычно составляет не менее 4,6 м. Высота настила для обработки грузов должна быть в пределах 1,22—1,27 м.

В настоящее время почти все проекты строительства грузовых площадок предусматривают утопленное расположение настила, передний край которого должен идти вровень с плоскостью наружной стены здания. Такая планировка грузовой платформы (двора) закрытого типа обеспечивает возможность проведения погрузочно-разгрузочных работ в условиях защиты от атмосферных осадков и холода.

При закрытом грузовом дворе грузовой автомобиль въезжает полностью в его помещение. Таким образом обеспечивается полная защита товаров от воздействия погодных условий, исключаются случаи хищений; кроме того, облегчается возможность применения крано-тельферных систем для погрузки-разгрузки грузовых автомобилей. Один из вариантов грузового двора закрытого типа предусматривает внутреннюю маневренную зону. В данном случае водители грузовых автомобилей въезжают в зону двора, подают автомобили задним ходом к грузовому месту и выезжают через другую дверь.

Во втором варианте закрытого грузового двора внутренняя маневренная зона отсутствует. Автомобили подаются задним ходом непосредственно к настилу грузовой платформы.

Следует предусмотреть устройство вентиляции для устранения чрезмерной концентрации отработавших газов в помещении грузового двора.

Современные конструктивные решения промышленных предприятий позволяют отказаться от подвальных помещений и грузовых платформ. Сооружение подъездной дороги в виде спуска с определенным уклоном создает необходимую разницу в уровнях, и в результате дно кузова грузовика, подъехавшего к грузовой платформе, оказывается на уровне ее поверхности. Уклон не должен превышать 10%. Поскольку при наклонном въезде в закрытый грузовой двор верх кузова может упереться в косяк передней стены грузового двора, препятствуя дальнейшему продвижению грузового автомобиля, необходимо предусмотреть одну из следующих мер: уменьшение степени уклона, более утопленное расположение передней стены грузового двора, увеличение площади передней стены. Другой возможный вариант: установка наклонного тамбура, примыкающего непосредственно к грузовой платформе с вертикальным переменным габаритом от 4,6 до 7,6 м.

Если площадь маневренной зоны не позволяет грузовому автомобилю подъехать под углом 90° к грузовой платформе, примыкающей к стене здания, следует

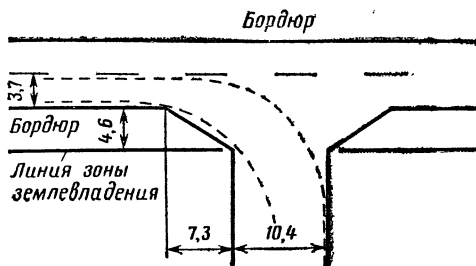


Рис. 15.12. Требования к размерам (даны в метрах) проезжей части, предназначенной для грузового автомобиля марки WB-50.

3,7 м — полоса, необходимая для проезда автопоезда WB-50; 7,3 м — длина переходного участка; 10,4 м — ширина въезда

обеспечить подъезд грузовых автомобилей под углом (так называемая вилообразная система подъезда). При подъезде под углом 30° эффективность использования площади грузовой платформы снижается в 2 раза по сравнению с подъездом под углом 90°. На грузовом дворе с ограниченной маневренной зоной не исключен вариант подъезда под острым углом с одной стороны и выезда с другой стороны также под острым углом. Маневрирование должно по возможности иметь направление против часовой стрелки для исключения заднего маневрирования вслепую.

Резервирование территории для грузовых площадок. Объем грузовых операций различен не только для разных функциональных секторов и объектов города, но и для объектов одной и той же категории. Поэтому наблюдается различная потребность в организации внеуличных грузовых площадок. В табл. 15.29 приведены размеры сети грузовых площадок, имеющих в различных промышленных секторах. Их количество в секторе тяжелой промышленности колеблется в диапазоне от 0,09 до 0,98 на 929 м² территории предприятия. Вполне очевидно, что количество грузовых платформ определяется спецификой конкретного промышленного предприятия.

Таблица 15.29

Зависимость сети грузовых площадок от общей площади предприятия и площади его застройки для различных видов производства

Вид производства	Общая площадь территории, м ²	Площадь застройки, м ²	Количество грузовых платформ	Удельное количество грузовых мест в расчете на 929 м ² территории	Удельное количество грузовых мест в расчете на 929 м ² застроенной территории
Пекарни	55 762	24 144	24	0,4	0,92
Деловые учреждения и научно-исследовательские учреждения со складами	5 809 6 905 17 710	2 807 3 266 5 574	3 4 1	0,48 0,54 0,05	0,99 1,14 0,17
				0,51*	1,07*
Грузовые автобазы и терминалы	4 433 7 264	718 4 018	12 2	2,52 0,26	15,52 0,46
Типографии	14 504	9 749	6	0,38	0,57
				0,32*	0,52*
Средняя промышленность (производство электроприборов и т. д.)	4 238 80 111	1 722 27 531	2 5	0,44 0,06	1,08 0,17
				0,25*	0,62*
Тяжелая промышленность (машины, инструмент, прессы, металлоштампы и т. д.)	1 899 3 432 6 933 8 352 14 480 14 574 27 569 33 891 64 193 77 279	783 1 880 3 219 4 666 5 561 7 062 17 396 15 036 29 876 28 518	2 2 3 3 2 5 6 9 7 8	0,98 0,54 0,40 0,33 0,13 0,32 0,20 0,25 0,10 0,09	2,38 0,99 0,87 0,60 0,33 0,66 0,32 0,56 0,22 0,26
				0,33*	0,62*

* Среднее значение

**Рекомендуемые нормы по расчету грузовых мест для обслуживания
 коммерческого и промышленного секторов**

Площадь пола, м ²	Количество грузовых мест	Площадь пола, м ²	Количество грузовых мест
До 743	1	От 4 645 до 9 290	4
От 743 до 2 323	2	» 9 290 » 23 225	5
» 2 323 » 4 645	3	Каждые дополнительные 18 580	1

В результате исследований, проведенных организацией ENO, установлено, что 84% городов с численностью населения более 100 000 чел., 66% с численностью от 50 000 до 100 000 чел. и 64% с численностью менее 50 000 чел. имеют службу контроля за внеуличными грузовыми площадками.

При этом часто принимается во внимание общая площадь предприятия, однако нормативы, касающиеся устройства грузовых площадок, колеблются в широком диапазоне.

Во многих городах не требуется организовывать грузовые площадки на предприятиях, занимающих площадь меньше 464,5 м².

В табл. 15.30 приведены нормы по расчету количества грузовых мест для коммерческого и индустриального секторов. Одно грузовое место на 9290 м² площади пола каждого из таких секторов, как жилые здания, гостиницы и театры вполне достаточно.

Терминалы для грузовых автомобилей наряду с терминалами для других видов грузового транспорта являются одним из важнейших звеньев системы транспортировки грузов в городских зонах.

Развитие сети терминалов для большинства городов носит примерно одинаковый характер, однако наблюдается тенденция к увеличению средней площади типичного терминала.

В основной части Нью-Йорка (без пригородов) перевозкой грузов заняты 299 междугородных автопредприятий первого и второго классов, обслуживающих 373 грузовых терминала (автопредприятия первого класса имеют более 1 млн. долл. валового дохода, автопредприятия второго класса — от 200 тыс. до 1 млн. долл.) Хотя размеры терминалов увеличиваются, большая их часть занимает пока умеренную площадь, а 75% общего количества терминалов имеет до 20 грузовых мест.

До настоящего времени не наблюдалось устойчивой тенденции к объединению грузовых терминалов, хотя результатом такого объединения явилось бы сокращение общего пробега грузовых автомобилей и длительности грузопоездки, что существенно снизило бы уровень затрат на транспортирование товаров. По предварительной оценке организация объединенных грузовых терминалов вдвое сократит требуемую суммарную протяженность грузовых перевозок.

Размещение грузовых терминалов определяется особенностями дорожно-уличной системы, в частности системы автомагистралей.

При выборе месторасположения терминала следует обеспечить удобный доступ к основным маршрутам как в направлении центрального делового района города, так и к объектам района в целом. При этом следует сделать компромиссный выбор между преимуществами пригородного расположения терминала или его размещением в районе сплошной застройки, где существенной помехой являются высокая плотность застройки и высокая интенсивность движения. На рис. 15.13 приведен обобщенный вариант размещения грузового терминала в основной части города, наиболее приемлемый с точки зрения доступности к основным автомагистралям, близости к центру и устранения помех для движения. Идеальный вариант — окраина центрального делового района с удобным доступом к основным автомагистралям.

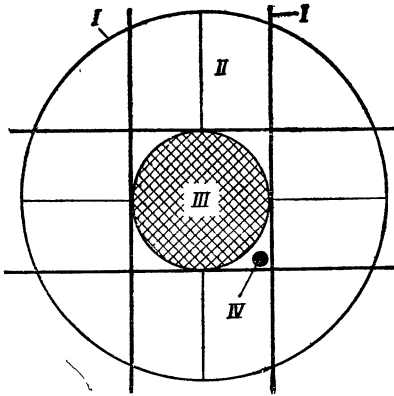


Рис. 15.13. Обобщенный теоретический вариант оптимального размещения распределительного пункта для грузовых терминалов города:

I — автомагистраль; *II* — район с относительно низкой плотностью застройки и дорожного движения; *III* — район с относительно высокой плотностью застройки и дорожного движения, *IV* — пункт оптимального распределения

Практически очень трудно расположить все грузовые терминалы в указанной периферийной зоне, поскольку различные грузовые компании специализируются на перевозке различных грузов. Компании, специализирующиеся на междугородных перевозках, предпочитают располагать свои грузовые терминалы в зоне, примыкающей к центральному деловому району в непосредственной близости от основных автомагистралей, тогда как компании, специализирующиеся на местных перевозках, располагают их ближе к ЦДР.

Процесс дислоцирования и выбора наилучшего проектного решения грузового терминала не является статическим, его переменность определяется изменениями в технологии и организации транспортных перевозок. На указанный процесс оказывают влияние следующие факторы: усовершенствование конструкции грузовых автомобилей, развитие системы автомагистралей, модернизация погрузо-разгрузочных площадок, увеличение объема контейнерных перевозок.

ОСТАНОВКИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Размещению автобусных остановок у тротуара следует отдавать предпочтение перед грузовыми площадками и уличными стоянками. При этом следует учитывать следующие факторы:

- безопасность движения;
- маршруты автобусов;
- количество автобусов;
- интенсивность и направление движения транспортных и пешеходных потоков;
- основные пункты отправления и назначения пассажиров автобуса;
- обеспечение пересадок с маршрута на маршрут;
- расположение и характеристики технических средств регулирования дорожного движения.

В соответствии с местными условиями автобусные остановки могут располагаться перед перекрестком или за ним, а также в глубине квартала.

Ниже приведены варианты конкретного расположения автобусных остановок

когда далее по ходу маршрута предстоит поворот автобуса налево, целесообразно устраивать остановку за перекрестком;

когда далее предстоит поворот автобуса направо при малом радиусе закругления, предпочтительно размещать остановки в глубине квартала;

при наличии интенсивного правоповоротного движения на перекрестке остановку следует располагать за этим перекрестком;

при наличии периодического скопления автобусов, выходящего за пределы отведенной остановки, следует воздерживаться от размещения остановки за перекрестком, ее нужно располагать перед перекрестком;

на сложных перекрестках часто следует располагать остановки за перекрестком;

в зоне пересадки с одного автобусного маршрута на другой рекомендуется размещать остановку первого маршрута перед перекрестком, а второго — за перекрестком. В этом случае обе остановки будут располагаться на одном углу перекрестка и необходимость перехода улицы пассажирами будет сведена к минимуму;

при наличии большого процента пассажиров, выходящих на остановке для посещения одного крупного генератора пассажиропотока, автобусную остановку следует располагать так, чтобы свести к минимуму переход перекрестка пешеходами. При этом возможно расположение остановки перед перекрестком или за ним.

Размеры остановок. Рекомендуемая минимальная длина посадочной площадки на остановке должна определяться с учетом длины автобуса, равной 12,2 м, и фактической частоты движения. Для автобусов иной длины размер площадки должен быть соответствующим образом скорректирован.

Длина автобусной остановки, расположенной перед перекрестком и рассчитанной на посадку-высадку из одного автобуса, должна быть 32 м (измерение осуществляют от передней части остановившегося автобуса до передней границы первого расположенного перед перекрестком стояночного места). Остановка за перекрестком должна иметь длину 24 м в расчете на один остановившийся автобус (измерение производят от задней части остановившегося автобуса до задней границы первого за перекрестком стояночного места).

Остановка за перекрестком для автобуса, совершающего поворот направо, должна иметь длину 43 м в расчете на один автобус (измерение осуществляют от края полосы, с которой выполнялся поворот, до конца первого стояночного места). Остановка, расположенная в глубине квартала, должна иметь длину 43 м в расчете на один автобус (измерение осуществляют от начала расположенного перед остановкой стояночного места до конца стояночного места, расположенного за остановкой).

Все размеры приведены в расчете на один стоящий автобус. Для учета каждого следующего автобуса, делающего остановку одновременно с первым, следует увеличить длину остановки на 13,7 м.

Этот размер определяется длиной автобуса, равной 12,2 м, плюс интервал между автобусами в 1,5 м.

Общее количество перевезенных пассажиров каждым автобусным маршрутом зависит от количества входящих-выходящих пассажиров на остановках.

Для каждого автобуса требуется определенное расстояние между остановками, которое может быть рассчитано, если известны система оплаты проезда и количество багажа у пассажиров. Затем может быть рассчитано среднее время остановки.

При малых перегонах ухудшаются показатели работы автобуса, поскольку дополнительное время тратится на замедление, ускорение и маневрирование при подъезде и выезде с места остановки.

При длине квартала 152 м и более рекомендуется размещение в его пределах одной остановки, а при более коротких по протяженности кварталах следует располагать остановки через квартал.

Рекомендуемое межостановочное расстояние находится в диапазоне между 260 и 290 м. В центральных деловых районах допустимо укороченное межостановочное расстояние.

Влияние расположения автобусных остановок на пропускную способность улиц. Степень воздействия местных автобусных маршрутов на пропускную способность улицы является функцией категории конкретного городского района, ширины улицы, условий парковки, количества автобусов на каждом маршруте и расположения автобусных остановок.

На практике при достаточно интенсивном движении автобусов остановки, расположенные перед перекрестком, в большей степени снижают пропускную способность улиц, чем расположенные за перекрестком. Если стоянка перед перекрестком запрещена, то расположенная перед ним остановка влияет на правоповоротное и прямое сквозное движение транспортных средств. Однако на таких остановках задержки при посадке-высадке пассажиров могут быть совмещены

с задержками, связанными с циклом работы светофоров. При запрещении стоянки влияние остановок, расположенных за перекрестком, зависит частично от процента поворотного движения.

В некоторых случаях помехи движению от поворачивающих транспортных средств нивелируют отрицательное воздействие остановки, расположенной за перекрестком.

При разрешенной стоянке действие остановки зависит от положения границы стоянки, которое имело бы место, если бы стоянка перед перекрестком занимала место автобусной остановки. Наличие остановки может даже дать выигрыш, так как в отсутствие автобуса улучшаются условия поворота транспортных средств направо. Остановка за перекрестком оказывает некоторое отрицательное воздействие на движение, поскольку транспортные средства, не нашедшие места для стоянки, из-за наличия остановки вынуждены снова занимать полосы движения.

Линии разметки и указатели остановок. Остановки автобусов должны иметь соответствующую разметку, чтобы исключить паркование других транспортных средств. Необходимо установить знаки стандартной формы и размеров «Стоянка запрещена — остановка автобуса». Кроме того, боковую поверхность бордюра часто окрашивают в желтый или какой-либо другой регламентированный цвет, который предупреждает водителей о запрещении стоянки. Часто на дорожном покрытии также наносят соответствующую разметку, обозначающую границы остановки автобусов.

Внеуличные площадки для местного общественного транспорта. Существующие внеуличные площадки для местного общественного транспорта имеют небольшие габаритные размеры и слабую загруженность. Нередко они создаются в конце маршрутов общественного транспорта или на крупных пересадочных пунктах и служат в качестве внеуличных зон посадки-высадки пассажиров и зон маневрирования автобусов. Однако на практике конечные площадки часто используют не по назначению, и автобусы совершают разворот, объезжая вокруг квартала.

Внеуличные площадки нередко представляют собой разворотную петлю с шириной проезжей части от 4,6 до 6,1 м. Автобус въезжает с улицы на петлю, останавливается для высадки и посадки пассажиров и затем выезжает на улицу в обратном направлении.

Если площадка используется в качестве конечной остановки, то здесь при необходимости проводится технический осмотр прибывшего автобуса. Длина петли зависит от предусмотренного техническими характеристиками радиуса поворота автобуса и от максимального количества одновременно находящихся на петле автобусов.

Возможна и другая конфигурация площадок для местного общественного транспорта. С учетом расписания автобусов иногда появляется необходимость в расширении проезжей части петли с тем, чтобы обеспечить возможность из двух автобусов первым отправить прибывший позже. Возможен также вариант сооружения двойной петли, при котором платформа для посадки-высадки пассажиров располагается между двумя петлями. В этом случае направление движения по наружной петле — по часовой стрелке, по внутренней — против часовой стрелки (рис. 15.14).

Станции для скоростного автобуса. На станции для скоростного автобуса, обычно располагаемые в пригороде, может быть открыт доступ для других видов транспорта. Следовательно, их планировка должна обеспечивать въезд и перемещение соответствующих транспортных средств, свободное передвижение пешеходов (желательно разделение пешеходных и транспортных потоков), формирование зон посадки и высадки, подъездных путей и стоянок. Способы пересадки с автомобиля на скоростной автобус могут быть различными. Некоторые водители могут оставить свой автомобиль на стоянке и пересесть на общественный транспорт (система «park and ride»), другие могут прибыть на станцию и отправить автомобиль обратно с любым членом семьи или иным лицом («kiss and ride»).

Для этих двух категорий прибывающих лиц должны быть организованы отдельные стоянки. Кроме того, следует предусмотреть пространство для посадки-высадки пассажиров и перемещения автобусов местных подвозящих линий.

Долговременные стоянки для пользователей системы «park and ride» практически ничем не отличаются от обычных городских стоянок. Их стояночные места должны иметь стандартные размеры.оборот стояночных мест в системе «kiss and ride», предназначенных для кратковременной стоянки, очень высок. Эти места особенно необходимы для размещения транспортных средств, ожидающих прибытия пассажиров на станцию.

Зоны посадки-высадки должны быть спроектированы так, чтобы обеспечить непрерывную циркуляцию автобусов без применения маневра заднего хода. При пилообразном расположении остановочных площадок через 19,8 м автобус въезжает на площадку для посадки или высадки пассажиров и выезжает со станции без подачи автобуса задним ходом.

Планировка автомагистралей и общественный транспорт. С автомагистралью могут совмещаться маршруты рельсового или автобусного общественного транспорта. Рельсовый путь вместе с остановками обычно располагается на разделительной полосе автомагистрали. Планировочно-конструктивными средствами должна быть обеспечена возможность быстрого и свободного въезда и выезда автобуса с основных полос общественного транспорта при минимальных помехах скоростному движению транспортного потока на автомагистрали. Обычно для этого необходимы специальные полосы ускорения и замедления, а также площадки для посадки-высадки пассажиров, изолированные от движения других транспортных средств по автомагистрали. Дополнительные сведения по планировке автомагистралей можно найти в гл. 14 «Проектирование трассы автомобильной дороги».

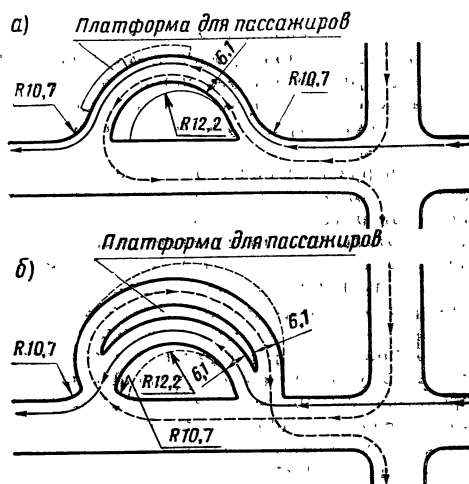


Рис. 15.14. Геометрические характеристики внеуличных автобусных площадок с одинарной и двойной петлями (размеры даны в метрах):

а — однорамповая петля; *б* — двухрамповая петля. Пунктирные линии без стрелок обозначают вариант расширения петель для объезда автобусов

ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВЕЛОСИПЕДОВ

В связи с использованием велосипедов существенное значение приобретает проблема развития сети велостоянок, размещаемых у объектов, привлекающих большие массы велосипедистов: зон отдыха, зрелищных предприятий, школ, общежитий, пересадочных станций, стояночных зон окраинных районов, библиотек и т. д. В отдельных центральных деловых районах города на общественных и частных автомобильных стоянках под велосипеды оборудуют специальные стойки.

При планировании велостоянок следует уделить особое внимание таким вопросам, как месторасположение стоянки и ее близость к велодорожкам и разрешенным для движения велотранспорта улицам, а также к пунктам назначения, обозначение места хранения и доступ к нему, тип стоек, ограждение и охрана места хранения, наличие замковых устройств, предназначенных для предупреждения краж велосипедов.

Описанные в данной главе принципы размещения и планировки внеуличных автомобильных стоянок применимы для внеуличных площадок для хранения велосипедов.

Габаритные размеры обычного места для хранения велосипеда равны 0,6X1,8 м при условии его перпендикулярного размещения по отношению к проезду, минимальная ширина которого равна 1,5 м.

Разработаны конструкции стоек для хранения велосипедов в вертикальном положении. Следует обеспечить надежное крепление стоек к поверхности площадки, их пригодность для велосипедов разных размеров. Кроме этого, опорные стойки должны быть достаточно прочными, поскольку они являются основным средством предотвращения краж.

Отдельные площадки вместо опорных стоек имеют специальные прорези-канавки в покрытии площадки для одного или двух колес. Они более эстетичны, но имеют свои недостатки, связанные с необходимостью удаления из канавок воды и мусора и сравнительной дороговизной.

Практически наиболее удачным способом защиты велосипеда от краж следует признать шарнирную плоскозвенную цепь из цементированной стали (диаметр звена 7,9—9,5 мм). Эта цепь пропускается через раму и оба колеса и крепится к петле, рым-болту или к опорной стойке и запирается надежным замком. В связи с относительно большой массой такой длинной цепи (до 5,4 кг) и неудобством перевозки ее на велосипеде персонал стоянок иногда предоставляет цепи как компонент стоянки и велосипедисту необходимо иметь лишь собственный замок.

Малогабаритные, компактные площадки для хранения велосипедов предпочтительнее больших вместительных хранилищ, поскольку наблюдается тенденция к скопленню велосипедистов в наиболее удобных местах и использованию проездов и оград вместо отдаленно расположенных пустующих стоянок с опорными стойками.

Рекомендуется устраивать на площадке ограждения из кустарника или плотной сетки высотой 0,9 м.

ДЖОН Р. ДОУТИ

Глава 16

ДОРОЖНЫЕ ЗНАКИ И ДОРОЖНАЯ РАЗМЕТКА

НАЗНАЧЕНИЕ ЗНАКОВ И УКАЗАТЕЛЕЙ

Дорожные знаки и дорожная разметка являются средством регулирования дорожного движения для предупреждения водителей и пешеходов об изменении дорожной ситуации, направления и распределения потоков транспортных средств при движении по улицам и дорогам.

Установка знаков и нанесение линий разметки должны отвечать реальным потребностям; привлекать внимание водителей и пешеходов; иметь ясное и понятное значение; вызывать уважение автомобилистов; давать достаточное время на соответствующую реакцию.

Инженер по организации дорожного движения при установке знаков и нанесении линий разметки должен учитывать пять основных требований, которые касаются:

конструкции этих технических средств; сочетание их размера, цвета и формы должно привлекать внимание и обеспечивать передачу информации;

размещения; технические средства необходимо размещать таким образом, чтобы они находились в поле зрения водителя, привлекая тем самым его внимание и давая время на ответную реакцию; их использования, которое адекватно должно отвечать потребностям дорожного движения;

содержания, обеспечивающего постоянную их читаемость и видимость;

единообразия применения; необходимо использовать одинаковые средства в одинаковых ситуациях с тем, чтобы они легче воспринимались водителями транспортных средств.

Инженеру по организации дорожного движения следует также понимать, что технические средства регулирования должны дополнять друг друга, тем самым повышая полноту и четкость восприятия водителем требуемой информации. Необходимо вовремя снимать устаревшие или ненужные дорожные знаки и удалять линии разметки, чтобы свести до минимума любую возможную путаницу в организации движения.

Ограничения и эффективность. Дорожные знаки и разметка подвержены повреждениям, стиранию символов и из-за плохих погодных условий и большого потока автомобилей могут становиться невидимыми. Для поддержания информативности знаков большое значение имеет надлежащий уход за знаками и внедрение новых материалов.

Эффективность знаков и разметки и потребность в дополнительных средствах регулирования можно измерять временем задержки транспортных средств на каком-либо участке дороги или характером и количеством дорожно-транспортных происшествий за определенный промежуток времени. При возникновении трудностей в регулировании дорожного движения необходимо провести инженерный анализ дорожной обстановки для определения их основных причин. Анализ поведения водителей или пешеходов может также дать количественную оценку средствам регулирования и помочь внести необходимые коррективы в их применение. Кроме того такой анализ может указать на необходимость изменения системы регулирования движения, обучения водителей или административной практики. Если анализ на каком-то одном участке дороги показывает, что какой-то знак не воспринимается участниками движения, то это необходимо проанализировать и на других участках. При неудачной конструкции или способе применения знака необходимо внести в них коррективы с учетом мнения водителей.

Потребности водителя в информации. Потребность в информации возникает постоянно в процессе вождения автомобиля. На первом месте в этом отношении стоят требования, связанные с задачами выдерживания траектории и скорости движения, вслед за которыми идут объезд препятствий и сохранение наиболее эффективного и безопасного курса при движении в транспортном потоке. Наибольшее значение придается требованиям, связанным с подготовкой к поездке и маршрутному ориентированию водителя.

Использование такой последовательности информационных потребностей представляет собой первостепенную важность в разработке и внедрении системы информации водителей. Иными словами, на участках дороги, где водители должны соблюдать установленную в определенных пределах скорость движения или своевременно подготовиться к объезду препятствий, их внимание не следует перегружать информацией о направлении движения.

Такая информация должна быть на участках дороги, движение по которым менее сложно и не связано с маневрированием и контролем за скоростью движения транспортных средств. Нельзя перегружать водителей информацией в сложных или неожиданных ситуациях.

ВИДЫ ЗНАКОВ

Классификация функционального использования. Дорожные знаки подразделяются на три функциональные категории.

1. Регулирующие знаки, используемые для введения ограничений на определенных участках дороги
2. Предупреждающие знаки, сообщающие водителям об опасностях для движения фактических или потенциальных.
3. Направляющие или информационные знаки, указывающие водителям направление движения, включая обозначение маршрутов, пунктов назначения, служб сервиса, мест, представляющих интерес для водителей и пассажиров, мест отдыха

Временные знаки. Почти все знаки действуют постоянно. Исключением являются временные знаки, применяемые для ограждения мест дорожных или строительных работ.

Эти знаки должны устанавливаться непосредственно перед началом работ, перемещаться в ходе этих работ и сниматься сразу же по окончании работ.

Ввиду своего специального назначения, знаки всегда должны устанавливаться там, где они наиболее эффективно информируют водителей и в то же время не сужают проезд и не ухудшают обзорность. Временные знаки обычно устанавливаются справа на расстоянии 1,8—3,6 м от края временного проезда или в 0,6 м за бортовым камнем.

В ряде случаев на противоположной стороне дороги ставят дополнительные или дублирующие знаки.

Расстояние установки знаков, предупреждающих о приближении к месту работ, определяют исходя из местных условий. Практически это расстояние в метрах можно принимать равным утроенной скорости приближения автомобиля к опасному участку, обычно не превышающую 56 км/ч в городских районах; для сельских условий это расстояние значительно больше и составляет до 457 м; на скоростных автомагистралях оно может доходить до 800 м и более.

При наличии серьезной опасности для дорожного движения знаки, предупреждающие о строительных работах, должны повторяться. На практике такие знаки устанавливают, как правило, за 152, 305 и 457 м до мест крупных строительных работ, стесненного движения транспортных средств или объездов в сельской местности, и на соответственно значительно меньших расстояниях в городских районах.

Обычно совместно со знаками, предупреждающими о дорожных работах, применяют знаки рекомендуемой скорости движения. Предупреждающие, запрещающие и указательные знаки в местах строительных и эксплуатационных работ устанавливают обычно на двух стойках, а знаки большого размера на более прочных основаниях.

Многопозиционные знаки используют для информации пользователей дорог о режиме или предписаниях, действующих только в течение определенного времени суток или при определенных условиях дорожного движения. Такие знаки управляются вручную на месте или дистанционно, либо с помощью автоматики, реагирующей на изменение дорожных условий. С помощью управляемых знаков может быть, например, запрещен поворот налево в часы пик, ограничена скорость, изменено на противоположное направление движения по одностороннему проезду.

Примеры предупреждающих многопозиционных знаков: «Впереди ДТП», «Впереди гололед», знаков направления «Объездной маршрут», «Подъезд к стадиону», информационных «Впереди затор», «Путевые весы».

Применяются следующие конструкции управляемых знаков.

1. Знаки, которые становятся видимыми только после включения фоновой подсветки.
2. Знаки с протягиваемым просвечиваемым изнутри полотном, на которое нанесены несколько обозначений или с вращающимся барабаном.
3. Растровые знаки, которые меняют информационные надписи включением определенных групп электроламп или иных светящихся элементов.
4. Знаки, которые меняют информацию при помощи небольших дисков с отражающей белой поверхностью с одной стороны и цветным фоном на противоположной, которые вращаются, образуя буквенные и цифровые надписи.

ИСПОЛНЕНИЕ И УСТАНОВКА ЗНАКОВ

Общие характеристики. К наиболее важным характеристикам дорожных знаков относятся их способность привлекать внимание водителей, читаемость и распознаваемость.

С точки зрения привлечения внимания водителей различают две характеристики знаков; способность знака или группы знаков выделяться на окружающем фоне и способность определенного знака привлечь к себе внимание и быть прочитанным в первую очередь.

Для оценки читаемости знака служит расстояние, на котором он может быть прочтен без учета времени, либо расстояние прочтения с одного взгляда (в тече-

ние 0,5—1,4 с) при нахождении знака в конусе острого зрения условно очерченного полутораметровым кругом на расстоянии 30,5 м от глаза. Распознаваемость — это качество знака быть воспринятым и понятым, что достигается применением стандартизованных цвета и формы, а также надписей на знаке. Немают важны и другие качества.

Например, эксперименты показывают, что знаки, расположенные над проезжей частью, просматриваются лучше, чем те, что установлены около дороги. Наиболее важными факторами являются яркость и контрастность обозначений на знаках и самих знаков на общем фоне.

Форма знаков. В США используются знаки следующей формы:

восьмиугольник — исключительно для знаков «Движение без остановки запрещено»;

равносторонний треугольник с одной вершиной обращенной вниз — исключительно для знаков «Уступите дорогу»;

круг — для предварительного предупреждения водителей о железнодорожном переезде;

равнобедренный треугольник с горизонтальным расположением наибольшей оси — для предупреждения о запрещении обгона;

ромб — только для предупреждения о существующих или возможных опасностях для движения;

прямоугольник, обычно с вертикальным расположением больших сторон — для запрещающих и предписывающих знаков, за исключением знаков «Движение без остановки запрещено» и «Уступите дорогу»;

прямоугольник, обычно с горизонтальным расположением больших сторон — для направляющих и информационных знаков, за исключением маршрутных марок и направляющих знаков в зонах отдыха;

трапеция — для знаков в зонах отдыха;

пятиугольник, обращенный вершиной вверх, — для предупреждения о приближении к школам и обозначения школьных переходов;

прочие формы — в особых случаях, например, щитки для маршрутных марок и крестообразные знаки на железнодорожных переездах.

Цвет. Стандартные цвета, принятые в США, мало чем отличаются от тех, что использовались раньше (до 1971 г.), однако определены для использования в будущем цвета: фиолетовый, светло-синий, коралловый и глубокий желто-зеленый, а для незамедлительного использования цвета: оранжевый и коричневый. Ниже рассмотрены стандартные цвета и выполняемые ими функции

Красный цвет используется как фоновый цвет для знаков «Движение без остановки запрещено», «Въезд запрещен» и «Ошибочное направление движения», а также для дополнительных табличек на пересечениях; для надписей на знаках, запрещающих стоянку транспортных средств, а также для каймы и диагональных полос запрещающих знаков; для окаймления знаков «Уступите дорогу» и для надписей на них.

Черный цвет применяется в качестве фона на знаках «Одностороннее движение» и «Пункт взвешивания»; а также для знаков «Ограничение скорости ночью». Он используется также для надписей на знаках с белым, желтым и оранжевым фоном.

Белый цвет используется в качестве фона для маршрутных марок, направляющих знаков, а также для запрещающих и предписывающих знаков за исключением знака «Движение без остановки запрещено»; кроме того, белый цвет используется для надписей на знаках с коричневым, зеленым, голубым, черным и красным фоном.

Оранжевый цвет используется как фоновый цвет для знаков, предупреждающих о строительных и эксплуатационных работах.

Желтый цвет применяется как фоновый цвет на знаках с символами школ, знаках, предупреждающих о сокращении числа полос на автомагистралях и предупреждающих знаках, за исключением случаев, когда в этих полях предписывается оранжевый цвет

Коричневый цвет используется как фон для направляющих и информационных знаков в местах отдыха.

Зеленый цвет используется как фоновый цвет для километровых указателей и для направляющих знаков, когда они не коричнево-белые: зеленый цвет используется также для надписей на белом фоне, информирующих о порядке и правилах на стоянках автомобилей.

Голубой цвет используется как фоновый цвет для информационных знаков, относящихся к службам сервиса, местам отдыха автомобилистов, а также для эксплуатационно-дорожных указателей.

Габаритные размеры. Стандартные габаритные размеры были установлены для регулирующих и предупреждающих знаков, а также для определенных направляющих знаков, таких как маршрутные марки. Для скоростных дорог, в местах плохой видимости, на дорогах с числом полос четыре и более и в других местах, требующих повышенного внимания, устанавливаются знаки больших размеров.

Стандартные знаки имеют следующие габаритные размеры:

«Движение без остановки запрещено» — 76×76 см, однако на второстепенных дорогах может использоваться знак размером 61×61 см;

«Уступите дорогу» — длина стороны треугольника 91 см;

«Поворот запрещен» (символ) — 61×61 см плюс табличка размером 61×46 см;

«Въезд запрещен» — 76×76 см;

знаки, оповещающие о городских стоянках — 31×46 см (за исключением случаев, когда надписи требуют дополнительной площади);

другие регулирующие знаки — 61×76 см (на второстепенных дорогах и улицах можно использовать знаки размером 46×61 см).

Направляющие знаки имеют достаточный размер, чтобы на них разместить минимум буквенной информации с высотой букв 15 см на основных дорогах в сельских районах, 10 см на менее важных сельских дорогах и городских улицах и 20 см или более на автомагистралях.

Габаритные размеры знаков направления на автомагистралях и междуштатных дорогах зависят в основном от способа установки знаков, характера съезда на автомагистраль, вида информации (дополняющая, предварительная) и ее конкретного содержания.

Для знаков направления установлены только минимальные размеры. Размер знака в общем определяется размером букв, достаточным для того, чтобы дать водителям хорошую возможность без труда прочесть его при нормальной скорости.

При выборе необходимого размера букв следует учитывать следующие факторы: скорость приближающегося автомобиля; местоположение знака; ширину и характер букв; использование подсветки или отражающей способности знака; время, необходимое для предупреждения (время на восприятие — реакцию и время на остановку или снижение скорости для осуществления необходимого маневра); размеры поверхности знака под надписью.

Стандартные буквенные обозначения на общепринятых дорожных знаках выполняются заглавными буквами округлой формы. Однако при высоте букв свыше 20 см, наименования пунктов на указательных знаках необходимо выполнять сочетанием заглавных и строчных букв. Начальные заглавные буквы должны быть в 1,3 раза выше прописных.

Для знаков направления на автомагистралях применяют один из следующих стилей буквенных надписей: заглавные буквы для всех словесных надписей или прописные буквы с начальными заглавными для всех наименований пунктов, улиц и автомобильных дорог и заглавные буквы для остальных словесных надписей.

Словесные надписи на дорожных знаках направления на автомагистралях должны быть выполнены буквами высотой не менее 20 см. Соответствующие символы на дорожных знаках, употребленные вместо слов, более эффективны в передаче необходимой информации. Помимо символического значения формы знаков, основным символом, используемым в США, является стрелка, которая показывает повороты и направления движения, закругления дороги, а в некоторых городских районах разрешаемые повороты из определенных полос движения. Стрелки используются также вместе с краткой информацией о правилах, относящихся к данной полосе движения, например, об участке с реверсивным движением или ограничении движения по данной полосе определенным видам транспортных

средств. Стрелки используются только на подвесных знаках направления, ограничивающих проезд по определенным полосам.

На схемах-указателях следует применять стрелки, соразмерные с геометрией перекрестка, или, если необходимо, участком его, четким и понятным образом, который обеспечит восприятие информации с одного взгляда.

РЕФЛЕКТОРИЗАЦИЯ И ПОДСВЕТКА

Знаки, несущие запрещения или предписания, предупреждающие и важнейшие знаки, указывающие направления движения, должны быть хорошо видимыми как днем, так и ночью. Их необходимо оснащать световозвращающими материалами или оборудовать подсветкой за исключением случаев, когда они не используются в ночное время или используются на освещенных стоянках.

Совершенствование конструкции автомобильных фар и повышение качества световозвращающих материалов позволило создать за последние десять лет дорожные знаки, не уступающие по эффективности подсвечиваемым

Световозвращающие свойства знаков достигаются тремя способами рефлекторизации: надписей, обозначений, символа и окантовки; фона; фона и обозначений.

При рефлекторизации только обозначений штрихи букв и символы следует делать более широкими, а световозвращение обработанной поверхности должно быть высоко интенсивным с тем, чтобы обеспечивать достаточную видимость. При рефлекторизации как фона, так и буквенного обозначения или символики, надписи и символы должны быть более яркими, чем фон.

Дорожные знаки со световозвращающим покрытием должны обеспечивать: хорошее световозвращение на всей дистанции приближения к знаку, с тем, чтобы как на максимальном, так и на минимальном расстоянии от знака он привлекал внимание водителей и хорошо читался;

отсутствие ослепляющих бликов от рефлекторизованных элементов, которые могли бы ухудшить читаемость надписи;

в условиях дождя и тумана 75%-ную отражательную способность по отношению к этому показателю при сухой погоде;

стабильность внешнего вида и надписей днем и ночью за исключением случаев, когда в темное время суток происходит смена обозначения;

самоочищение световозвращающей поверхности, на которой не накапливалась бы грязь.

Имеется два основных вида световозвращающих элементов: катафоты и отражающая пленка. Эти оба вида обладают способностью отражать попадающий на них свет непосредственно в сторону его источника.

Катафоты представляют собой небольшие оптические световозвращающие элементы, установленные на или внутри лицевой части знака таким образом, чтобы образовал символ или серию букв. Это обычно стеклянные круглые кнопки, задние стенки которых состоят из призматических световозвращателей.

Пленка обычно имеет клейкую оборотную сторону и пластиковую лицевую сторону, в которую вделаны мелкие стеклянные шарики. Каждый шарик играет роль миниатюрного световозвращателя.

К свойствам световозвращающих материалов относят:

отражение достаточного количества попадающего от фар автомобилей света в сторону глаз водителя при нормальных дистанциях видимости;

максимальный угол падения света, обеспечивающий эффективное отражение;

стойкость к погодным воздействиям и актам вандализма;

простоту применения и замены;

минимальные расходы в расчете на один год эксплуатации знака.

Угол расхождения, т. е. угол между лучом света от фар автомобиля и лучом, отраженным в сторону наблюдателя, должен быть достаточно широким, чтобы в его пределах были глаза водителя (для водителей некоторых грузовых автомобилей он колеблется от $0,2^\circ$ на больших расстояниях до $1,5^\circ$ на расстоянии 46 м).

Максимальный угол расхождения поэтому требуется для условий, когда водитель грузового автомобиля, глаза которого находятся значительно выше фар, проезжает мимо знака.

Угол падения — это угол между лучом от фар автомобиля и перпендикуляром к поверхности знака. Используемые световозвращающие материалы должны обладать широкоугольным отражающим действием и отражать свет даже тогда, когда он падает лишь на одну сторону знака. Имеющиеся для этих целей материалы обладают хорошими светоотражательными качествами при углах до 40°.

Хорошая отражательная способность при широких углах попадания света необходима для:

обеспечения хорошей видимости в большом диапазоне дистанций, включая дистанцию близкого обозрения;

компенсации неточности в установке знаков;

компенсации любых временных повреждений опорных конструкций знаков;

обеспечения читаемости знаков на дорогах с многорядным движением, где боковые расстояния между полосой, по которой движется автомобиль, и местом установки знака могут быть довольно значительными тем более, что в настоящее время опоры знаков переносятся дальше от края дороги, чтобы свести к минимуму потенциальные конфликтные точки.

В тех случаях, когда есть уверенность, что световозвращающие знаки не дадут желаемых результатов, как, например, при установке их над проезжей частью дороги, обязательна подсветка знаков для обеспечения их достаточной контрастности и видимости. Подсветка применяется обычно на всех знаках, располагаемых над проезжей частью междугородных автомобильных дорог, на скоростных дорогах, на городских участках автомагистралей, а также на участках, где от водителя требуются быстрые решения и реакция.

Подсветка знаков достигается следующим образом:

направлением света от внешнего источника на поверхность самого знака с тем, чтобы осветить его со стороны подъезжающих автомобилей. Ввиду возможности повреждения осветительной системы надпись на знаке должна быть рефлекторизирована, а фон можно рефлекторизировать, можно не рефлекторизировать, однако следует избегать смешанного применения отражательных и неотражательных знаков на одном общем участке. В зависимости от принятых на местах схем источники света можно устанавливать над знаком или под ним. Подсветка снизу позволяет избежать нежелательных теней на поверхности знака в дневное время. Для освещения могут быть использованы флуоресцентные лампы или ртутные светильники. Предпочтение отдается последним ввиду легкости монтажа, простоты обслуживания (более долгий срок службы) и лучшего распределения света;

светом ламп накаливания или флуоресцентных ламп, подсвечивающих изнутри полупрозрачный фон, на котором сделана надпись на знаке.

Чтобы улучшить видимость некоторых наиболее важных знаков в качестве средств подсветки используют проблесковые огни. Проблесковые огни красного цвета можно использовать для знаков «Движение без остановки запрещено», а огни желтого цвета — для различных предупреждающих знаков и знаков, обозначающих школьные переходы.

Размещение, установка и крепление знаков Не всегда возможно стандартизовать установку знаков. Однако, общим правилом является их расположение у дороги со стороны водителя, где ему проще следить за ними. Знаки расположенные в иных местах, за исключением знаков над проезжей частью дороги, должны рассматриваться как дополнительные к знакам, установленным в нормальном отведенных местах.

Знаки следует устанавливать так, чтобы обеспечивалась их оптимальная видимость в ночное время и они не забрызгивались грязью. Их нельзя загромождать другими знаками и какими-либо придорожными объектами.

Знаки на стойках должны устанавливаться под углом к дороге, чтобы уменьшить блики от их поверхности. Знаки со световозвращающим покрытием следует также устанавливать с небольшим наклоном к поверхности дороги и направлению движения, ибо такое положение обеспечивает максимальную яркость на наибольшем расстоянии для приближающихся транспортных средств. Однако, желательно, чтобы знак был затем слегка отвернут от дороги, так как это уменьшает зеркальное отражение и в то же время не снижает чрезмерно читаемость знака. Знаки должны устанавливаться с учетом направления движения транспортных средств и не обязательно под строго определенным углом к обочине до-

роги. При установке знаков на участках дороги с подъемом, желателно наклонять их вперед или назад с тем, чтобы они были более прямо расположены по отношению к приближающемуся потоку движения, или поднимать их выше обычного с тем, чтобы они находились в поле зрения водителей, преодолевающих подъем.

Там, где это возможно, знаки должны устанавливаться на отдельных стойках для облегчения их восприятия. Исключение составляют знаки рекомендуемой скорости движения, ибо они служат дополнением к предупреждающим знакам. Недопустима установка рекламных щитов совместно с дорожными знаками или вообще в полосе отвода дороги.

Боковое расстояние от края тротуара или проезжей части в сельской местности до регулирующих или предупреждающих знаков должно быть от 1,8 до 3,6 м, как это показано на рис. 16.1. Более крупные знаки, указывающие направление движения на магистральных автомобильных дорогах, должны находиться на расстоянии 9 м от проезжей части.

В условиях города знаки обычно устанавливают вдоль дороги между краем проезжей части и тротуаром или над самим тротуаром, притом предпочтительно в таком месте, где они не будут смешиваться с рекламными щитами на соседних зданиях. Всегда следует придерживаться рекомендуемой для города минимальной высоты установки знака, равной 2,1 м (чтобы знак не загоразивался стоящими автомобилями и чтобы он не был помехой для пешеходов). Там, где это диктуется практикой, знак должен устанавливаться не менее чем за 3 м от края ближайшей полосы для движения транспортных средств. Крупные знаки направления следует относить дальше — предпочтительно на 9 м и более от края ближайшей полосы движения. На рампях и проездах транспортных развязок это расстояние может быть уменьшено до 1,8 м.

На широких скоростных автомобильных дорогах или в местах, где желателно обеспечить регулирование движения по полосам, а также при отсутствии свободного места у дороги, часто возникает необходимость в установке знаков над проезжей частью.

К другим факторам, говорящим в пользу установки знаков над проезжей частью, относятся: интенсивность движения, равная или близкая к пропускной способности; сложная конфигурация участка дороги; наличие трех или более полос для движения в каждом направлении; ограниченное расстояние видимости; близко расположенные друг от друга развязки и пересечения; многорядные съезды или повороты; большая доля в транспортном потоке грузовых автомобилей; фон уличных огней; большие скорости движения; логичность размещения знаков с учетом их информативности; недостаток места для установки знаков около дороги; расположение знаков рядом со светофорами с тем, чтобы водитель мог видеть всю необходимую информацию в небольшом поле зрения.

Рекомендуется регулирующие знаки устанавливать в начале участков, на которые распространяются предписания или запреты, предупреждающие знаки — на определенном расстоянии перед обозначаемыми объектами, а знаки направления устанавливать исходя из необходимости адекватного информирования водителей. Для обычных улиц и автомобильных дорог в этих вопросах следует придерживаться следующих основных положений.

1. Знаки «Движение без остановки запрещено» и «Уступите дорогу» следует устанавливать в тех местах, где необходимо выполнить это предписание. Даже в открытой сельской местности знак «Движение без остановки запрещено» должен устанавливаться на расстоянии не более 15 м от пересекающей дороги. В намеченном месте требуемой остановки следует нанести стоп-линию или сделать какую-либо другую разметку, дополняющую этот знак, если он не установлен непосредственно в этом месте или рядом с ним. Для обеспечения подходящего местоположения знака «Движение без остановки запрещено» на сложных перекрестках или там, где физические условия затрудняют выбор надлежащего места, может потребоваться канализирование движения.

2. Предупреждающие знаки в условиях города, где скорости относительно небольшие, необходимо устанавливать за 70—80 м до опасного участка, места. В сельской местности и на скоростных дорогах предупреждающие знаки устанавливают за 230—460 м до опасного участка. Такие расстояния необходимы для того, чтобы дать возможность водителю своевременно реагировать на знак.

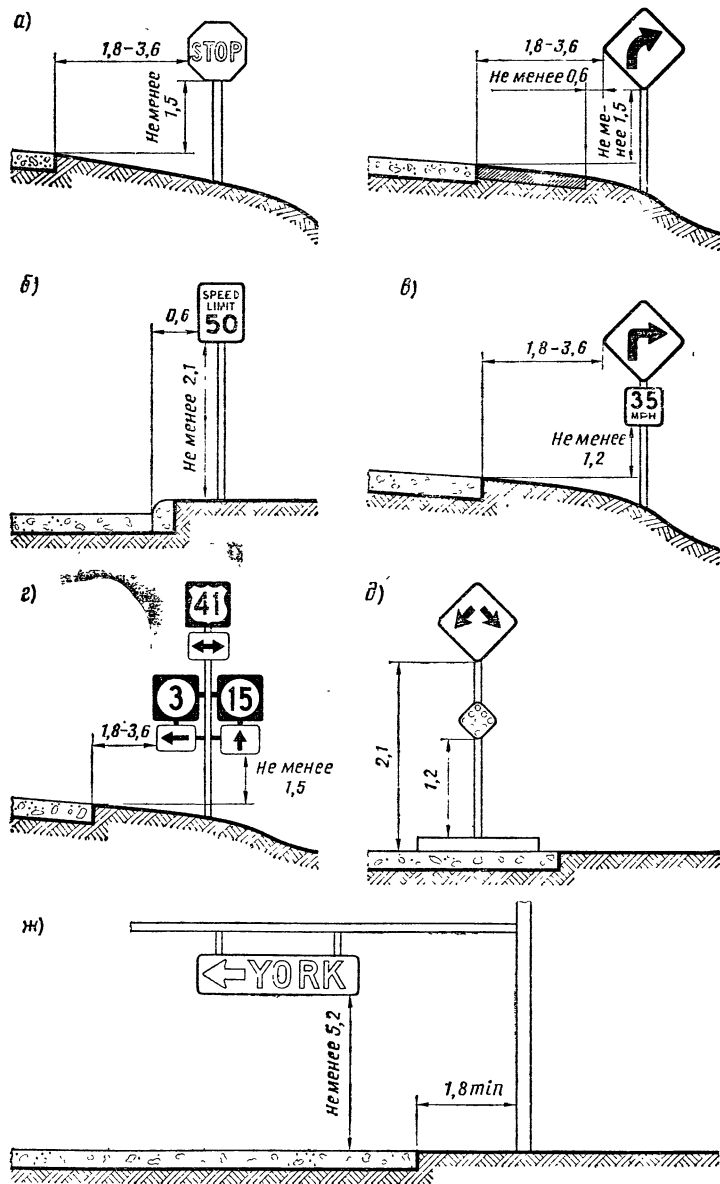


Рис. 16.1. Боковое расположение знаков и расположение их по высоте (размеры даны в метрах):

а — знак «Движение без остановки запрещено» и «Опасный поворот», установленные на обочине дороги в сельской местности, б — знак «Ограничение скорости», установленный на обочине дороги в деловом центре или жилом районе города; в — предупреждающий знак с указанием рекомендуемой скорости движения 35 миль/ч, установленный в сельской местности; г — группа знаков, установленная на обочине, д — предупреждающий знак, установленный над проезжей частью

3. Знаки направления необходимо устанавливать перед пересечением и на самих пересечениях. И в этом вопросе необходимо придерживаться установленного порядка в масштабе штата или страны, с тем, чтобы водители, раз привыкнув к нему, были бы в состоянии находить знаки в единообразных местах. Знаки разветвления маршрутов и предварительные стрелы поворотов должны устанавливаться не менее, чем за 120 м до пересечений дорог, как это показано на рис. 16.2; в застроенных районах их следует устанавливать примерно за полквартала до перекрестка и обычно не более, чем за 100 м до него.

4. Знаки, указывающие пункты назначения в условиях сельской местности следует устанавливать не менее чем за 60 м и не более чем за 90 м до пересечений дорог; в городских районах разрешаются меньшие расстояния. Маршрутные марки следует устанавливать непосредственно на перекрестках и располагать на расстоянии от 8 до 61 м за перекрестком в сельской местности и на расстоянии от 3 до 24 м за перекрестком в городских районах.

Знаки, устанавливаемые перед развязками автомагистралей, обычно объединяют в себе функции указателей пунктов назначения и маршрутных марок. Их следует размещать на больших расстояниях, чем знаки на обычных автомобильных дорогах. Перед каждой развязкой должно быть минимум три и максимум пять направляющих знаков, не считая знаков, устанавливаемых в дополнение к обычным. Во всех случаях основные знаки направлений, устанавливаемые перед полосами замедления, должны располагаться по крайней мере на расстоянии 250 м друг от друга.

Знаки, устанавливаемые по сторонам загородных дорог, должны монтироваться на высоте по крайней мере 1,5 м от нижнего края знака до ближайшей кромки мостовой. В деловой, коммерческой частях и жилых районах, где имеются стоянки для автомобилей и пешеходное движение или где могут встречаться препятствия, мешающие нормальному обзору водителей, расстояние до нижней части знака должно быть по крайней мере 2,1 м.

Требования размещения знаков по высоте на автомагистралях отличаются от тех требований, которые предъявляются к знакам, размещающимся на обычных дорогах и улицах. Знаки, указывающие направление движения на автомагистралях, должны иметь высоту установки минимум 2,1 м от нижней кромки мостовой до нижней части знака. Если ниже основного знака устанавливается знак имеющий второстепенное значение, то основной знак в этом случае должен размещаться, по крайней мере, на высоте 2,4 м, а второстепенный знак на высоте, по крайней мере, 1,5 м. Все маршрутные марки, предупреждающие и регулирующие дорожные знаки на скоростных дорогах, должны размещаться на высоте, по крайней мере, 1,8 м. В том случае, если знаки направления движения размещаются на расстоянии 9 м и более от кромки ближайшей полосы автомагистрали для лучшей безопасности движения, размещение по высоте этого знака может быть равно 1,5 м.

Знаки, размещаемые над дорогой, должны иметь габаритную высоту 5 м над всей шириной дороги, включая обочины, за исключением тех случаев, когда меньшие вертикальные габаритные размеры применяются по конструктивным соображениям для устройства других сооружений. Вертикальный просвет под знаком или удерживающей его конструкцией не должен быть более чем на 30 см больше минимальной проектной габаритной высоты других сооружений.

Крепление и установка дорожных знаков. Знаки могут быть размещены на существующих опорах, используемых для других целей, например, для светофоров, освещения, и на различных столбах. Запрещается устанавливать знаки на деревянных столбах общего назначения по соображениям безопасности персонала, обслуживающего эти столбы.

При установке на опорах знаки должны быть защищены от раскачивания ветром. В то же время они должны легко разрушаться при контакте с транспортными средствами. Исключением в этом случае являются лишь знаки, размещенные над дорожным полотном или знаки, которые защищены бортовым камнем в условиях города или дорожными ограждениями за пределами города.

На дорогах, где нет бордюра, или на других незащищенных участках, регулирующие и предупреждающие знаки могут быть установлены на правой стороне дороги по ходу движения на опорах прямоугольного или U-образного сечения, которые должны ломаться при наезде на них транспортного средства. В этих

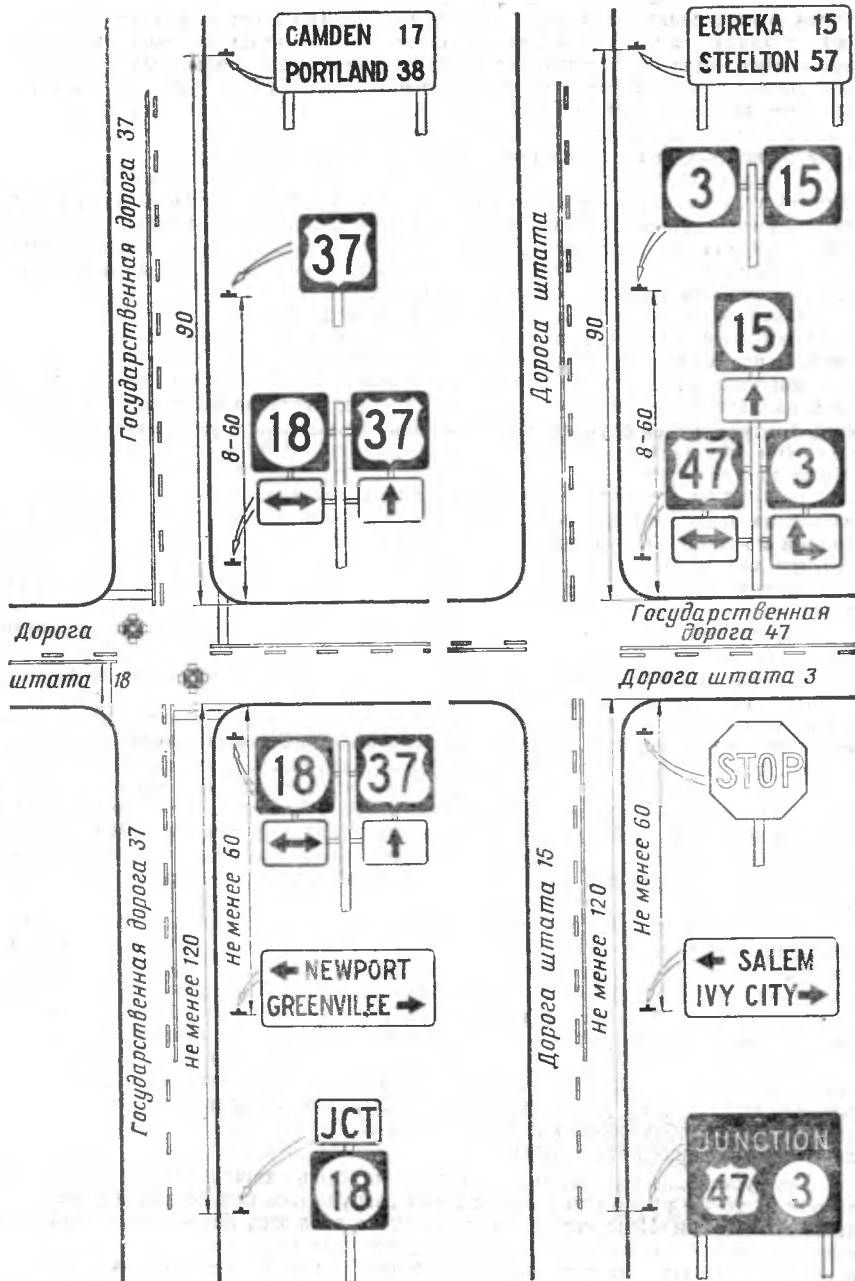


Рис. 16.2. Типичное обозначение маршрутов на пересечениях автомобильных дорог (размеры даны в метрах)

случаях, знаки, которые имеют ширину не более 91 см или площадь не более 0,9 м², могут быть установлены на одном столбе. Несколько большие по размерам знаки могут быть установлены на деревянных стойках сечением 10×10 см.

Большие по габаритам знаки, включая знаки направления или указывающие пункт назначения, шириной 122 см должны устанавливаться на двух опорах, которые легко разрушаются или деформируются. Испытания, проведенные в Пенсильвании, показали, что: столбы, выполненные из пихты или сосны сечением 10×10 см и 10×15 см легко разрушаются при контакте с транспортными средствами. Столб для знака размером 15×15 см должен иметь два отверстия диаметром 3,8 см, просверленные в центре столба, параллельно плоскости знака; одно отверстие должно быть на высоте 15 см, а второе на высоте 46 см выше поверхности земли; столбы сечением 15×20 см должны иметь два отверстия диаметром 5,8 см, просверленные, как указано выше.

Большие знаки направлений должны иметь специально сконструированные разрушающиеся опоры, которые могут быть сделаны из дерева или стали. Имеются следующие разрушающиеся стальные опоры:

знак техасской конструкции со скользящим соединением в основании и шарнирным соединением ниже крепления знака обеспечивает в случае удара соскальзывание опоры с фундаментного основания и отклонение ее на шарнире от транспортного средства;

опора конструкции Нью-Джерси с предварительно напряженным разрушаемым соединением в основании и отдельным ломающимся устройством между знаком и опорой, с помощью которых происходит срез опоры с фундамента при ударе, в результате чего опора отлетает от наехавшего транспортного средства и повторного удара транспортного средства об опору не происходит.

С точки зрения безопасности а также по соображениям эстетики знаки, подвешенные над дорогой, должны монтироваться на арочных опорах, там, где это возможно. Но, поскольку таких готовых конструкций в нужном месте, как правило, нет, инженеры должны спроектировать специальную опору, способную выдерживать постоянную нагрузку от подвески знака и осветительных устройств, а также ветровую нагрузку. Кроме того спроектированная конструкция должна обеспечить достаточный вертикальный и горизонтальный просветы с тем, чтобы удовлетворять минимальным установленным стандартам для данной магистрали.

В настоящее время разработаны экспериментальные арочные конструкции с двойной системой опор: когда одна опора ломается и отбрасывается в сторону, а пролет, на котором смонтирован знак, не падает на дорогу. Технические характеристики этой новой конструкции позволяют предполагать, что она получит широкое применение.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ И УХОД ЗА ЗНАКАМИ

Материал, используемый для дорожных знаков. Обычно для изготовления дорожных знаков используют фанеру, применяемую для наружных работ, листовые алюминий и сталь, стекловолокно и пластик. Знаки из обычного стекловолокна и пластика часто используются для ограждения строительных и ремонтных работ потому, что они сравнительно легкие и не дают металлических заусениц, что может вызвать порезы у рабочих, если обработанная поверхность знаков слишком груба.

Прозрачный пластик обычно используется для знаков с внутренней подсветкой, кроме того, такие знаки хорошо видны в дневное время и легко читаются.

Высокопрочная слоеная фанера для наружного пользования толщиной от 0,6 до 2,5 см предпочтительна для старых деревянных знаков с усилением из деревянных реек.

Стальной лист, применяемый для изготовления знаков, должен иметь антикоррозийное покрытие.

Сталь 18 также хорошо подходит для знаков малых размеров (до 61 см), а сталь 16 рекомендуется для знаков больших размеров.

Для крупных знаков, которые монтируются на арочных опорах, требуются штампованные или ламинированные алюминиевые панели.

Материалы для облицовки дорожных знаков. В качестве материалов, используемых для облицовки поверхности дорожных знаков, могут применяться: краска, клейкая пластиковая пленка, фарфор, а также светоотражающие материалы. Буквы, цифры и символы могут делаться из пластиковых, отражающих свет кнопок, укрепленных в фарфоровом или эмалированном корпусе или из световозвращающей пленки.

Краска, пластиковая (не световозвращающая) пленка и фарфоровые материалы могут применяться только на знаках, которые используются исключительно при дневном свете или при достаточно сильном искусственном освещении.

При разработке спецификаций и приобретении материалов для обозначений на знаках следует убедиться в том, что:

цвета этих материалов находятся в пределах разрешаемых допусков при дневном и ночном освещении;

материалы обладают надежностью и устойчивостью при любых погодных условиях;

материалы отражающих знаков отвечают требованиям минимальных уровней яркости;

материалы имеют достаточную прочность и продолжительность срока службы;

материалы легко пакуются и при транспортировании подвергаются минимальным повреждениям.

Уход за дорожными знаками. Хороший уход за дорожными знаками столь же важен, как и их соответствие нормам применения и надлежащим техническим требованиям и правилам установки при первоначальном монтаже.

Знаки должны подвергаться осмотру и проверке, по крайней мере, 2 раза в год при дневном свете и 1 раз в год в темное время суток для того, чтобы убедиться в соответствующей их видимости и читаемости.

Для обеспечения надлежащего ухода за дорожными знаками необходимо составить соответствующий график их проверки, чистки и замены. Работники дорожной службы, полиции и другие официальные лица, которые обязаны инспектировать дорожные магистрали, должны немедленно докладывать о замеченных повреждениях знаков или об ухудшении их видимости.

Уход за знаками должен включать их мойку мылом или другими моющими химическими средствами. Для очистки дорожных знаков можно также применять парогенераторную установку. Периодичность чистки может варьироваться от 1 раза в 2 года для знаков с самоочищающейся поверхностью, расположенных в жилом районе, до 1 раза в течение нескольких месяцев в промышленном районе. Необходимо уделить особое внимание обеспечению хорошей видимости знаков, поверхность которых не заслонялась бы растительностью, деревьями, а также строительными объектами.

Освещенные знаки требуют еще большего внимания к себе, поскольку они, как правило, имеют большие габаритные размеры и их необходимо периодически контролировать на предмет возможного повреждения самих знаков и их крепления вследствие погодных условий. Необходимо периодически проверять и заменять лампы, когда сила света падает ниже предела, предписанного стандартом. Особенно важно это делать в холодную погоду, поскольку старые лампы имеют тенденцию к снижению световой эффективности при низких температурах.

В обслуживании крупногабаритных знаков, установленных на автомагистралях на арочных и боковых опорах, имеются трудности из-за их габаритных размеров и особого расположения. Мыть их следует 1 или 2 раза в году, а фон и нанесенные на нем знаки — перекрашивать как только в этом возникает необходимость. При нерегулярном и недостаточном уходе за знаками приходится удалять нанесенные ранее надписи и формировать новую поверхность, на которую наносят новое покрытие и новые символы и надписи из рефлекторных кнопок или материала. Стальные опоры дорожных знаков необходимо красить через четыре-пять лет.

Инвентаризация дорожных знаков. Дорожные знаки требуют постоянного ухода и модернизации. Прежде чем составить график для такой программы, следует провести инвентаризацию для того, чтобы установить потребности и получить необходимую информацию, которая и явится основой для планирования. Систематическое обследование знаков, целью которой является обнаружение не-

достатков и повреждений, должно быть спланировано в деталях с тем, чтобы подготовить все необходимые формы для первичной инвентаризации и будущего их обновления.

Инвентаризация преследует следующие цели:

классифицировать все дорожные знаки по габаритным размерам, размещение, состоянию, форме опор и наличию световозвращающих элементов;

определить состояние знаков, требующих изменения в конструкции или габаритных размерах, обновления или рефлекторизации поверхности;

установить потребность в дорожных знаках в настоящее время и на перспективу и составить план работ по приведению знаков в соответствие с действующими стандартами.

Содержание работ по инвентаризации зависит от учреждения, ответственного за технические средства регулирования и наличия компьютерного оборудования для обработки полученных данных (см. соответствующий раздел гл. 11), которые как минимум должны включать в себя: номер квартала или маршрута; сторону дороги (северное, южное направление и т. д.); направление, куда знак обращен лицевой стороной; код знака; тип опоры; расстояние от перекрестка или другого регулируемого пункта; расстояние от полотна дороги, дату установки знака; состояние знака; наличие других знаков на той же опоре; состояние других знаков; видимость.

ДОРОЖНАЯ РАЗМЕТКА

Виды разметки. Дорожная разметка включает в себя продольные и поперечные линии, символы, слова, обозначения объектов, направляющие устройства, конусы или другие устройства, за исключением знаков, которые наносятся на дорожное полотно или прикрепляются к нему или же монтируются по сторонам дороги для указания направления движения, а также предупреждения водителей о препятствиях для движения.

Назначение разметки. В одних случаях разметка выполняет роль аналогичную роли знаков регулирующих, направляющих и канализирующих движение транспортных средств, а также дополняет сигналы и предписания других технических средств регулирования. В других случаях она служит в качестве психологического барьера для разделения транспортных потоков, движущихся в противоположных направлениях, обозначает зоны ограниченной видимости и обгона; она также информирует водителей о порядке движения на поворотах, о выделенных специальных зонах и т. д. Пешеходам разметка помогает воспользоваться наиболее безопасными для перехода дороги местами. Разметка на дорожном полотне создает для водителей более благоприятные условия для вождения, не отвлекая их внимания от наблюдения за проезжей частью дороги.

Временная разметка. Чаще требуется постоянная разметка с максимальным сроком службы. Временная разметка применяется в местах строительных работ на дороге и в других местах, где временно существующая опасность для движения должна быть хорошо обозначена до того, как опасность будет устранена. Следует позаботиться о том, чтобы временная разметка была удалена, как только минует в ней необходимость, чтобы не вводить в заблуждение водителей наличием постоянных знаков, расположенных вблизи от временной разметки.

ПРОДОЛЬНАЯ РАЗМЕТКА

Продольные линии разметки используются для того, чтобы направить транспортный поток по определенному руслу, информировать водителей о местах, где запрещен обгон, а также дополнительно предупредить их об опасных дорожных участках. В США для продольной разметки используют белый, желтый или красный цвет. Черный цвет также может быть применен в комбинации с указанными выше основными цветами, там, где дорожное полотно не обеспечивает достаточной контрастности. При применении стандартных цветов необходимо учитывать следующее:

желтые линии разделяют потоки движения противоположных направлений;

белые линии разделяют потоки движения в одном и том же направлении; красные линии обозначают дорогу, на которую выезжать не разрешается; прерывистые желтая и белая линии являются разрешающими по своему характеру; их штрихи и промежутки между ними находятся по длине в отношении 3 : 5, так, например, 5 и 8 м или 3 и 5 м; сплошная линия означает запрещение; ширина линии указывает на степень ее важности; обычно применяются линии шириной от 10 до 15 см;

двойные сплошные линии обозначают категорический строгий запрет. Принципы применения продольной разметки приведены на рис. 16.3. Кратко они формулируются следующим образом:

1. Осевые линии могут быть различными в зависимости от ширины проезжей части дороги. Одинарная прерывистая желтая линия, которая используется на двухполосных дорогах с двусторонним движением, указывает, что обгон разрешен с любого направления (сплошная желтая линия, расположенная с какой-либо стороны рядом с прерывистой, указывает, что со стороны сплошной линии обгон запрещен). Двойная сплошная желтая осевая линия должна использоваться на улице с двусторонним движением и числом полос 4 и более при ее несимметричном расположении (смещении), а также на тех участках, где обгон запрещен в обоих направлениях.

2. Линии, разделяющие полосы для движения — прерывистые белые линии с длиной штриха 4,6 м и величиной разрыва между ними 7,6 м. В некоторых городских районах используют такие линии с длиной штриха 2,7 м и длиной разрыва — 4,6 м. Сплошные разделительные линии применяют на подходах к перекресткам и на других участках дороги, где необходимо запретить смену полос движения. Пунктирная белая линия со штрихами длиной 0,6 м и разрывами 1,2 м используется для продления соответствующей разделительной линии через перекресток или полосу замедления, где возникает особая необходимость правильно ориентировать водителей транспортных средств.

3. Реверсивные полосы обозначаются двойными прерывистыми линиями желтого цвета с длиной штрихов 4,6 м и разрывов между ними 7,6 м. Для указания

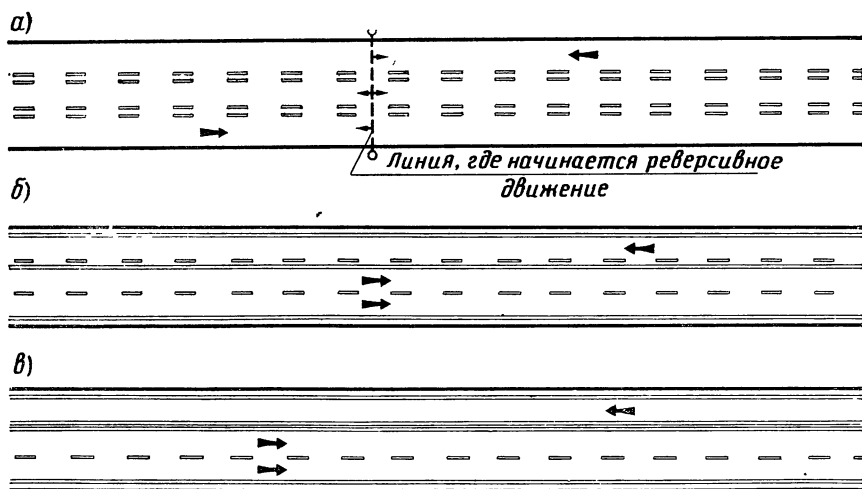


Рис. 16.3. Типичная продольная разметка трехполосной дороги с двусторонним движением (линия, где начинается реверсивное движение показывает место, где должен находиться знак или светофор, обеспечивающий реверсивное регулирование):

а — с центральной полосой для реверсивного движения; б — с разрешенным обгоном для транспортных средств, движущихся по одной полосе; в — с запрещенным обгоном для транспортных средств, движущихся по одной полосе

разрешенного направления движения по реверсивной полосе нужны соответствующие дорожные знаки или светофорная сигнализация.

4. Краевые линии шириной от 5,1 до 10,2 см, обозначающие кромку проезжей части, наносятся белой краской с обеих сторон проезжей части дороги, за исключением дорог с разделительной полосой, на которых краевая линия, примыкающая к разделительной полосе, должна быть желтого цвета, так как за ней нет достаточного пространства для съезда и остановки транспортного средства

5. Линии, канализирующие движение, и островки посередине проезжей части обозначаются широкими или двойными линиями белого или желтого цвета в зависимости от характера движения. Если линии обозначают островок, который при движении в одном направлении можно объезжать с обеих сторон, маркировка должна наноситься белой краской. Если островки безопасности предназначены для разделения движения в двух противоположных направлениях, разметка должна делаться желтой краской. В любом случае поперечные линии островка должны наноситься той же краской, что и продольные линии.

Поперечная разметка одна или в сочетании с дорожными знаками применяется для того, чтобы передавать водителям информацию о характере и условиях движения. Она включает в себя обозначения обочин, слова и символы, наносимые на проезжую часть, стоп-линии, линии пешеходных переходов, а также линии разметки стоянок автомобилей. Поперечная разметка выполняется белой краской, за исключением тех случаев, когда она является частью разделительной полосы и должна быть желтого цвета или когда она предназначена только для водителей транспортных средств, движущихся в ошибочном направлении на дорогах с односторонним движением; в последнем случае разметка должна быть красного цвета.

Поскольку поперечные линии на проезжей части видны под небольшим углом приближения, все они должны быть увеличенной ширины, чтобы визуально они просматривались одинаковыми продольными линиями. Таким образом можно избежать искажений и путаницы там, где продольные и поперечные линии образуют единые буквы или символы.

При нанесении поперечной разметки необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Пешеходные переходы обозначаются сплошными линиями белого цвета шириной не менее 15 см, отстоящими друг от друга не менее чем на 1,8 м. В местах, где скорость движения транспортных средств превышает 56 км/ч, или в местах, где наличие пешеходных переходов может быть неожиданным для водителей, ширина линий, ограничивающих место перехода, должна быть до 61 см.

Более того, пешеходные переходы могут быть размечены белыми диагональными линиями под углом 45° или продольными линиями под углом 90° (рис. 16.4).

2. Стоп-линии шириной от 31 до 60 см должны перекрывать все полосы движения на подходе к перекрестку. Они должны находиться не далее 9 и не ближе 1,2 м от ближайшего края пересекаемой дороги. Если обозначен пешеходный переход, стоп-линия должна быть на расстоянии 1,2 м до ближайшей линии пешеходного перехода.

3. Разметка перед железнодорожным переездом состоит из знака X, букв RR, линии запрещения обгона и поперечных линий. Разметка наносится на всех подходах к переезду и имеет удлиненную форму для лучшей видимости под небольшим углом зрения (рис. 16.5).

4. Разметка автомобильных стоянок обеспечивает больший порядок и более эффективное использование отведенной для этой цели площади при интенсивном обороте стояночных мест. Кроме того, она предотвращает стоянку автомобилей в зоне пожарных гидрантов, автобусных остановок, погрузочных площадок, подъездов к поворотам, островков и в других местах, где стоянка запрещена (рис. 16.6).

5. Слова и символические изображения, которые делаются белой краской, используются для направления, предупреждения и регулирования дорожного движения. Однако они должны быть ограничены не более, чем тремя словами или символами. Примеры регулирующих надписей: «Стоп», «Только поворот направо», предупреждающих: «Впереди обязательная остановка», «Школа», направляющих: «US30» (маршрут), «Маршрут.123». Но в качестве регулирующих надписи должны только дополнять соответствующие дорожные знаки. Символы в раз-

метке предпочтительнее слов. При нанесении букв, символов и цифр их высота должна быть не менее 2,4 м. Если разметка содержит более чем одно слово, она должна читаться по направлению движения, т. е. первое слово должно быть ближайшим к водителю.

6. Разметка бортового камня может служить направляющим средством, либо регулировать стоянку автомобилей. В первом случае ее цвет должен соответствовать цвету краевой или канализирующей разметки. При использовании ее для обозначения стоянок автомобилей, разметка должна дополнять стандартные дорожные знаки и иметь цвет по усмотрению местных властей.

Средства для обозначения объектов и направляющие устройства. Препятствия на дороге или вблизи дорог, включая части установок для регулирования движения, представляют значительную опасность для движения и должны быть надлежащим образом обозначены.

В практике США для этого применяют следующие устройства:

Тип 1 представляет собой элемент, состоящий из девяти рефлекторов желтого цвета размером 7,6 см, симметрично расположенных на ромбовидном щитке черного или желтого цвета размером 46 см. Его разновидностью является ромбовидный щиток размером 46 см со световозвращающим покрытием желтого цвета.

Тип 2 представляет собой элемент, установленный в горизонтальном или вертикальном положении, состоящий из трех желтых рефлекторов размером 7,6 см или же прямоугольный желтый рефлектор размером 15,2×30,5 см.

Тип 3 представляет собой вертикальный прямоугольный щиток размером 30,5×90 см с нанесенными на него чередующимися черными и рефлектирующими желтыми и белыми полосами, направленными вниз под углом 45° по направлению к тому краю препятствия, где осуществляется его объезд. Минимальная ширина желтой или белой полосы 7,6 см. Более предпочтительный внешний вид устройства может быть достигнут, если черные полосы будут шире желтых или белых полос.

При применении этой маркировки необходимо иметь ввиду следующее.

1. Объекты на дороге должны обозначаться устройствами типа 1 или 3. Кроме того, большие поверхности самого препятствия могут быть выкрашены в виде диагональных полос шириной 30,5 см или более, подобно устройству типа 3. Черные и рефлектирующие желтые полосы должны быть наклонены вниз под углом 45° по направлению к краю препятствия, около которого происходит его объезд.

2. Объекты около дороги нуждаются в применении устройств типа 2 или 3. Внутренняя кромка устройства должна совпадать с внутренней (ближайшей к дороге) кромкой препятствия.

3. Конец дороги должен обозначаться устройством, состоящим из 9 рефлекторов красного цвета размером 7,6 см, установленных симметрично на квадратном щитке красного или черного цвета со стороной квадрата 46 см. Вместо него может применяться такой же квадратный щиток со сплошной световозвращающей поверхностью красного цвета.

Вместо предупреждающих устройств на дорогах могут применяться делинеаторы — направляющие устройства или маркеры размером около 7,7 см. Делинеаторы используются на протяженных участках дорог или на коротких отрезках,

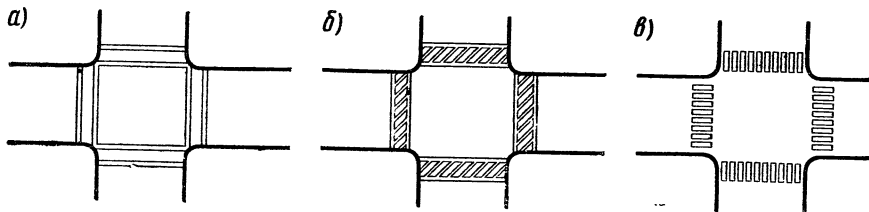


Рис. 16.4. Разметка пешеходных переходов.

а — стандартная разметка; б — разметка с диагональными линиями для улучшения видимости; в — разметка продольными линиями для улучшения видимости

где изменяется ширина проезжей части или другие элементы горизонтальной планировки, в особенности там, где эти изменения могут ввести водителя в заблуждение

Борты островков, находящихся вблизи транспортного потока, размечают делинеаторами белого цвета, если островок находится справа или если движение в одном и том же направлении обходит его с обеих сторон. Если островок разделяет движение в противоположных направлениях, то он должен размечаться делинеаторами желтого цвета.

Другие случаи применения делинеаторов.

1. Для направления движения по двухполосной дороге с двусторонним движением вдоль ее правого края устанавливаются одиночные белые рефлектирующие делинеаторы. Такие же делинеаторы могут размещаться и на левой стороне дороги с двусторонним движением, в особенности на правых крутых кривых.

2. По всей скоростной магистрали справа следует устанавливать одиночные белые делинеаторы. Для лучшей ориентировки водителей такие же делинеаторы могут размещаться и на левой стороне скоростной дороги.

3. Двойные или удлинненные по вертикали желтые делинеаторы должны устанавливаться с интервалом 30,5 м вдоль полос разгона и замедления по внешней стороне или с обеих сторон прямолинейных участков съездов и въездов на развязках. Когда делинеаторы используются только на одной стороне ramпы (съезда или въезда) и ramпа переходит в кривую, то делинеаторы должны устанавливаться и на внешней стороне кривой.

4. Красные рефлекторы могут помещаться на обратной стороне каждого делинеатора, если они будут видны водителям, движущимся в ошибочном направлении (навстречу движению).

Цветное дорожное покрытие, которое резко контрастирует с остальной проезжей частью, может использоваться там, где оно будет способствовать упорядочению дорожного движения. Лучший контраст достигается в дневное время, поскольку цвета обладают недостаточной отражательной способностью и в ночное время окрашенные и неокрашенные части дороги сливаются.

При использовании цветных покрытий необходимо помнить о следующих ограничениях.

1. Красный цвет должен применяться только на подъездах к знаку «Движение без остановки запрещено» при условии, что он действует круглосуточно.

2. Желтый цвет должен применяться для разделительных полос, разграничивающих потоки движения транспортных средств в противоположных направлениях.

3. Белый цвет должен использоваться только для выделения направляющих элементов, например для создания контраста между проезжей частью и правой обочиной или для обозначения поверхности канализирующих островков, когда движение в одном направлении идет с обеих сторон.

Условия применения разметки включают в себя следующее:

1. Осевые линии, которые разделяют транспортные потоки противоположных направлений, рекомендуется наносить на дорогах в тех случаях, когда дорога:

с двусторонним движением пролегает в сельских районах, имеет ширину проезжей части 5 м или более и скорость движения транспортных средств по ней превышает 56 км/ч;

пролегает по жилым или деловым кварталам и интенсивность движения по ней достаточно велика;

не имеет разделительной полосы при наличии четырех или более полос движения;

достаточно широка для трех полос движения (в данном случае дорога должна быть размечена двумя полосами для движения в одну сторону и одной полосой для движения в противоположном направлении).

2. Разметка полос по многополосной дороге должна быть сделана в том случае, когда исследования показывают, что дорога способна обеспечить надежное движение транспортных средств на большем количестве полос по сравнению с дорогой, не имеющей разметки.

Кроме того, разметка полос движения должна быть осуществлена на:

улицах с односторонним движением, когда возникает целесообразность использовать ее ширину с максимальной эффективностью;

Минимальное расстояние видимости при обгоне с учетом скорости движения транспортных средств

Скорость движения, км/ч	Минимальное расстояние видимости для обгона, м	Скорость движения, км/ч	Минимальное расстояние видимости для обгона, м
48	152	97	305
64	183	113	366
81	244		

Примечание. Минимальное расстояние видимости при обгоне на вертикальной кривой есть расстояние, при котором предмет высотой 1,1 м над поверхностью проезжей части может быть виден с высоты 1,1 м (рис. 16.7). Расстояние видимости при обгоне на горизонтальной кривой есть расстояние, измеряемое вдоль осевой (или разделительной) линии на трехполосной дороге между двумя точками высотой 1,1 м над поверхностью проезжей части по прямой линии до препятствия, которое закрывает обзор по внутренней стороне кривой.

подъездах к важным перекресткам и на опасных участках, где линии разметки помогут создать более организованное движение и обеспечить лучшее использование дороги;

загородных дорогах с нечетным числом полос движения.

3. Линия запрещения обгона наносится на участках горизонтальных или вертикальных кривых в тех случаях, когда дистанция видимости менее той, которая необходима для безопасного обгона при фактически наблюдаемых скоростях движения (табл. 16.1).

4. Разметку перед железнодорожными переездами необходимо применять там, где имеется световорная сигнализация или автоматический шлагбаум, а также перед всеми другими переездами, где преобладающая скорость движения на автомагистрали составляет 64 км/ч или больше.

5. Краевые линии необходимы на всех междуштатных автомагистралях, а также там, где такая разметка может предотвратить движение по твердым обочинам или заезд на островки безопасности.

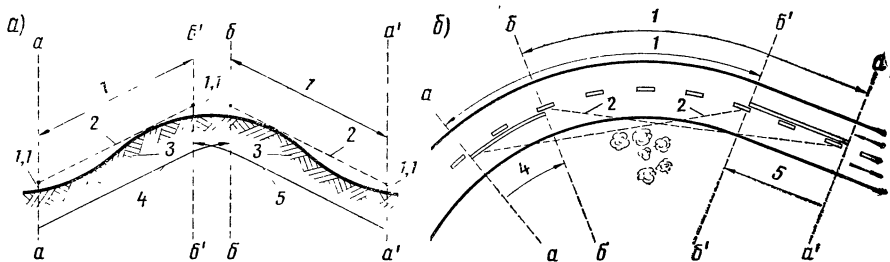


Рис. 16.7. Определение границ зон запрещения обгона на вертикальных и горизонтальных кривых (размеры даны в метрах)

a — вертикальная кривая, *b* — горизонтальная кривая;
 1 — минимальное расстояние видимости при обгоне при скорости 85%-ной обеспеченности;
 2 — линия обзора; 3 — профиль проезжей части; 4 — зона запрещения обгона от *a* до *b* (в указанном направлении); 5 — зона запрещения обгона от *a'* до *b'* (в указанном направлении);
a, a' — начало зоны запрещения обгона (для рис. 16.7, *a*); расстояние видимости становится ниже минимального, измеренного между точками, находящимися на высоте 1,1 м над проезжей частью; *b, b'* — конец зоны запрещения обгона, расстояние обзора снова превышает минимальное, *a, a'* — начало зоны запрещения обгона (для рис. 16.7, *b*); расстояние видимости измеряемое вдоль осевой линии (или разделительной линии правой полосы на трехполосной дороге), становится ниже минимального, *b, b'* — конец зоны запрещения обгона; расстояние видимости снова превышает минимальное.

Примечание. Зоны запрещения обгона во встречных направлениях движения могут перекрываться или не перекрываться с зависимости от профиля дороги

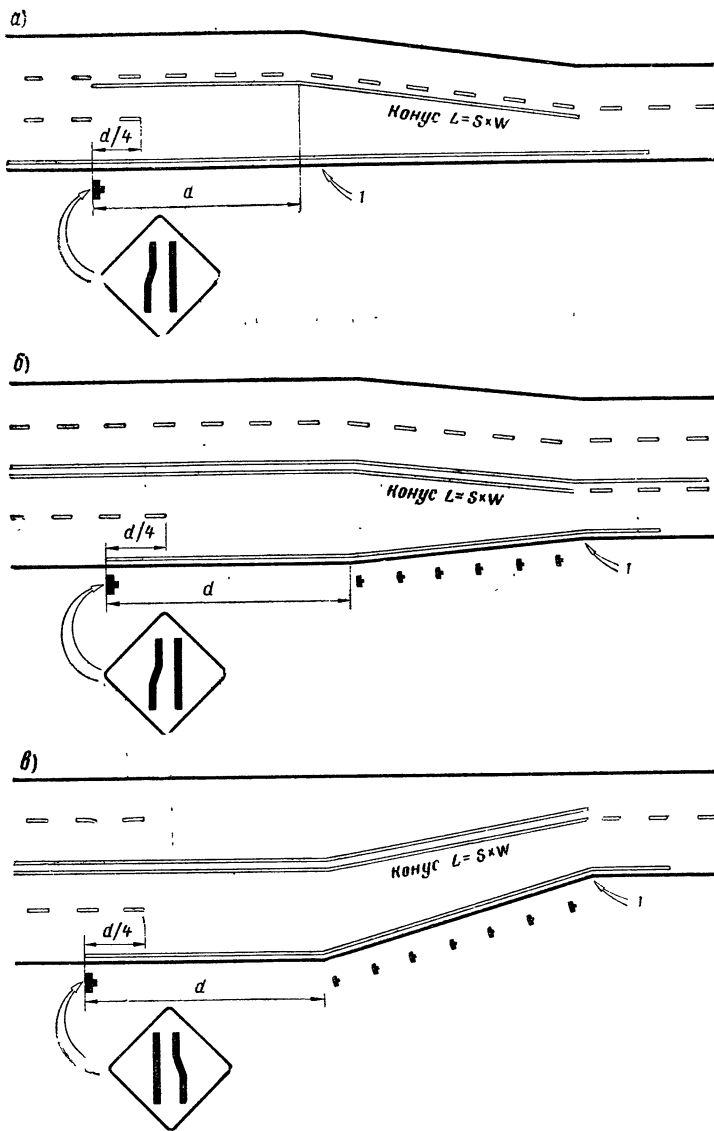


Рис 16.8. Типичные дорожные знаки и разметка проезжей части при подходе транспортных средств к участкам сужения дороги:

a — с трех полос на две полосы, *б* — с четырех полос на три полосы, *в* — с четырех полос на две полосы,
I — край дороги; *d* — расстояние от знака до начала сужения дороги

6 Переходы должны быть размечены там, где исследования показывают большое количество случаев возникновения конфликтных ситуаций между транспортными средствами и пешеходами. Они также должны быть устроены в пунктах значительной концентрации пешеходов и там, где пешеходы не могут сами найти наиболее удобное место для перехода через дорогу.

Специальные виды разметки. Безопасность дорожного движения и необходимая пропускная способность автомобильных дорог часто зависят от использования специальных видов разметки.

Разметка в местах сокращения числа полос движения. Разметка проезжей части может быть эффективно использована как дополнительное средство к стандартным дорожным знакам, регулирующим и направляющим движение там, где ширина проезжей части уменьшается и соответственно уменьшается число полос движения (рис. 16.8). Здесь возможны многие варианты в зависимости от того, какие и сколько полос ликвидируется.

Одна или более разделительных линий в таких случаях прерываются и остающиеся осевая и разделительные линии должны быть соединены таким образом, чтобы поток транспортных средств безопасно направлялся по меньшему числу полос движения.

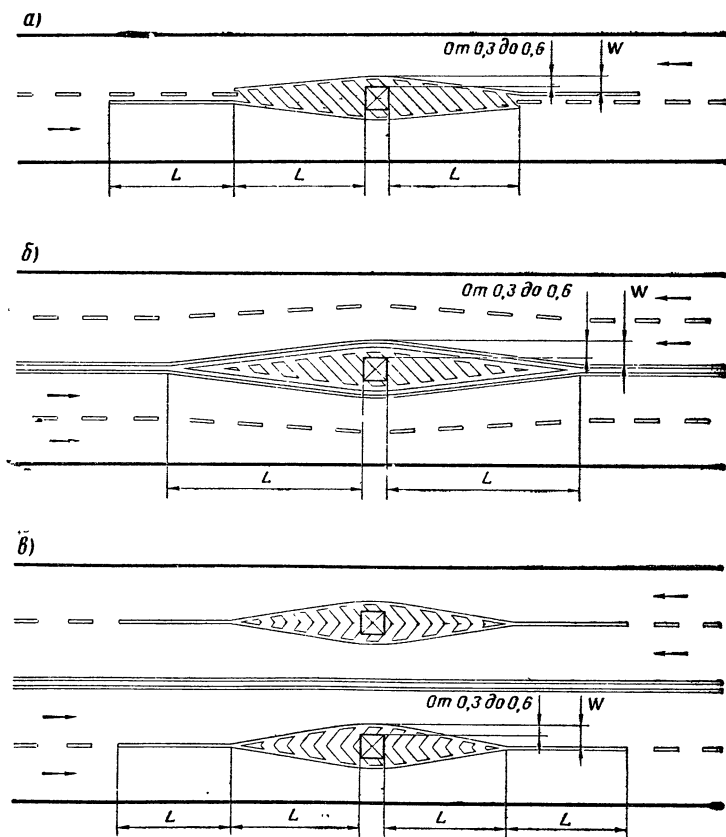


Рис. 16.9. Разметка подъездов к препятствиям, находящимся: а — в центре двухполосной дороги; б — в центре четырехполосной дороги; в — в центре четырехполосной дороги, где имеются два препятствия, требующие объезда с двух сторон в одном направлении

Линии в местах сужений должны отвечать тем же требованиям, что и осевая и барьерная линии. Наклонные переходные линии должны иметь длину не менее той, которая определяется по формуле $L = SW$, где L — длина переходной линии, футы; S — скорость движения 85%-ной обеспеченности вне периода пик, мили/ч; W — величина сужения проезжей части (смещения), футы.

Разметка подъездов к препятствию. Разметку применяют в качестве дополнения к дорожным знакам для направления движения в объезд препятствия, находящегося на проезжей части (рис. 169). Если препятствие располагается посередине проезжей части, все движение направляется в объезд этого препятствия с правой стороны. Иногда случается так, что препятствие располагается между двумя полосами одного направления движения. Использование дорожных знаков и разметки на подъезде к препятствию не исключает необходимости надлежащего обозначения самого препятствия. Указанная разметка обычно представляет собой диагональную линию (линии), нанесенную между осевой или разделительной линией и точкой, находящейся в 31—61 см справа (или с обеих сторон) от края препятствия. Длина диагональной линии может быть определена по формуле $L = SW$, где L — длина линии, футы; S — скорость движения 85%-ной обеспеченности вне периода пик, мили/ч; W — ширина препятствия, футы. Длина диагональной линии не должна быть менее 61 м на автомобильных дорогах и 30 м в городах.

Разметка реверсивных полос. Пропускная способность многих городских и пригородных магистральных дорог может быть существенно увеличена благодаря использованию реверсивных полос, предназначенных для движения транспортных средств то в одном, то в другом направлении в различное время суток. Надлежащее использование таких полос может быть достигнуто с помощью специальных светофоров, предназначенных для регулирования движения по отдельным полосам. Реверсивные полосы выделяют двойной прерывистой линией желтого цвета.

Полосы для одновременного поворота налево во встречных направлениях. На многих городских улицах и дорогах, достаточно широких для того, чтобы создать на них нечетное число полос для движения транспортных средств, можно увеличить пропускную способность встречением центральной полосы движения в полосу для поворота налево во встречных направлениях (транспортные средства, движущиеся с обоих направлений, поворачивают на перекрестке налево на боковые дороги с одной и той же полосы). Такая полоса должна быть четко обозначена желтой сплошной линией, запрещающей обгон с каждого края этой полосы.

Канализирование. Канализирование дорожного движения с помощью разметки может быть использовано для повышения эффективности и безопасности дорожного движения. Если возникнет потребность в создании физического барьера или направляющего устройства, то применение на первых порах разметки позволит точно определить местоположение и конфигурацию будущих постоянных направляющих и ограждающих конструкций.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЗМЕТКИ ДОРОГ И УХОД ЗА РАЗМЕТКОЙ

Традиционными материалами, которые использовались для разметки проезжей части и бордюров, были краска и стеклянные шарики. В настоящее время появились новые, более эффективные и долговечные материалы. Хотя их первоначальная стоимость сейчас еще много выше стоимости традиционных материалов, меньшие затраты на содержание, сокращение времени на них нанесение, лучшая видимость и читаемость в условиях зимней эксплуатации и т. д. оправдывают их использование.

Краски, применяемые для разметки. Постоянно осуществляется улучшение технологии изготовления красок и стеклянных шариков, методов их применения. Продолжаются научно-исследовательские работы, направленные на получение рефлектирующей линии, которая наносится с минимальными затратами и служит шесть или более месяцев на дорогах с интенсивным движением.

Одним из крупнейших усовершенствований красящих материалов была разработка быстровысыхающих связующих элементов, которые могут легко приме-

няться с использованием стандартного оборудования, обеспечивающего небольшой подогрев или специально сконструированного оборудования, работающего при высоких температурах. Основное преимущество этих материалов состоит в том, что нет необходимости останавливать движение транспортных средств на длительный срок. По мере дальнейшего снижения стоимости этих материалов разница в затратах будет весьма невелика, поскольку уменьшится потребность в оборудовании, отпадет необходимость в конусах и других устройствах на период сушки нанесенной краски.

Существует несколько способов для выбора красок или связующих материалов. Окончательный выбор, однако, обычно основывается на факторе стоимости. Краткое резюме по существующим спецификациям представляется в следующем виде.

1. Для того чтобы оценить качество представленных образцов, необходимо провести лабораторные и эксплуатационные испытания. Обычно качество краски оценивают представители отдела организации движения, отдела испытаний материалов, а также отдела закупок. Критериями оценки краски могут служить ее внешний вид в дневное время, цвет, состояние слоя, прочность удерживания шариков в слое и светоотражающая способность.

2. О свойствах краски во многом свидетельствует ее химический состав, который обычно является предметом лабораторных, а иногда и эксплуатационных испытаний.

Способы ухода и содержания, а также график обслуживания разметки зависят от характера дороги, интенсивности движения на ней и ширины полос для движения. Такой график может включать дороги, которые можно красить лишь 1 раз в год. Большинство магистральных дорог требуют окраски весной и осенью или даже еще чаще, если позволяет погода. При перекрашивании новая разметка накладывается на старую. Там, где возникает необходимость, старая разметка должна быть очищена от грязи и нефтяных пятен. На новых или реконструируемых дорогах разметка должна наноситься перед открытием их для движения.

Разметка термопластиком наносится на проезжую часть распылением, выдавливанием или прикатывается холодным способом. Она успешно применяется во многих странах.

Прикатываемые или приклеиваемые пластиковые полосы используются в основном для разметки пешеходных переходов и стоп-линии на дорогах с битумным покрытием в городах. Другим видом применения пластиковых полос является нанесение линий, разделяющих полосы движения, и осевых линий на новые битумные покрытия на завершающей стадии обработки верхнего слоя, когда пластиковые полосы втапливаются в него с помощью катков. Такой способ может применяться там, где имеется хорошее освещение, поскольку трудно поддерживать на соответствующем уровне светоотражательную способность выполненных подобным образом линий.

Проведенные исследования дают возможность сопоставить характеристики разметки, сделанной из термопластика и нанесенной обыкновенными красками: разметка термопластиком имеет больший срок службы на битумных покрытиях дорог, чем на цементнобетонном покрытии;

сцепление термопластика с новым бетонным покрытием хуже, чем со старым; разметка из термопластика может повреждаться при снегоочистительных работах;

термопластик может быть более экономичным, чем обыкновенная краска, только на дорогах с интенсивным движением транспортных средств.

При использовании распыляемого или подаваемого под давлением термопластика со стеклянными шариками требуется специальное оборудование.

Процедура ухода и график работ предполагают повторное нанесение термопластиковой разметки в том случае, если прежняя линия полностью стерлась или потеряла свою светоотражательную способность. График ремонтных работ должен быть составлен таким образом, чтобы работы по разметке были проведены до наступления морозов.

Готовая ленточная разметка. Стандартная готовая лента с клеящей обратной стороной получила широкое применение при временной разметке направлений движения транспортных средств в период дорожно-строительных работ, а также для временного нанесения символов на проезжую часть, обозначения

стояночных мест и т. д. В последние годы появились материалы, обладающие светоотражательной способностью в мокрую погоду и в ночное время. В том случае, когда требуется более длительный срок службы такой разметки, на поверхность дороги наносят грунтовый слой, на который наклеивают готовую ленту.

Выпуклые приподнятые над проезжей частью световозвращающие элементы используются в качестве временной разметки в районах, где не ведется снегоочистительных работ или они ведутся в очень небольшом объеме, а также отсутствует движение транспортных средств с ошипованными шинами. Такие элементы обеспечивают улучшение видимости дороги в ночное время, а также в условиях ее увлажнения.

Выпуклая разметка высотой от 0,62 до 2,5 см может дополнять линии, нанесенные краской или термопластиком, а также может использоваться вместо этих линий.

Считается, что в бесснежных районах выпуклая разметка превосходит стандартную разметку, нанесенную краской в отношении долговечности и прочности. Такая разметка пользуется вниманием водителей, обеспечивает хорошую видимость ночью при мокрой погоде, а ее стоимость за десятилетнюю эксплуатацию оказалась сходной со стоимостью стандартной разметки, нанесенной краской.

Рефлектирующий порошок. В результате недавних технических разработок создан порошок, с помощью которого можно наносить полосы и зоны на проезжей части, обладающие хорошей отражательной способностью. Материал состоит из стеклянных шариков, перемешанных с порошком-основой и наносится на дорожное покрытие при помощи специального устройства с пропановой горелкой. Распыляемый порошок расплавляется вблизи от покрытия и сразу же скрепляется с ним. На сегодняшний день не ожидается, чтобы этот материал по сроку службы превосходил обычную краску. Преимущество материала состоит в том, что при его нанесении остановка дорожного движения сводится к минимуму.

Стеклянные шарики используются в смеси с различными вяжущими материалами для обеспечения видимости в ночное время там, где постоянное освещение дороги отсутствует. Шарики могут заранее перемешиваться с краской, термопластиком, порошком или наноситься на слой вяжущего материала под действием собственного веса. Либо используется комбинированный метод предварительного заполнения вяжущего и последующего напыления дополнительной порции сухих шариков. Каждый метод имеет свои недостатки и преимущества.

Эффективность стеклянных шариков определяют их следующие характеристики: гранулометрический состав; цвет и форма; наличие дефектов; прочность на раздавливание; индекс рефракции; содержание кремния; химическая стойкость; отражательная способность; качество упаковки.

Средства для маркировки объектов и делинеаторы. Средства для маркировки объектов или препятствий, как уже было указано в разделе «Виды разметки», состоят из рефлекторов размером 7,5 см, установленных на щитках желтого или черного цвета или же представляют собой плоские черные щитки с желтыми или белыми рефлектирующими полосами. Эти желтые рефлекторы должны быть идентичны желтым и белым делинеаторам (указателям на сигнальных столбиках), которые способны четко отражать свет при нормальных погодных условиях с расстояния 305 м при освещении их автомобильными фарами. Порядок и график ухода за этими устройствами почти такой же, как и за дорожными знаками. Любые устройства, находящиеся в зоне, подверженной загрязнению, такой как разделительная полоса или край проезжей части, подлежат мойке согласно графику, по крайней мере 2 раза в году. Они должны быть под постоянным контролем на предмет возможного повреждения со стороны автомобилей и подлежат замене как только будет обнаружено их повреждение.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕТКИ

Разметка краской. Отделы организации дорожного движения используют различные виды оборудования для нанесения линий разметки с помощью краски, начиная от небольших ручных устройств с подачей краски самотеком до крупных и сложных машин, спроектированных для точной и высокопроизводи-

тельной работы по разметке. Широко применяются машины, приводимые в действие вручную и самоходные. Основной объем работ особенно при нанесении надписей, стоп-линий, других видов поперечной разметки выполняется на ручных машинах. Крупные самоходные машины обычно имеют дополнительное оборудование, которое используется для составления и распределения световозвращающих смесей и сухих шариков для автоматического нанесения прерывистых линий, а также насосное оборудование для заправки баков краской. Некоторые машины снабжены всем указанным оборудованием, а также прицепными и навесными устройствами для нанесения продольной разметки в различных вариантах. Эти машины могут наносить краской несколько линий одновременно и различной конфигурации со скоростью 16—24 км/ч как на междуштатных многополосных скоростных автомагистралях, так и на второстепенных сельских дорогах шириной 5 м. Специальное оснащение такой машины может состоять из двух баков для краски вместимостью по 250 галлонов каждый, пяти пистолетов-распылителей краски и разбрасывателей шариков, краско-подогревателя, насосов для подачи краски, двойного управления, двух отдельно управляемых тележек для краски (встроенная и прицепная), отсека для хранения ограждений для вновь нанесенных и не высохших еще линий, а также системы внутренней связи. Эксплуатационная скорость машин может существенно меняться в зависимости от характера машины и вида работы. При идеальных условиях за 8-часовой рабочий день машина способна проложить от 32 до 48 км разметочной полосы. На участках, где отсутствует прежняя разметочная полоса для направления движения машины, может быть использован строительный шов или ручная трассировка путем нанесения отдельных точек краской на проезжей части или путем натяжения троса между контрольными точками, а вдоль этого троса наносится краской прерывистая или сплошная линия.

На прямолинейных участках дороги расстояние между контрольными точками не должно превышать 183 м. На кривых участках контрольные точки размещаются на таких интервалах, которые обеспечивают точное нанесение линии. На многополосных дорогах, где многие линии параллельны, боковые приспособления на многих машинах позволяют разметать все параллельные линии только по одной протрассированной контрольной линии.

Эксплуатационными организациями, а также поставщиками краски и машинного оборудования для разметки проводятся эксперименты для улучшения рабочих характеристик и долговечности разметочных материалов. Наиболее частые причины, вызывающие преждевременный износ краски, следующие: недостаточная очистка проезжей части; чрезмерно тонкий слой наносимой краски; мокрая или влажная проезжая часть; нанесение краски при ветреной погоде или тогда, когда температура воздуха ниже 40° по Фаренгейту; присутствие извести или других щелочных материалов, которые способствуют разрушению краски и вызывают ее вымывание.

Стеклянные шарики могут быть отдельно нанесены на краску с помощью специального распылительного устройства. Когда шарики перед нанесением перемешиваются с краской, эту смесь можно распылить при помощи обычного оборудования.

Линии из термопластика. Небольшие участки, такие как переходы для пешеходов или стоп-линии могут размечаться термопластиком с помощью машин, приводимых в движение вручную. Существуют и большие самоходные машины, снабженные большими баками для подогрева термопластиковых светоотражающих материалов. В любом случае машина, которая должна разогревать материал до температуры приблизительно 400° по Фаренгейту, требует дополнительного оборудования: емкостей для шариков и раздаточного устройства для их напыления на разогретую линию.

Поскольку оборудование для нанесения линий из термопластика по своему характеру является специализированным, а количество используемого материала в течение года относительно невелико, эти машины обычно находятся в руках предпринимателей или подрядчиков. Контракты на использование этих машин должны включать в технические требования следующие данные: используемый материал; количество шариков в составе смеси; количество шариков, которые следует уложить в верхнем слое; ширину линий и общую их длину; частоту использования техники.

Выпуклая разметка. Почти все оборудование, применяемое для нанесения выпуклой разметки в США, является сравнительно простым. Отдельные элементы разметки (кнопки) приклеиваются к покрытию эпоксидной смолой после трассировки линий. Кнопки в стальной оболочке с двумя выступами внизу были установлены в порядке эксперимента на участках, где проводится расчистка снега с помощью снегоочистительных машин. Выступы были вделаны в покрытие эпоксидной смолы в шероховатые канавки, выбранные в покрытии дороги.

Разработан опытный образец машины, которая очищает покрытие, укладывает эпоксидную смолу и наносит на нее стеклянные шарики размером 0,62 см. Сформировав таким образом на месте один элемент выпуклой разметки, машина передвигается к намеченному месту расположения следующего элемента.

Другие элементы разметки. Объекты и препятствия для движения, находящиеся в пределах дороги или около нее, могут быть выкрашены диагональными полосами в том случае, если возникает необходимость привлечь к ним особое внимание водителей.

Когда применяются для обозначения таких препятствий знаки или описанные выше устройства, они могут располагаться на самих препятствиях и в случае необходимости на стойках расположенных на некотором расстоянии перед препятствием.

Наиболее удобным и эффективным оборудованием для забивки стоек является пневматический копер. Существуют различные модели копров от маломощных до высокопроизводительных для установки столбов больших размеров. Для приведения в действие копров необходим размещаемый на грузовике компрессор. Требуется также устройство для извлечения поврежденных стоек.

НЕКОТОРЫЕ ДРУГИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В США разработаны стандарты и технические нормы на дополнительные технические средства для регулирования дорожного движения, которые не были включены в предыдущие разделы данной главы. Эти средства используются в качестве направляющих устройств в местах дорожно-строительных работ, а также для предупреждения водителей транспортных средств об имеющихся впереди препятствиях, а также служат средством обозначения отдельных участков на улицах и дорогах.

Барьеры. Временные барьеры используются для предупреждения и привлечения внимания водителей к препятствиям и опасным участкам для движения в местах строительных и ремонтных работ на проезжей части дороги и направляют транспортные средства по безопасному пути в объезд этих препятствий. Барьеры бывают трех типов (рис. 16.10).

Разметка барьеров может иметь вид чередующихся оранжевых и белых наклонных полос, направленных вниз под углом 45° в направлении движения транспортных средств.

Для использования в ночное время эти ограждения должны быть рефлектирующими или должны иметь осветительные устройства с тем, чтобы обеспечить максимальную видимость.

Конусы представляют собой переносные временные устройства, предназначенные для направления движения по опасному участку или в обход. Конусы и трубчатые столбики различной конфигурации всегда имеются в наличии в готовом виде. Их размеры обычно должны быть как минимум 46 см по высоте с уширенным основанием; изготавливаются они из различных материалов, обеспечивающих сохранность самих конусов при наезде на них и предотвращающих повреждение транспортных средств. Конусы большего размера применяются там, где скорость движения относительно высока, и там, где возникает необходимость в более точном ориентировании движущихся транспортных средств. Преобладает оранжевый цвет конусов.

Для поддержания конусов в хорошем состоянии их следует постоянно очищать и сохранять яркость окраски. При использовании в ночное время конусы покрывают светоотражающими веществами или снабжают осветительными устройствами для обеспечения максимальной видимости.

Предупредительные фонари для ограждающих барьеров

Параметры	Тип А низкой интенсивности	Тип В высокой интенсивности	Тип С постоянного свечения
Количество направленных линз	1 или 2	1	1 или 2
Частота миганий в минуту	От 55 до 75	От 55 до 75	Постоянно
Доля времени излучения, %	10	8	Постоянно
Минимальная эффективная яркость, кд	4	35	—
Минимальная сила света луча, св.	—	—	2
Часы работы	От сумерек до рассвета	24 ч в сутки	От сумерек до рассвета

Предупредительные огни на барьерах. На барьерах, ограждающих места производства работ, устанавливают портативные герметичные фонари с направленной линзой. Свет фонарей должен быть желтым. Работать они могут в постоянном или мигающем режиме.

Технические требования к фонарям для барьеров стандартизуются (табл. 16.2).

Фонари типа А наиболее часто устанавливают на отдельных переносных опорах, барьерах типа 1 и 2 или на вертикальных канализирующих устройствах.

Проблесковые фонари типа В с интенсивным светом обычно устанавливают на предварительных предупреждающих знаках или на независимых опорах. На особо опасных участках внутри зоны строительных работ может возникнуть необходимость в установке таких фонарей на ограждающих барьерах типа 1 на дорожных знаках или других опорах. Поскольку эти светосигнальные устройства хорошо видны и в дневное время, они предназначены для работы в течение суток.

Фонари типа С постоянного режима применяются для обозначения края проезда, предупреждения о смене полос, об окончании полосы и в других подобных случаях.

Шероховатые полосы предназначены для того, чтобы привлечь внимание водителя к тому, что условия движения впереди резко изменяются. Такая полоса может состоять из канавок пилообразной формы на проезжей части, из ряда термомпластиковых полосок или других устройств, которые создают эффект тряски. Такие устройства с успехом применяются на крутых кривых, на подъездах к стоп-линиям и на тех участках, где происходит сужение проезжей части.

Километровые знаки. Надлежащим образом установленные километровые знаки существенно помогают водителю рассчитывать свой маршрут, облегчают

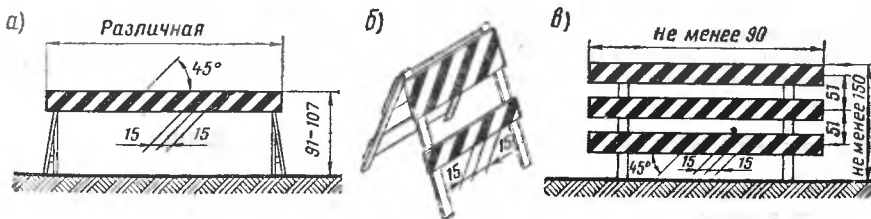


Рис 16.10 Барьеры для ограждения мест дорожных работ (тип опор может быть произвольным).

а — тип 1; б — тип 2, в — тип 3 (размеры даны в сантиметрах).

возможность точного обозначения мест дорожно-транспортных происшествий, а также участков ремонта и обслуживания дорог.

Километровые знаки можно устанавливать вдоль любого отрезка номерного маршрута, но нулевая отметка в США, как правило, начинается на южной или западной границе штата, или на пересечении, откуда начинается новый маршрут.

Километровый знак представляет собой удлиненный по вертикали щиток желтого цвета с каймой, цифрами размером по высоте 15,2 см и словом «миля» с размером букв 10,2 см. Знак должен быть световозвращающим. Километровые знаки должны размещаться на минимальной высоте и боковом расстоянии от дороги таким же, как и другие знаки.

Между километровыми знаками могут быть помещены промежуточные указатели, делящие исходный промежуток на 10 или 20 частей. Для установки таких указателей можно использовать сигнальные столбики.

Глава 17

САМУИЛ КАСС

СРЕДСТВА СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Участники дорожного движения обязаны выполнять предписания сигналов светофоров, которые должны быть понятны, унифицированы и закреплены соответствующим законодательством.

Почти все средства светофорной сигнализации устанавливаются с разрешения государственных органов. Но иногда бывают исключения, например, в университетских городках, медицинских центрах, а также промышленных и торговых комплексах.

Средства светофорной сигнализации. В 1965 г. в США насчитывалось по одному светофорному объекту на каждые 900 чел. населения в городских районах и по одному светофорному объекту на каждые 5200 чел. населения в сельских местностях, или в среднем около одного светофорного объекта на каждые 1160 чел.

В Канаде примерно один светофорный объект приходится на каждые 2300 чел. населения, в Гамбурге (ФРГ) в 1970 г. насчитывалось 900 светофорных установок при численности населения 1,8 млн. чел., т. е. примерно около одной установки на каждые 2000 чел.

Перспективы применения средств светофорной сигнализации. Ежегодно в США устанавливается около 5000 новых светофоров, а число регулируемых светофорных перекрестков возрастает примерно на 3% в год. В Канаде же и в ФРГ ежегодное увеличение количества регулируемых перекрестков составляет около 6% в год. Этапы работы по установке средств светофорной сигнализации, а также эксплуатации и обслуживанию показаны на рис. 17.1.

КРИТЕРИИ ВВЕДЕНИЯ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Основным критерием введения светофорного регулирования считается величина интенсивности пересекающихся транспортных потоков.

Нет необходимости в светофорной сигнализации, если промежутки времени, необходимые для пересечения перекрестка транспортными средствами, движущимися в пересекающихся направлениях, достаточно велики. При решении

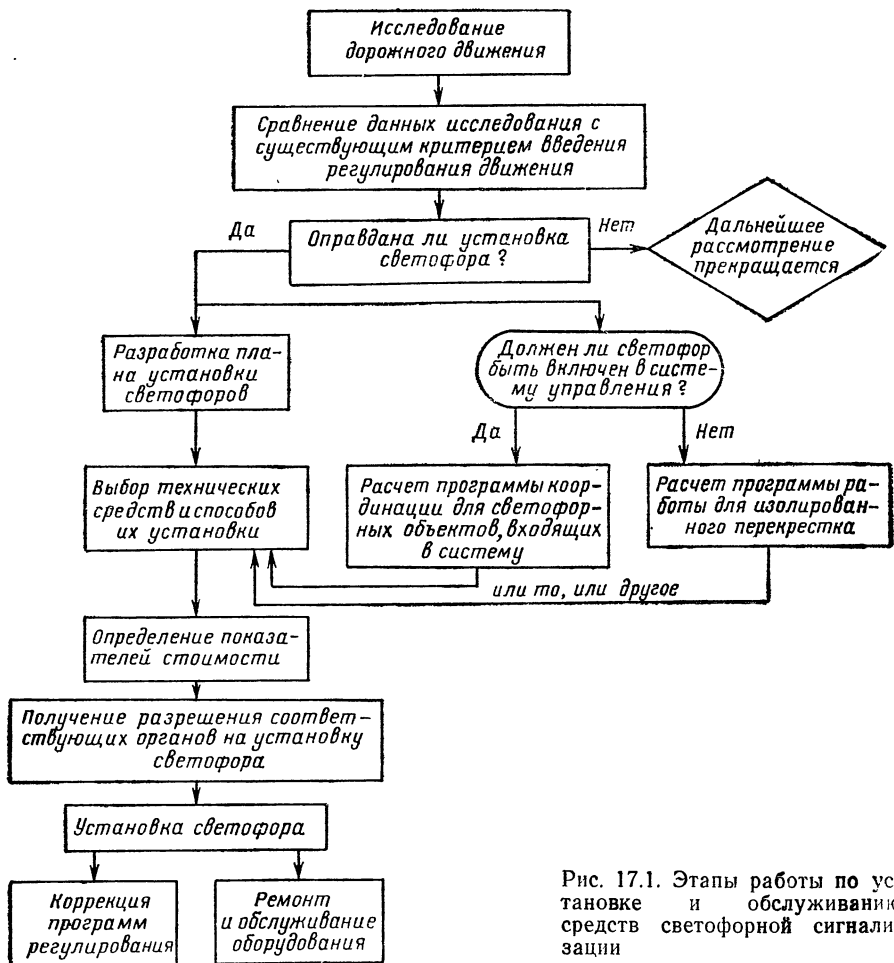


Рис. 17.1. Этапы работы по установке и обслуживанию средств светофорной сигнализации

вопроса о необходимости установки средств светофорной сигнализации на каждом конкретном участке учитываются несколько критериев, которые подробно рассмотрены в «Руководстве по унифицированным средствам регулирования движения».

Критерий 1. Минимальное значение интенсивности движения транспортных потоков. На пересечении дорог в одном уровне транспортные средства, движущиеся в пересекающихся направлениях, должны попеременно освобождать общую для данных дорог проезжую часть.

Необходимость принудительного разделения конфликтующих потоков транспортных средств наступает, когда свободные интервалы по одному направлению недостаточны, чтобы транспортные средства могли безопасно проехать в пересекающем направлении.

Данный критерий считается определяющим, если в течение каждого из 8 ч периода исследования интенсивность движения на главной и второстепенной дороге соответствует величинам, приведенным в табл. 17.1,

Минимальная интенсивность дорожного движения (критерий 1)

Количество полос движения в каждом направлении		Интенсивность дви- жения на главной доро- ге (общая для обоих направлений), авт/ч	Интенсивность дви- жения для наиболее загруженного на- правления второсте- пенной дороги, авт/ч
Главная дорога	Второстепенная дорога		
1	1	500	150
2 и более	1	600	150
2 » *	2 и более	600	200
1	2 » »	500	200

Интенсивность движения на главной и второстепенной дорогах рассчитывается за один и тот же 8-часовой период. В течение каждого часа фиксируется самая высокая интенсивность движения на подходе к пересечению со второстепенной улицы независимо от направления.

Когда 85%-ная скорость движения транспортных средств на главной дороге превышает 64 км/ч или когда пересечение находится в застроенном районе с населением менее 10 000 чел., минимальное значение интенсивности движения принимается равным 70% от величин, приведенных в табл. 17.1.

Критерий 2. Необходимость нарушения непрерывности движения транспортного потока. Этот критерий учитывается в тех случаях, когда участники дорожного движения второстепенного направления не могут выехать на пересечение из-за отсутствия необходимых интервалов в транспортном потоке главного направления. В данном случае введение светофорной сигнализации обычно увеличивает среднее значение задержки транспортного средства на перекрестке, однако оправдывается уменьшением количества конфликтных ситуаций, которые возникают на дороге, и приводит к снижению потенциальной опасности возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Данный критерий принимается во внимание, если в течение каждого 8 часового периода обследования интенсивность движения на пересечении соответствует величинам, приведенным в табл. 17.2.

Минимальные значения интенсивности движения могут приниматься равными 70% от данных, приведенных в табл. 17.2, для дорог с более высокой скоростью движения и более мелких территориальных единиц.

Критерий 3. Минимальное значение интенсивности пешеходного движения на переходах. В качестве данного критерия принимаются соотношения интенсивности транспортного и пересекающего его пешеходного потока:

Интенсивность движения по главной дороге (общая для обо- их направлений), авт/ч:	
с островком безопасности (шириной 1,2 м и более)	1000
без островка безопасности	600
Интенсивность пешеходного потока через главную дорогу для наиболее загруженного направления, чел/ч	150

Величина интенсивности транспортного и пешеходного потока определяется за каждый час 8-часового периода обследования.

Критерий 4. Наличие пешеходных переходов вблизи школ. Этот критерий касается непосредственно проблемы, связанной с пересечением дороги школьниками, идущими в школу или обратно, и может рассматриваться как особый вариант критерия 3.

Минимальная интенсивность дорожного движения (критерий 2)

Количество полос движения в каждом направлении		Интенсивность дви- жения на главной дороге (общая для обоих направле- ний), авт/ч	Интенсивность дви- жения для наиболее загруженного на- правления второсте- пенной дороги, авт/ч
Главная дорога	Второстепенная дорога		
1	1	750	75
2 и более	1	900	75
2 » »	2 и более	900	100
1	2 » »	750	100

Критерий 5. Введение прогрессивных методов регулирования. Главная задача при введении прогрессивных методов регулирования движения транспортных средств заключается в умышленном сдерживании движущегося транспортного потока с целью образования компактных групп из транспортных средств, прибывающих на каждое последующее регулируемое светофором пересечение перед началом включения зеленого сигнала. Это сокращает количество остановок автомобилей, создает между группами транспортных средств более длительные интервалы по всему маршруту движения, что позволяет в ряде случаев осуществлять пересечение магистрали на некоторых ее участках без помощи средств регулирования дорожного движения. При этом светофорные объекты устанавливаются через определенные промежутки, выбираемые с учетом зависимости, существующей между нормальной скоростью движения транспортных средств и длительностью цикла светофорного регулирования на всех регулируемых перекрестках маршрута.

Прогрессивный метод регулирования движения применяется, если:

на дороге с односторонним движением или на дороге с преимущественным движением в одном направлении соседние светофоры разнесены между собой настолько, что не обеспечивают образования групп транспортных средств и управления скоростью движения;

на дороге с двусторонним движением соседние светофорные объекты не обеспечивают необходимой степени группирования транспортных средств и управления скоростью движения, тогда как установка дополнительного светофорного объекта вместе с соседними может образовать систему, обеспечивающую безостановочное движение групп транспортных средств.

При определении целесообразности установки дополнительного светофорного объекта согласно данному критерию необходимо брать за основу 85%-ный режим скорости, если исследования в области организации движения не покажут, что предпочтителен другой скоростной режим. Установка дополнительного светофора считается нецелесообразной, если расстояние между светофорными объектами менее 300 м.

Критерий 6. Наличие на данном участке дорожно-транспортных происшествий. К требованиям данного критерия необходимо относиться осторожно, так как анализ статистических данных о ДТП показывает, что введение светофорной сигнализации не всегда приводит к снижению аварийности. В большинстве случаев установка светофоров на пересечениях значительно уменьшает количество ДТП, являющихся следствием бокового столкновения. Вместе с тем зачастую увеличивается количество ДТП, связанных с наездом на впереди идущее транспортное средство, причем частота этого вида ДТП значительно превосходит частоту предыдущего вида.

Критерий 6 учитывается в том случае, если применение несветофорных средств регулирования движения не дает возможности сократить количество ДТП;

за 12-месячный период зарегистрировано пять и более дорожно-транспортных происшествий, которые могли бы быть предотвращены при наличии светофорного регулирования, причем в результате каждого дорожно-транспортного происшествия произошла либо травма, либо нанесен материальный ущерб в размере 100 долл. и более;

интенсивность дорожного движения составляет не менее 80% от показателей, удовлетворяющих требованиям первых трех критериев.

Критерий 7. Комбинация нескольких предельных условий движения. В исключительных случаях установка светофоров может быть оправдана, когда не удовлетворяются требования ни одного из приведенных выше критериев в отдельности, но когда любое сочетание требований критериев 1, 2 и 3 удовлетворяются на 80% или более от установленных величин.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИЕЙ

Для каждого светофорного объекта требуется набор технических средств, в частности контроллеры, детекторы и др. Существует много различных вариантов установки транспортных и пешеходных светофоров на перекрестках дорог, у разводных мостов, железнодорожных переездов и на специально выделенных полосах проезжей части для движения определенных видов транспортных средств.

Контроллеры. Контроллеры делятся на два вида: с запрограммированной сменой циклов светофорного регулирования и вызывного действия, когда режим регулирования задается контроллером в зависимости от характеристик транспортных потоков в данный момент времени, снимаемых детекторами транспорта. Оба типа контроллеров характеризуются большим разнообразием моделей, предназначенных для эффективного регулирования движения практически в любой дорожной ситуации. Выбор того или иного типа контроллера определяется инженерным исследованием дорожного движения в конкретных условиях.

Дорожные контроллеры, обеспечивающие режим жесткого регулирования работают по одной из заранее рассчитанных программ его управления. Контроллеры этого типа применяются в тех случаях, когда интенсивность дорожного движения стабильна и поддается прогнозированию. Они представляют собой простое, экономичное средство регулирования дорожного движения, надежны в работе и их техническое обслуживание относительно несложно.

Дальнейшее развитие контроллеров данного типа с точки зрения добавления дополнительных программ регулирования ограничено из-за необходимости введения реле времени и логических схем.

Контроллеры вызывного действия, обеспечивающие режим адаптивного (гибкого) регулирования, функционируют в комплекте с детекторами, при помощи которых осуществляется обнаружение транспортных средств, приближающихся к перекрестку.

Существует несколько разновидностей контроллеров данного вида, однако их основное преимущество состоит в способности постоянно корректировать продолжительность цикла и фазы. Успешное функционирование контроллеров вызывного действия зависит от надежности применяемых детекторов. Неправильно отрегулированный или нечувствительный детектор может свести к нулю все преимущества контроллеров данного типа.

Контроллеры непостоянного вызывного действия обеспечивают включение постоянного зеленого сигнала светофора на главной дороге до момента появления транспортного средства или пешехода на второстепенной дороге.

Детекторы транспорта устанавливаются на второстепенной дороге на подходе к перекрестку. Применение контроллера данного типа наиболее эффективно либо при незначительной интенсивности движения на второстепенной дороге, либо в случае «пульсирующего» характера движения транспортного потока. Применя-

ние таких контроллеров единственно для обеспечения пешеходного перехода предполагает знание пешеходами расположения кнопок вызывных устройств и правил обращения с ними. Эта задача решается при помощи символических обозначений.

Пешеход должен быть уверен в том, что его вызов принят, для этого применяется световой индикатор включения кнопки.

Контроллеры, работающие в гибком режиме управления, обеспечивают изменение длительности цикла и фаз светофорного регулирования в зависимости от интенсивности движения транспортных средств на подходах к перекрестку.

Использование данного типа контроллера наиболее эффективно в тех случаях, когда интенсивность движения на подходах к перекрестку постоянно колеблется, в результате чего необходимы частые коррекции режима регулирования. Детекторы транспорта устанавливаются на всех подходах к перекрестку.

Возможности введения дополнительных или исключения отдельных фаз светофорного регулирования, изменения длительности желтого сигнала светофора, а также установка минимальных и максимальных значений длительности для всех фаз — вот некоторые функции, которые обеспечивает контроллер постоянного вызывного действия.

Контроллер-координатор (мастер-контроллер) обеспечивает управление несколькими дорожными контроллерами, регулирующими движение на отдельных перекрестках. Дорожные контроллеры, обеспечивающие жесткий режим управления, применяются для координации работы светофоров, когда характер движения поддается прогнозированию и оно периодически повторяется. Если же характер движения меняется в широких пределах, вследствие чего и требуется постоянная коррекция режима регулирования, возникает необходимость применения счетно-решающего оборудования. Несмотря на высокую стоимость указанного оборудования, его приобретение оправдывается повышением эффективности регулирования движения. Существует много видов контроллеров, использующих счетно-решающие устройства и действующих в качестве координатора (мастера-контроллера). Применение простейшего типа позволяет выбирать ограниченное количество вариантов программ регулирования. При использовании более сложных счетно-решающих устройств диапазон функции управления значительно расширяется.

На данном уровне возможно гибкое управление работой группы светофорных объектов на основании информации об условиях движения транспортных средств на различных участках района управления, постоянно поступающей в счетно-решающее устройство.

Вспомогательное оборудование. Контроллеры обычно проектируются для работы, обеспечивающей определенное количество вариантов фаз светофора. Если же условия движения транспортных средств требуют введения дополнительных фаз или специального режима работы, то применяется вспомогательное оборудование.

Наиболее распространенными элементами такого вспомогательного оборудования являются:

проблесковый прерыватель — для обеспечения мигающего светового сигнала;
реле — для управления работой контроллера при повышенных нагрузках, когда мощность переключателей, рассчитанных на нормальную нагрузку, недостаточна;

блок сигнализации о предоставлении преимущественного права движения — для подачи специального сигнала с приближении поезда и т. д.;

реле времени — для автоматического переключения светофорных сигналов в течение суток;

выносной пульт управления — для обеспечения управления контроллером вручную, который в случае необходимости дает возможность выбора следующих режимов: «выключено», «автоматический режим», «желтое мигание», «ручной режим».

Установка контроллера. Контроллер может быть подвешен к столбу и установлен в любом нужном месте при условии, что его расположение удовлетворяет следующим требованиям:

обеспечивается доступность источников электропитания;

при работе в ручном режиме все подходы к пересечению находятся в пределах прямой видимости без каких-либо помех. Если это условие не удовлетворено, а необходимость в ручном управлении возникает часто, целесообразна установка специального дистанционного управления на более удобном месте, при этом все переключатели пульта должны быть подключены параллельно к соответствующим переключателям контроллера;

корпус контроллера не мешает проходу пешеходов и не подвергается опасности повреждения проходящими транспортными средствами.

Сигнальные блоки и оптические устройства светофоров. Сигнальный блок — узел, состоящий из одной или нескольких сигнальных секций, каждая из которых регулирует движение только в одном направлении. В зависимости от количества этих секций сигнальный блок может предназначаться для регулирования одно-стороннего, двустороннего движения и т. д.

Сигнал светофора — световой сигнал, проходящий через линзу определенного цвета светофора или другого средства регулирования дорожного движения или через группу линз одновременно.

Секция светофора — часть сигнального блока, предназначенная для регулирования дорожного движения только в одном направлении. К секции светофора могут быть добавлены дополнительные секции, регулирующие движение на поворотах.

Количество секций светофора и их расположение. Чтобы обеспечить эффективную работу светофора, его сигналы должны быть ясно видны и хорошо различимы. В интересах безопасности дорожного движения и его эффективности целесообразно стремиться к единообразию в расположении секций светофора.

Доказано на практике, что почти все наблюдатели в состоянии заметить предмет гораздо быстрее там, где они его предполагают увидеть, нежели в неожиданном для себя месте.

Определяющими элементами в расположении светофорных секций являются вертикальный и горизонтальный углы зрения водителя в направлении секции светофора, что определяется типичным положением глаз водителя. Расстояние видимости светофорной секции при отсутствии помех должно колебаться в зависимости от 85%-ного уровня скорости на подходе к перекрестку, как показано в табл. 17.3.

На рис. 17.2 показан сектор восприятия светофорной секции средним водителем без поворота головы. Правильная конструкция и местоположение светофора должны обеспечивать видимость по крайней мере одной, а лучше обеих секций светофора в пределах данного сектора восприятия водителя. Специалисты считают наиболее удобным расположение секций светофора в пределах угла примерно в 20° по обе стороны от центральной линии поля зрения водителя при взгляде прямо перед собой, когда транспортное средство находится перед линией «стоп».

На дальней стороне перекрестка необходимо иметь как минимум две светофорные секции. Если светофорные секции монтируют не над проезжей частью дороги, то они должны располагаться не ниже 2,5 м и не выше 4,5 м над пешеходной дорожкой или поверхностью дороги. Если секции монтируют над проезжей частью дороги, они должны располагаться не ниже 4,5 м и не выше 6 м над поверхностью дороги.

Во многих случаях целесообразно монтировать секцию на правой дальней стороне перекрестка на кронштейне специальной стойки, чтобы отсутствовали помехи для прямой видимости. Для того чтобы обеспечить полную видимость светофора при подъезде к пересечению, необходимо применять дополнительные секции светофоров. При расположении секций светофора по углам пересечения их следует размещать как можно ближе к линиям «стоп». Для обеспечения регулирования движения на полосе, предназначенной для поворота, допускается установка одиночной светофорной секции с расчетом, чтобы она располагалась непосредственно перед водителем, движение транспортного средства которого регулируется данным светофором. При применении одиночной светофорной секции она должна являться дополнением минимум к двум светофорным секциям для регулирования проезда по основной автомагистрали. Если нет других практичес-

Минимальные расстояния, на которых обеспечивается видимость светофоров в зависимости от скорости на подходе к пересечению

85%-ная скорость, км/ч	37	40	48	56	64	72	81	86	97
Минимальная дистанция видимости светофорной секции, м	30	53	76	99	122	145	168	191	213

ких соображений, то светофорные секции должны располагаться не ближе 12 м и не дальше 36,5 м от линии «стоп».

Все светофорные секции оснащают козырьками для уменьшения влияния солнечных лучей или других источников света и ориентирования сигналов светофора в направлении движения транспортных средств.

На рис. 17.3 приведена схема типичного расположения светофоров.

Количество линз, предусматриваемое для каждой светофорной секции, может изменяться в зависимости от количества фаз регулирования, однако, за исключением пешеходных светофоров, они должны иметь минимум три линзы: красную, желтую и зеленую.

В случаях более сложных схем организации движения на перекрестках к обычным светофорным секциям добавляют линзы с нанесенными на них стрелками, указывающими направление движения. Варианты расположения дополнительных сигнальных линз приведены на рис. 17.4. Следует отметить, что одинаково приемлемо как горизонтальное, так и вертикальное расположение линз.

Линзы светофоров вып. няют из стекла или пластмассы. Пластмассовые линзы предпочтительнее стеклянных, так как они не бьются, а полуглеродные пластмассы предпочтительнее акриловых из-за термостойкости.

Линзы сигналов, выполненные в виде стрелок. Линзы сигналов светофора, выполненные в виде стрелок, применяют вместо круглых при регулировании движения на поворотах, когда определенные направления движения запрещены или невозможны или когда движение на всех направлениях при подходе к пересечению с одной стороны не начинаются и не заканчиваются одновременно. В последнем случае применяют линзы в виде стрелок на все виды сигналов — красный, желтый и зеленый. Когда осуществление левых поворотов ограничено определенным интервалом в пределах длительности фазы сигнала, для обозначения разрешения левых поворотов может быть применен сигнал «зеленая стрелка».

Если интервал, предназначенный для левого поворота, заканчивается до окончания фазы зеленого сигнала, никакие стандартные средства информации водителей о его окончании не применяются. Для преодоления указанной трудности иногда применяют светофорные секции, состоящие из зеленой, желтой и красной стрелок, предназначенных для регулирования левого поворота. При использовании специальной секции светофора только для регулирования левого поворота вслед за сигналом зеленой стрелки включается предупреждающий сигнал «желтая стрелка», за которым следует сигнал «красная стрелка», означающий окончание или запрещение левого поворота в течение данной фазы. Важно отметить, однако, что руководства по унифицированным средствам регулирования дорожного движения требуют, чтобы сигнал «красная стрелка» применялся только на отдельной секции светофора, которая включала бы также желтый и зеленый сигналы, выполненные в виде стрелок. Такая система, состоящая из цветных стрелок, может быть применена для регулирования интервалов как для левого, так и для правого поворотов. На улице с односторонним движением такая секция может применяться вместо аналогичной секции с круглыми линзами.

В некоторых странах стандартный светофорный блок с круглыми красной, желтой и зеленой линзами применяется только для регулирования движения

в одном направлении и одна из секций светофора снабжается дорожными знаками. Знак информирует о том, что сигнал светофора предназначается для регулирования только левого или только правого поворотов. Сигналы светофора со стрелкообразными линзами видны не так хорошо, как аналогичные сигналы с круглыми линзами. Для улучшения видимости сигналов в форме стрелок следует применять линзы диаметром 30 см.

Оптически направленные линзы. Видимость сигналов светофора, относящихся только к определенным видам маневров, обеспечивается применением различного рода козырьков или оптически направленных линз. Светофоры с указанными приспособлениями обеспечивают контрастную оптическую видимость сигналов светофора как по вертикали, так и по горизонтали. Поскольку ограничивать направленность для каждого сигнала светофора нет необходимости, количество оптически направленных линз светофора может быть определено на практике. Удовлетворительные результаты применения оптически направленных линз зависят от их правильной установки и крепления.

Светофоры для регулирования пешеходного движения. Указания светофоров для пешеходов являются особым видом сигналов, предназначенных исключительно для регулирования движения пешеходов. Они состоят из двух линз-табло с надписями «Идите» и «Стойте». В руководствах по унифицированным средствам регулирования дорожного движения определены цвета вышеупомянутых надписей: «Стойте» — красно-оранжевого цвета и «Идите» — лунно-белого цвета. Во многих странах применяются символические обозначения. Например, одним из символических обозначений сигнала «Стойте» является изображение красно-оранжевого силуэта ладони. Другим часто применяемым символическим обозначением данного сигнала стал силуэт стоящего человека. Силуэт идущего человека применяется для подачи сигнала «Идите».

Надписи на линзах светофоров для пешеходов могут быть фиксированными или мигающими. Мигающая надпись «Стойте» в большинстве случаев соответствует желтому предупреждающему сигналу светофора, однако время действия этого указания и продолжительность желтого сигнала светофора не всегда совпадают по времени.

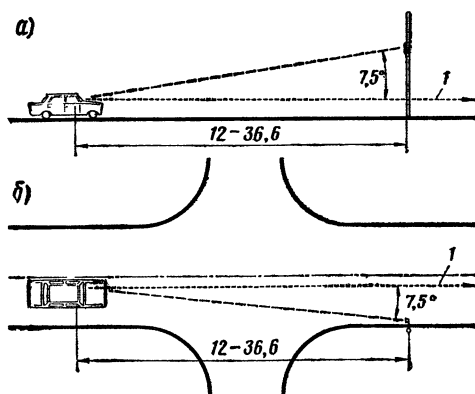
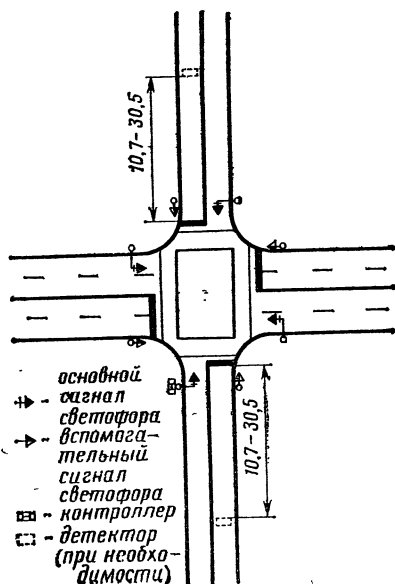


Рис. 17.2. Сектор видимости сигналов светофоров (размеры даны в метрах):

а — вертикальный угол зрения; б — горизонтальный угол зрения; I — нормальная линия зрения

Рис. 17.3. Типичное расположение светофоров (размеры указаны в метрах):

10,7—30,5 — расстояния до линии «стоп»



В последние годы была разработана новая конструкция светофора для пешеходов, в которой применяется движущееся изображение пешехода вместе с одной оптически направленной линзой.

Эта конструкция позволяет во время действия желтого сигнала в линзе одновременно подавать сигналы «Идите» и «Стойте» для различных участков пешеходного перехода.

Указания светофора перемещаются по пешеходному переходу с определенной заранее установленной скоростью, обеспечивающей достаточное время для освобождения пешеходами перекрестка.

Светофорные секции для регулирования движения пешеходов должны размещаться на противоположных концах пешеходного перехода. Секции для регулирования движения пешеходов на переходе должны устанавливаться отдельно

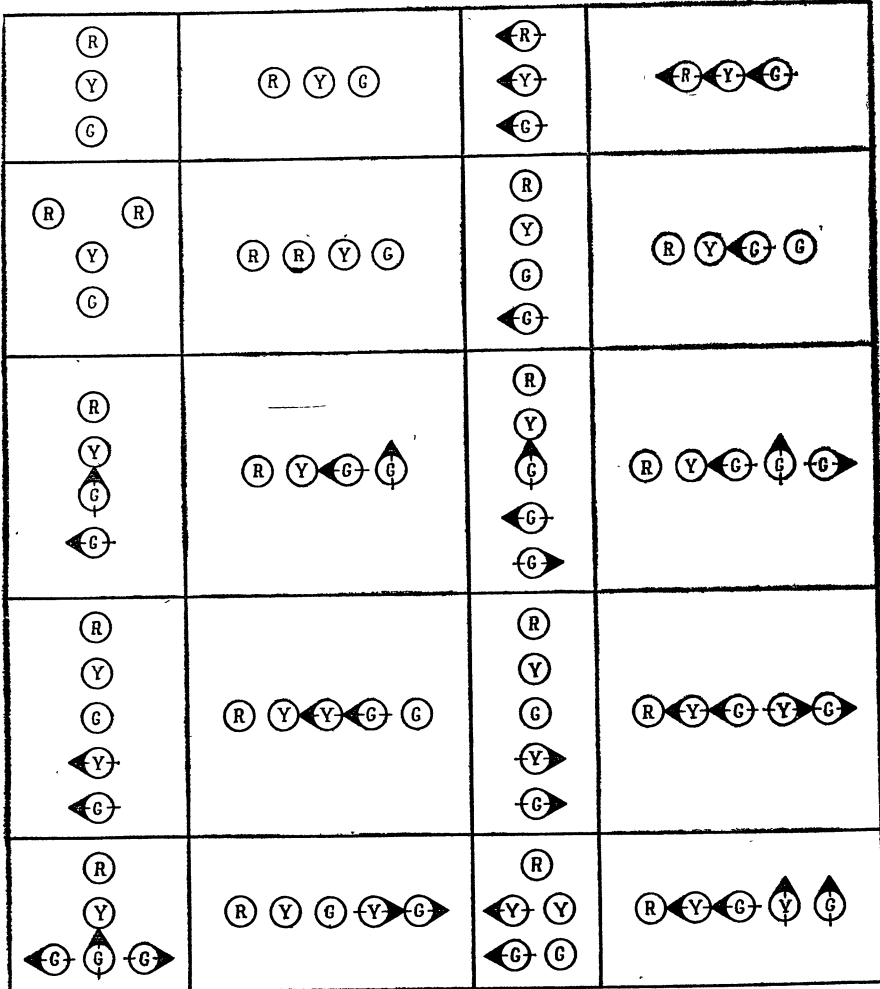


Рис. 17.4. Варианты расположения сигнальных линз на светофорных секциях: R — красный сигнал светофора; Y — желтый сигнал светофора; G — зеленый сигнал светофора

от светофорных секций, предназначенных для регулирования движения транспортных средств, чтобы они были ясно видны пешеходам в течение всего периода пересечения ими улицы на пешеходном переходе.

Лампы для светофоров. Требования, предъявляемые к лампам для светофоров, предусматривают, чтобы нити накаливания у них были прочно закреплены и могли противостоять вибрации. Указанные лампы являются частью полной оптической системы, состоящей из источника света, рефлектора и линз. Определяющими факторами, характеризующими лампы, являются длина светящейся нити, мощность в ваттах и сила светового потока в люменах. Лампы подбираются в зависимости от размера сигнальной линзы, однако при применении с линзами 30 см 150-ваттных ламп для мигающего желтого сигнала, особенно в ночное время, рекомендуется использовать автоматически действующие устройства для снижения яркости свечения. Срок службы сигнальной лампы значительно сокращается из-за чрезмерного напряжения в сети и чрезмерной вибрации.

Оборудование и материал для установки светофоров. Светофорные секции могут быть установлены на столбах и стойках по краям проезжей части дороги, или на приподнятых над уровнем проезжей части дороги островках, или могут подвешиваться на проволочных растяжках, стойках с кронштейнами, на фермах над проезжей частью дороги. Методы установки могут меняться в зависимости от местных условий, ширины дороги, схемы пересечения, интенсивности и скорости движения и обеспечения видимости. Светофорные секции необходимо устанавливать так, чтобы они обеспечивали подачу четкого и безошибочного указания о преимущественном праве движения водителям прибывающих к перекрестку транспортных средств, а также водителям и пешеходам, находящимся на пересечении.

Важно достаточно высоко расположить светофоры над дорогой, а также расположить на достаточном расстоянии секции, предназначенные для регулирования движения транспортных средств, от секций, регулирующих движение пешеходов на переходах.

В связи с тем что светофоры подвергаются воздействию внешней среды, особое внимание следует обращать на выбор материалов для их изготовления. Широко применяются алюминий, нержавеющая сталь, покрытия, устойчивые к коррозии. Однако следует иметь в виду, что комбинация указанных материалов во влажной среде может вызвать электролитический эффект.

Воздействие ветровой нагрузки на светофоры зависит от их расположения.

Кнопки устройств вызывного действия, используемые пешеходами при переходе, должны быть расположены на удобной высоте. Следует исключить возможность телесных повреждений пешеходов из-за низкого расположения светофоров или опорных стоек или контроллеров на пешеходных переходах. Стандартное расположение отдельных узлов при монтаже светофорных установок показано на рис. 17.5.

Детекторы. При использовании контроллера вызывного действия или при сборе данных об интенсивности дорожного движения требуются детекторы различного типа. Детектором простейшего вида является кнопочное устройство для пешеходов. Воздухонаполненный гибкий шланг, перетянутый поперек проезжей части дороги, является простейшим детектором для обнаружения транспортных средств.

Все типы детекторов по способу размещения можно сгруппировать в четыре основные категории.

1. Детекторы, размещаемые над проезжей частью дороги. Их устанавливают либо на столбах по краям проезжей части автомобильной дороги, либо подвешивают над проезжей частью на проволочных растяжках. Такие детекторы обладают ненаправленным действием и могут активизироваться как от стоящих, так и от движущихся транспортных средств. Некоторые детекторы подобного типа, обладают способностью измерять скорость движения транспортных средств на основе «эффекта Доплера» (с применением соответствующего радиолокационного оборудования).

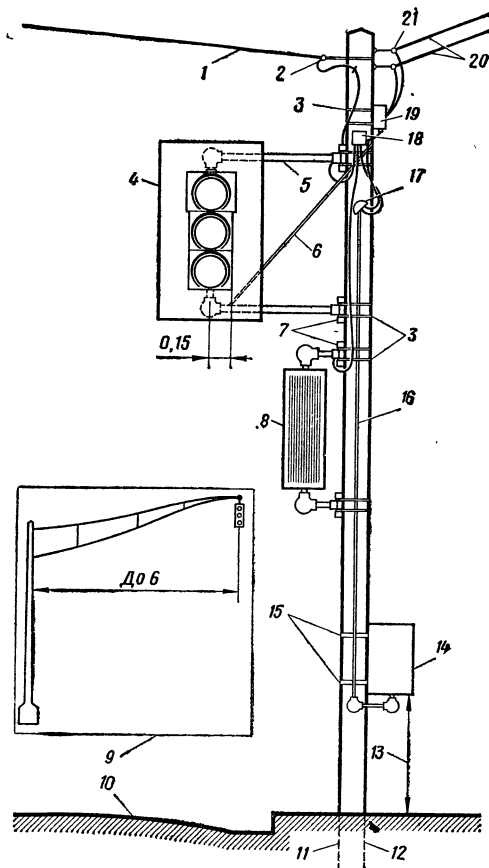
2. Детекторы, размещаемые на поверхности проезжей части дороги. Они являются самыми простыми и наиболее дешевыми. Их установка проста, однако

Рис. 17.5. Стандартный способ монтажа светофорной установки (размеры даны в метрах):

1 — многожильный кабель, ведущий к другому светофорному блоку; 2 — оттяжка из мягкой медной проволоки (типа 8 WP) поверх двух слоев изоляровочной ленты; 3 — $\frac{5}{8}$ -дюймовая лента из нержавеющей стали; 4 — светофорный блок с сигнальным щитом; 5 — $1\frac{1}{2}$ " оцинкованная стрела кронштейна длиной до 6"; 6 — $\frac{1}{2}$ " оттяжка из стального прутка, применяемая на 4-футовой стреле кронштейна; 7 — универсальные опорные прокладки; 8 — стандартный светофорный блок, смонтированный на 12-дюймовых кронштейнах; 9 — установка светофора на одиночном кронштейне; 10 — проезжая часть дороги; 11 — торец на глубину 5', залитый бетоном; 12 — $\frac{1}{2}$ -дюймовый стержень заземления и 6-футовый торец; 13 — расстояние от поверхности земли до корпуса пульта управления; 14 — корпус пульта управления; 15 — 1-дюймовая лента из нержавеющей стали; 16 — $2\frac{1}{2}$ -дюймовая изолирующая труба; 17 — герметичная крышка выводного разъема; 18 — коробка коммутации, 19 — коробка с предохранителями; 20 — провода электропитания; 21 — скоба и изоляторы

Примечание 1 Высота установки главного светофорного блока 15—19', высота установки вспомогательного блока 8—15'.

2 Если ширина стягивающей скобы не указана, то на деревянных опорах применяется $\frac{1}{2}$ " стальная полоса. Вместо стяжек для обшивки применяются 4" планки



их применение ограничивается районами с идеальными метеорологическими условиями, поскольку они подвержены повреждениям.

3. Детекторы, размещаемые в поверхностном слое дорожного покрытия дороги. Они представляют собой датчики, реагирующие на давление. Кроме обычных повреждений в результате износа, они полностью приходят в негодность при замене дорожного покрытия, а иногда и при наличии на поверхности дороги льда или снега.

4. Детекторы, размещаемые под дорожным покрытием. Они действуют в результате реакции на изменение электрического поля, возникающее вследствие присутствия металлической массы. Это — высокоточные, надежные, универсальные и наименее подверженные повреждениям (любым, за исключением случаев, когда проводится полная реконструкция проезжей части дороги) детекторы.

Принципы действия детекторов. Ниже приводятся перечень основных видов детекторов и принципы их действия.

1. Детектор проходной — срабатывает только тогда, когда автомобиль проходит через определенную точку на проезжей части дороги (его называют также динамическим детектором, детектором движения или перемещения).

2. Детектор ограниченного присутствия — реагирует на стоящее в определенной зоне транспортное средство, но только в течение ограниченного периода времени, а затем переключается в исходное положение, обеспечивая возможность обнаружения въезда на данный участок дороги следующего автомобиля.

15*

3. Детектор постоянного присутствия — обеспечивает постоянную реакцию на стоящее или движущееся транспортное средство или транспортные средства, находящиеся в пределах определенного участка дороги. Сигнал детектора продолжает действовать в течение длительного периода времени, пока данный участок дороги занят транспортными средствами. Детектор может по выбору регистрировать или не регистрировать количество транспортных средств, находящихся в пределах зоны его действия. Детектор этого типа называется также детектором присутствия в зоне.

4. Детектор динамического присутствия — обеспечивает выходной сигнал только тогда, когда транспортное средство движется со скоростью выше критического уровня в пределах определенного участка дороги. Стоящие транспортные средства детектором не обнаруживаются.

5. Детектор скорости — состоит либо из двух детекторов проезда, последовательно соединенных с устройствами регистрации времени, либо представлен детекторами скорости, использующими эффект Доплера.

Принципы работы детекторов. Контактный принцип работы: в результате давления, оказываемого шинами транспортного средства, замыкаются контакты в электрической цепи.

Пневматический: давление, оказываемое шинами автомобиля, сжимает заполненный воздухом гибкий шланг, и волна воздушного давления приводит в действие диафрагму, которая размыкает или замыкает электрический переключатель.

Гидравлический: под действием давления шин транспортного средства сжимается заполненный жидкостью гибкий шланг и перемещение этой жидкости приводит в действие реле давления.

Емкостной (механический): под давлением изменяется емкостное соотношение между двумя подвижными металлическими пластинами, изменяя таким образом величину электростатического поля, существующего между ними. Изменение величины емкости регистрируется затем при помощи соответствующей электрической схемы.

Емкостной (немеханический): изменение емкостного сопротивления между двумя электродами под воздействием металлической массы транспортного средства (или между электродом и непосредственно транспортным средством) регистрируется так же, как и в предыдущем случае.

Пьезоэлектрический: оказываемое шинами автомобиля давление используется для приведения в действие соответствующего механического устройства, передающего давление на пьезоэлектрический элемент, в результате чего возникает электрическое напряжение.

Трибоэлектрический под действием давления транспортного средства происходит трение двух изоляторов, что приводит к возникновению электростатического заряда, который затем преобразуется в электрическое напряжение.

Сейсмический: вибрация, возникающая в металлическом стержне при движении транспортного средства, фиксируется акселерометром.

Магнитный: изменение магнитного поля под влиянием металлической массы транспортного средства вызывает изменение магнитного потока в чувствительном элементе, которое регистрируется при помощи электрической схемы. Магнитное поле может быть создано искусственно. Также могут быть использованы свойства естественного магнитного поля Земли.

Фотоэлектрический (принцип прерывания светового луча): световой луч, направленный поперек проезжей части дороги, попадает на фотоэлемент, который фиксирует прерывание светового луча.

Фотоэлектрический (принцип, использующий отражение луча): световой луч отражается от поверхности дороги на фотоэлемент; изменение степени отражения вследствие появления транспортного средства фиксируется фотоэлементом.

Принцип, основанный на активном инфракрасном излучении: действие детектора основано на том же принципе, что и в фотоэлектрическом принципе, но излучателем служит полупроводниковый генератор инфракрасного излучения (арсенидогаллиевый диод).

Принцип, основанный на пассивном инфракрасном излучении: изменение уровня инфракрасного излучения, исходящего от поверхности дороги, по сравнению с уровнем излучения, исходящего от транспортного средства, фиксируется соответствующим приемником инфракрасного излучения.

Акустический: основан на улавливании звуковых колебаний, создаваемых шинами автомобиля.

Ультразвуковой (импульсный): импульсы ультразвукового излучения отражаются от поверхности дороги на соответствующее приемное устройство. Фиксируется сокращение времени прохождения и отражения импульса, возникшего в результате появления транспортного средства в промежутке между дорогой и излучателем-приемником.

Ультразвуковой (непрерывного действия): непрерывный поток ультразвуковой энергии направляется в сторону вероятного появления движущихся транспортных средств. Чувствительный элемент фиксирует изменение частоты энергии, отраженной от приближающегося транспортного средства, вызываемое эффектом Доплера.

Радиолокационный (импульсный): аналогичен принципу ультразвуковых импульсов, однако вместо ультразвукового излучения в нем используется излучение волн высокой частоты сантиметрового диапазона.

Радиолокационный (непрерывного действия): аналогичен принципу постоянного ультразвукового излучения, однако в нем используется излучение волн высокой частоты сантиметрового диапазона.

Радиолокационный (направленного действия): высокочастотное излучение поступает в скрытую в поверхностном слое проезжей части автомобильной дороги линию направленного излучения, которая обладает определенным волновым сопротивлением, соответствующим нагрузке. При пересечении автомобилем линии передачи возникает рассогласование электрического сигнала, которое фиксируется детектором.

Индуктивный: металлическая масса транспортного средства изменяет взаимную индукцию и самоиндукцию проводящей петли или петель, обычно размещаемых под полотном дороги или в ее поверхностном слое.

Наиболее распространены следующие два типа детектора с индуктивными контурами:

детекторы, использующие свойства резонансного контура. Чувствительный элемент детектора этого типа представляет собой индуктивный контур, который состоит из катушки индуктивности и конденсатора переменной емкости. Частота колебательного контура настраивается так, чтобы она попадала в резонанс с генератором постоянной частоты. Присутствие транспортного средства меняет индуктивность петли, вызывая частотные изменения в колебательном контуре. Различие в частотах между генератором постоянной частоты и колебательным контуром переменной частоты при помощи электрической схемы приводит к замыканию реле;

детекторы, использующие принцип «сдвига фаз». Изменение величины индуктивности контура, вызываемое прохождением автомобиля, определяется измерением сдвига фаз между напряжением и током, проходящим через комплексное сопротивление, составной частью которого является данный контур. Генератор питает комплексное сопротивление и тем самым весь контур. Величина смещения фазы тока высокой частоты петли по отношению к входному напряжению генератора определяется с помощью фазометра. Показателем уровня расстройки петли является напряжение, возникающее на выходе фазометра. Для того чтобы избежать постепенной расстройки контура из-за возможного воздействия температурных колебаний, влаги, а также физического старения, применяется дифференцирующий контур.

Установка детекторов. На эффективность работы светофорных объектов в значительной степени влияет правильная установка детектора. Частота ремонта как механической, так и электрической части зависит от качества первоначальной установки. Детекторы, устанавливаемые в поверхностном слое полотна дороги, в большей степени подвержены повреждениям, чем те, которые устанавливаются над дорогой.

Несмотря на то, что установка или размещение детектора могут зависеть от технических характеристик и возможностей дороги, их размещение по отношению к управляемому перекрестку определяет эффективность светофорного регулирования. Расстояние между детектором и линией «стоп» в зависимости от сложности адаптивного режима регулирования может колебаться от значения равного длине одного транспортного средства до 150 м.

Радиолокационные, звуковые, инфракрасные и фотоэлектрические детекторы обычно устанавливают на столбах с кронштейнами или на проволочных растяжках над полосами проезжей части дороги. Высота установки детектора, достаточная для провоза грузов со значительными вертикальными габаритными размерами, может привести к потере чувствительности детектора или охвату им соседних полос.

В связи с тем, что принцип работы многих типов подвесных детекторов основан на эффекте Доплера, трудно получить хорошие характеристики направленности луча, а применение узкого луча приводит к потере чувствительности детектора.

Детекторы, чувствительные элементы которых устанавливают на поверхности полотна дороги, являются самыми простыми и дешевыми с точки зрения установки. Примерами таких элементов детекторов являются воздушнонаполненный шланг и переносная проволочная петля.

Наиболее эффективными и надежными являются магнитные и индуктивные детекторы. Для установки магнитного детектора в дорожном покрытии необходимо просверлить отверстия (одно отверстие для каждого детектора) диаметром, немного превышающим размеры самого детектора, и сделать необходимые пропилы в поверхностном слое дороги для размещения соединительных кабелей. Благодаря использованию эпоксидной смолы или битуминозной пасты для заделки швов данный способ установки обеспечивает длительную работоспособность детектора.

Для установки чувствительного элемента (петли) индуктивных детекторов в дорожном покрытии делают прямоугольные пропилы на глубину от 3,8 до 5 см. Длина пропила может колебаться в зависимости от размеров детектора, однако ширина его определяется шириной полосы. Три-четыре витка проволоки укладывают в прямоугольное углубление, а концы петли присоединяют к коаксиальному кабелю.

Коаксиальный кабель имеет постоянное сопротивление, что облегчает настройку на нужную частоту, а также уменьшает вероятность возникновения помех в виде электрических полей рассеяния, создаваемых фидером. После укладки петли пропилы заполняют битуминозной пастой или мягкой эпоксидной смолой, поскольку детектор должен сохранять некоторую подвижность в дорожном покрытии, чтобы избежать поломки. Твердая эпоксидная смола исключит такую подвижность.

После установки петли и детектора последний, если он не работает по принципу самонастройки, должен быть настроен. Индуктивные детекторы достаточно стабильны в работе и требуют незначительного количества контрольной аппаратуры. Некоторые заводы-изготовители вместе с детекторами поставляют специальный комплект контрольно-измерительной аппаратуры.

Система управления дорожным движением. Система управления может включать два соседних дорожных контроллера, мастер-контроллер и несколько дорожных контроллеров на одном маршруте или же мастер-контроллер и ряд дорожных контроллеров, входящие в район управления. Система обеспечивает координацию работы светофорных объектов.

Простейший тип системы управления — объединение отдельных контроллеров общей линией электропитания. Если отдельные контроллеры имеют единый цикл и если частота электропитания постоянна, то можно установить простейший режим работы системы регулирования, который будет координировать работу светофорной сигнализации соседних перекрестков. Не рекомендуется полагаться на этот метод управления для маршрута, включающего более двух или трех перекрестков, поскольку точная настройка координированной работы такой системы очень трудоемка и не годится для сложного оборудования и режимов работы.

Коммутация технических средств в системе управления осуществляется одним из следующих способов.

1. Кабельный способ. Многожильный кабель с проводниками от 14-го до 10-го номера типа «AWG» прокладывается от мастер-контроллера до других подчиненных дорожных контроллеров.

Расстояние между источником питания и управляемыми реле является определяющим фактором при выборе диаметра проводника, так как перепад напряжения переменного и постоянного тока для надежной работы контроллеров должен быть сведен к минимуму. Кабель можно прокладывать либо подвесным способом, либо под землей. Наиболее надежную коммутацию обеспечивает подземная прокладка.

2. Способ с применением радиосвязи. Управление по радио в сочетании с надежной телеметрической системой следует использовать в тех случаях, когда центральный передатчик можно соединить с высокой антенной для обеспечения передачи достаточно мощных сигналов в приемное устройство контроллера. Данная система предусматривает наличие на каждом регулируемом перекрестке отдельного радиоприемника и соответствующего декодирующего и исполнительного оборудования.

Помехи от случайных электрических возмущений или от других радиоканалов могут повредить систему, а ремонт и техническое обслуживание обходится дорого. Поэтому каждый контроллер должен иметь защитное устройство. Общая надежность правильно сконструированной, установленной и обслуживаемой системы радиооборудования выигрывает по сравнению с другими способами коммутации контроллеров.

Использование телефонных линий. Арендруемые линии телефонной связи и низковольтная телеметрическая аппаратура широко применяются для коммутации контроллеров, входящих в состав большой системы. Преимущество этого способа выражается в надежности, гибкости и экономичности. Всего одна пара телефонной линии, работающей на звуковых частотах, в сочетании с мультиплексным оборудованием обеспечивает достаточное количество каналов для обмена информации между мастером-контроллером и коммутируемыми с ним техническими средствами (дорожными контроллерами, транспортными детекторами и пр. устройствами).

Подобный способ коммутации требует сложного технического обслуживания и пригоден для систем, управляемых с помощью ЭВМ. Система управления, использующая подобный способ коммутации, требует минимальных затрат на техническое обслуживание.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Терминология. Длительность светофорного цикла (цикл) — период времени, за который происходит полная смена последовательности фаз.

Фаза — совокупность основного такта, при котором разрешается движение группы автомобилей и одного или нескольких вспомогательных тактов, при которых происходит подготовка к передаче права на движение очередной группе потоков автомобилей.

Такт — период времени, составляющий часть цикла, в течение которого не меняется сочетание включенных сигналов светофора. Сдвиг фаз («Оффсет») — период времени, составляющий часть цикла и выраженный в процентах или секундах, в течение которого на данном светофоре появляется зеленый сигнал, считая от определенного момента, взятого за основу отсчета времени.

Целью введения светофорной сигнализации является попеременное предоставление транспортным потокам разрешения двигаться с таким расчетом, чтобы средняя продолжительность задержки для всех транспортных средств и пешеходов, общая задержка для любой одиночной группы транспортных средств или пешеходов, а также вероятность возникновения аварийных ситуаций, ведущих к дорожно-транспортным происшествиям, были бы минимальными. Эти условия часто вступают в противоречие между собой и требуют компромиссных решений. Например, чтобы сократить до минимума общую задержку, количество отдельных фаз светофора должно быть доведено до минимального уровня, определяемого

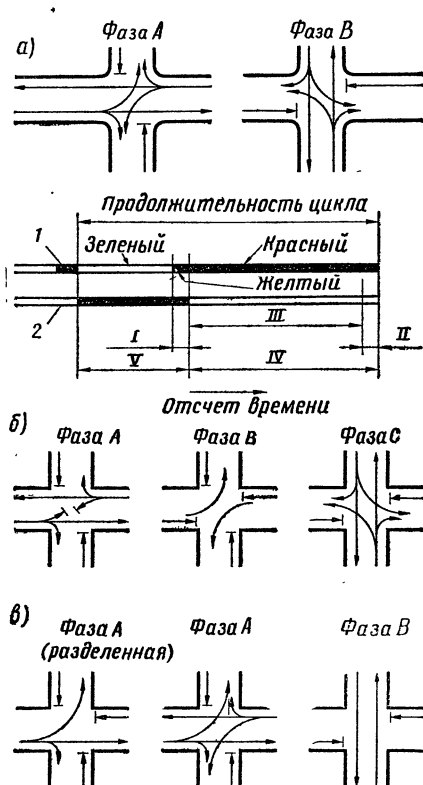


Рис. 17.6. Распределение движения транспортных потоков по фазам:

а — двухфазный цикл регулирования на прямоугольном пересечении двух улиц с двусторонним движением; *б* — трехфазный цикл регулирования на прямоугольном пересечении двух улиц с двусторонним движением. Третья фаза предназначена для беспрепятственного пропуска левоповоротного движения по одной из улиц; *в* — двухфазный цикл с разделением фазы А для пропуска интенсивного левоповоротного движения в одном из направлений. 1 — главная улица; 2 — второстепенная улица. I — интервал желтого сигнала в фазе А; II — интервал в фазе В, в течение которого разрешается движение; III — продолжительность фазы В; IV — продолжительность фазы А; V — продолжительность фазы А

рейшн» показало, что волна начала движения в очереди автомобилей перемещается назад от линии «стоп» на расстояние 30,5 м за 6 с. Как только волна движения достигает детектора, установленного приблизительно на расстоянии 91,5 м от линии «стоп», детектор начинает регистрировать наличие транспортных средств в течение каждых 2,0—2,5 с (на каждой полосе) до тех пор, пока либо не кончится очередь, либо движение не будет остановлено красным сигналом светофора.

Учитывая известное влияние геометрической формы пересечения на его пропускную способность, расхождения в вышеупомянутых цифрах не вызывают удивления. Для приближенных расчетов вполне приемлема величина стартовой

требованиями безопасности и потребностями транспорта. Обычно в этом случае вводят двухфазную схему организации движения там, где это возможно, например на пересечениях дорог под прямым углом, на Т-образных пересечениях или на участках между пересечениями. Однако на многосторонних перекрестках неправильной формы или там, где есть междуфазовое противоречие, может оказаться неизбежным использование многофазного режима работы светофорной сигнализации, т. е. трехфазного, четырехфазного и т. д. В некоторых случаях условия движения на перекрестке вызывают необходимость разделения зеленой фазы. Примеры, иллюстрирующие это положение, приведены на рис. 17.6.

Исследования, проведенные в США и других странах, показали, что увеличение продолжительности цикла хотя и повышает пропускную способность перекрестка, однако приводит к возрастанию значений средних задержек.

Оптимальное решение требует выбора практически обоснованного для конкретных условий движения минимального значения длительности цикла.

Транспортные средства, образовавшие очередь на перекрестке в течение красной фазы, после включения зеленого сигнала светофора въезжают на перекресток не одновременно. Таким образом возникает так называемая стартовая задержка, величина которой была приведена в ряде исследований. Гриншилдс пришел к выводу, что для въезда на перекресток первых пяти автомобилей с одной полосы движения требуется 14,2 с, тогда как для каждого последующего автомобиля нужно 2,1. Таким образом, величина стартовой задержки составляет 3,7 с. Капелле, проводивший измерения несколько иным способом, получил величину стартовой задержки, равной 1,6 с. Исследования фирмы «Трэффик Рисерч Корпо-

задержки, составляющая 2,5 с на каждую фазу, однако для более точных расчетов необходимо выполнить изменение на каждом конкретном перекрестке.

Светофорный объект, работающий в автономном режиме, обычно устанавливаются на изолированных перекрестках.

Проведение необходимых исследований. Прежде чем считать режим регулирования любого светофорного объекта, необходимо получить соответствующую информацию о движении транспортных средств и пешеходов на данном перекрестке. Исследования в этой области включают:

схему участка, на которой установлен светофор. Необходимо подготовить масштабную схему конкретного участка, включающую все относящиеся к этому участку физические характеристики в пределах до 122 м от пересечения. К ним относятся: геометрическая форма пересечения, ограничения дистанции видимости, автобусные остановки и маршруты движения, условия организации стоянок, разметка на проезжей части дорог, освещение улиц, количество дорог, расположение близлежащих железнодорожных переездов, расстояния до ближайших светофоров, наличие столбов и металлоконструкций общего пользования, а также прилегающих строений;

данные о регистрации дорожно-транспортных происшествий. Следует получить и изобразить на схематической диаграмме данные о количестве, виде и времени ДТП, погодных условиях, техническом состоянии дороги и причинах, если они известны, всех дорожно-транспортных происшествий, которые произошли на рассматриваемом участке за последние три года;

изучение скоростных режимов. Следует определить 85%-ную скорость транспортных средств на каждом подходе к пересечению в точках, расположенных на расстоянии 46 м от пересечения. На дорогах, где нормальная скорость транспортных средств колеблется в пределах от 24 до 40 км/ч, скоростной режим определяется на расстоянии 46—61 м до пересечения; на скоростных магистралях с допустимой скоростью 80—113 км/ч скоростной режим определяется на расстоянии за 244—366 м от светофора;

исследование режима движения на поворотах. Следует подсчитать количество транспортных средств и пешеходов в течение 15-минутных периодов для каждого вида поворотов с каждого подхода к перекрестку. Исследование следует провести для восьми не обязательно последовательных часов обычного дня, причем необходимо охватывать следующие периоды движения транспортных средств: утренние часы пик; середину утреннего периода; середину послеполуденного периода и вечерние часы пик.

Для возможности сравнения условий движения на различных перекрестках и возможности обеспечения стандартизированных расчетных критериев результаты исследования условий движения обычно выражают в виде «эквивалентной интенсивности» для того, чтобы компенсировать этим разницу в количестве используемых полос, количестве выполняемых поворотов, а также разницу между типами транспортных средств. Эквивалентная интенсивность в расчете на одну полосу движения для каждого подхода к пересечению выражается следующей формулой:

$$V_e = \frac{V + 0,5H + 0,6L + 0,4R}{n},$$

где V_e — эквивалентная интенсивность движения в расчете на одну полосу; V — фактическая общая интенсивность движения на данном подходе к пересечению; H — количество грузовых транспортных средств на данном подходе к пересечению; L — количество левых поворотов с данного подхода к пересечению; R — количество правых поворотов с данного подхода к пересечению; n — количество используемых полос на данном пересечении.

Расчет режима светофорной сигнализации. Существует много методов расчета длительностей цикла и фаз. Методы, описанные в данном разделе, можно применить для расчета режимов светофорной сигнализации, работающей как по двухфазной, так и по многофазной схеме управления.

При пешеходном движении минимальная продолжительность зеленого сигнала для каждой фазы с учетом потребностей пешеходов должна обеспечивать достаточное время для перехода и освобождения опасной зоны до начала движе-

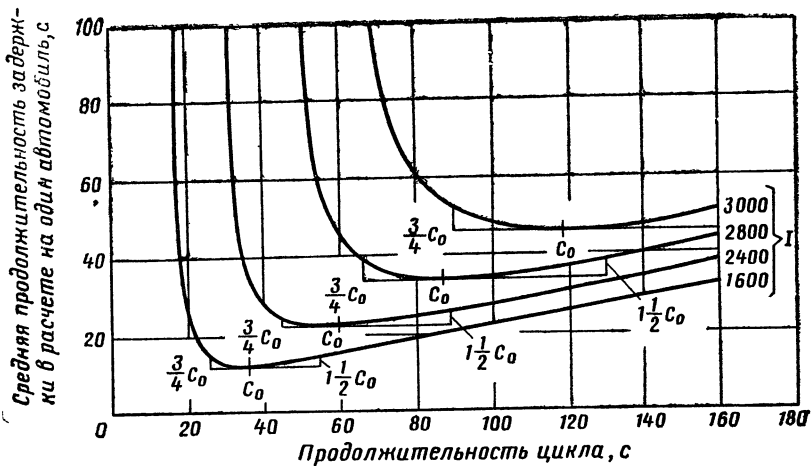


Рис. 17.7. Влияние изменений продолжительности цикла на длительность задержек транспортных средств. В данном случае действует двухфазная схема организации движения на четырехстороннем пересечении. На подходах к пересечению: одинаковые транспортные потоки; одинаковая насыщенность транспортных потоков (1800 авт/ч); одинаковая продолжительность зеленого сигнала; общие потери времени в течение каждого цикла 10 с:
I — общий приток транспортных средств к пересечению, авт/ч

ния транспортных средств. Для расчета минимальной длительности зеленого сигнала величина скорости пешехода обычно принимается равной 1,2 м/с. В общем виде зависимость минимальной длительности зеленого сигнала, или времени, которое необходимо для перехода дороги, и скоростью пешехода выражается следующей формулой:

$$G = \frac{D}{v_p},$$

где *G* — минимальная длительность зеленого сигнала, с; *D* — длина самого длинного пешеходного перехода, используемого в течение фазы, м; *v_p* — скорость движения пешехода, м/с.

На широкой проезжей части дороги с встречными потоками движения, разделенными центральной полосой шириной не менее 1,8 м, иногда бывает выгодно обеспечивать время, достаточное для достижения пешеходами разделительного островка. В этом случае переход улицы осуществляется в течение двух циклов. При отсутствии пешеходного движения минимальная продолжительность зеленого сигнала может быть установлена на основе фактического минимума времени, затрачиваемого на пересечение улицы, обычно принимаемого равным 12 с. Для некоторых перекрестков, однако, с успехом использовались меньшие величины, равные 7 или 8 с.

Ниже приводятся несколько методов расчета оптимальных режимов светофорного регулирования.

Метод Вэбстера. Вэбстер разработал модель для приближенного расчета длительности цикла, при помощи которой можно минимизировать величину общей задержки на перекрестке [17]. Формула Вэбстера имеет следующий вид:

$$C_0 = \frac{1,5L + 5}{1 - y_1 - y_2 \dots y_n},$$

где *C₀* — оптимальная длительность цикла, с; *L* — общие потери времени в каждом цикле, с; *y_i* — фазовый коэффициент, который определяется наибольшим

Определение длительности зеленой фазы

Сумма эквивалентной интенсивности движения на направлении с наибольшей интенсивностью движения для всех других фаз, авт/ч	Длительность зеленой фазы, с, соответствующая следующим величинам эквивалентной интенсивности, авт/ч, на данном подходе к перекрестку											
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
200	11	12	13	14	15	16	17	19	21	23	26	29
250	11	12	13	14	16	17	18	20	22	24	27	30
300	11	12	13	14	16	17	19	20	22	24	29	32
350	11	12	13	14	16	17	19	21	23	26	30	34
400	11	12	13	15	16	18	20	22	25	28	32	37
450	11	12	14	15	17	19	21	23	26	30	35	41
500	11	12	14	15	17	19	22	25	28	33	38	45
550	11	12	14	15	17	20	23	26	31	36	42	51
600	11	13	14	16	18	21	24	28	33	39	48	60
650	11	13	14	16	19	23	26	31	37	44	56	73
700	11	13	15	17	20	24	28	34	41	52	68	97
750	11	14	15	17	21	26	31	38	48	63	88	143
800	12	14	16	19	23	28	34	43	57	81	132	—
850	12	14	17	20	25	31	40	52	74	121	—	—
900	12	14	18	22	27	35	47	67	110	—	—	—
950	12	15	19	24	31	42	60	99	—	—	—	—
1000	13	16	20	27	36	53	88	210	—	—	—	—

значением отношения интенсивности движения на рассматриваемом подходе к перекрестку в направлениях, обслуживаемых данной фазой, к потоку насыщения¹ для этих же направлений; транспортного потока при подходе к пересечению.

Для двухфазной схемы организации движения отношение эффективных длительностей зеленого сигнала представлено выражением

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{y_1}{y_2},$$

где g_1 и g_2 — эффективная длительность зеленого сигнала первой и второй фаз соответственно, с.

Примеры изменения величины средней задержки от длительности цикла представлены на рис. 17.7. Анализ этих зависимостей показывает, что при изменениях длительности цикла в пределах от $3/4$ до $3/2$ от ее оптимального значения, величина задержки никогда не превышает уровень более чем на 10—20% величины задержки, существующей при оптимальном цикле.

Метод, предлагаемый «Руководством по унифицированным средствам регулирования дорожного движения для Канады». Для сопоставления «Руководство по унифицированным средствам регулирования дорожного движения для Канады» приводит таблицу длительностей фаз, которые являются суммой длительностей зеленого и желтого сигналов, необходимых для обеспечения 95%-ной вероятности того, что все транспортные средства, прибывающие к данному пересечению в течение цикла, смогут освободить перекресток в течение следующего включения зеленого сигнала. Если известна эквивалентная интенсивность движения в час в направлении с наибольшей интенсивностью для каждой фазы регулирования, то длительность любой фазы может быть установлена по табл. 17.4.

¹ Поток насыщения — это выраженная в автомобилях в час (авт/ч) максимальная интенсивность движения в данном направлении при включенном зеленом сигнале.

Значения y_1 и y_2 для различных скоростей движения на подходах к перекрестку

Скорость транспортных средств на подходе к перекрестку, м/ч	Минимальное время, требующееся для остановки транспортного средства (y_1), с	Длительность желтого такта (y_2), с				
		$\omega = 30$	$\omega = 50$	$\omega = 70$	$\omega = 90$	$\omega = 100$
20	2,0	3,8	4,4	5,6	5,7	6,4
30	2,5	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5
40	3,0	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
50	3,4	4,1	4,4	4,7	5,0	5,2
60	3,9	4,5	4,7	4,9	5,1	5,4

Длительность желтого такта, входящего в состав зеленой фазы. Назначение желтого такта в данном случае двояко: информировать водителей о предстоящем включении красного сигнала и дать возможность транспортным средствам, уже въехавшим на перекресток, освободить опасную зону до того, как будет разрешено движение в конфликтном направлении. Таким образом, длительность желтого такта зависит здесь от скорости транспортных средств, приближающихся к перекрестку. Для удовлетворения первого требования минимальное значение длительности желтого такта рассчитывается по формуле

$$y_1 = t + \frac{1}{2} \frac{v}{a},$$

где y_1 — длительность желтого такта, с; t — время реакции водителя, с (значение t можно условно принять за 1 с); v — скорость транспортных средств, приближающихся к перекрестку, м/с; a — замедление транспортного средства, м/с².

Неправильно определенная длительность желтого такта может привести к возникновению так называемой «зоны дилеммы», которая представляет собой участок около перекрестка, находясь в котором транспортное средство не может ни сделать безопасную остановку, ни освободить пересечение до начала включения красного сигнала¹ без увеличения скорости. Олсон и Ротери предположили, что желтый сигнал должен иметь такую длительность, которая позволяла бы водителю остановить транспортное средство до въезда на пересечение или же продолжить движение с той же скоростью и пересечь перекресток до начала включения красного сигнала. Длительность желтого сигнала, удовлетворяющая обоим требованиям, рассчитывается по формуле

$$y_2 = t + \frac{1}{2} \frac{v}{a} + \frac{\omega + l}{v},$$

где y_2 — длительность желтого такта, с; ω — ширина перекрестка, м; l — длина транспортного средства, м.

При $t=1$ с, $a=4,6$ м/с² и $l=6,1$ м величины y_1 и y_2 для различных скоростей на подходах к перекрестку могут быть выбраны по табл. 17.5.

Координированное регулирование. Система координированного управления охватывает два или более отдельных светофорных объекта и предназначена для обеспечения безостановочного проезда транспортного потока вдоль магистрали. Все светофорные объекты системы должны работать с одинаковой длительностью

¹ В Великобритании для проезда транспортных средств практикуется использовать желтый предупреждающий сигнал вплоть до включения зеленого и красного сигналов. «Руководством по унифицированным средствам регулирования движения» это не разрешается.

цикла. Иногда допускается применение на отдельных перекрестках цикла регулирования, кратного длительности общего цикла магистрали. При наличии в системе светофоров с контроллерами вызывного действия обычно устанавливается одинаковая продолжительность цикла.

На отдельных перекрестках продолжительность тактов (красного, зеленого и желтого) может меняться в зависимости от условий дорожного движения, однако для координируемой улицы целесообразно иметь суммарную длительность зеленого и желтого сигналов светофора, равную не менее 50% продолжительности цикла.

Существует много методов объединения светофоров в систему координации. Широко распространен метод объединения светофорных объектов в систему посредством соединительного кабеля. Один из контроллеров системы выполняет функции центрального (мастера-контроллера), а остальные являются местными или подчиненными. Центральный контроллер обеспечивает синхронизацию работы входящих в систему контроллеров.

Во многих современных системах централизованное управление осуществляется непосредственно при помощи аналоговых или цифровых электронно-вычислительных машин. Централизованное управление обеспечивает большую гибкость системы, позволяет реализовать большее количество вариантов программ регулирования.

Преимущества синхронизации системы светофоров. Некоторые преимущества координированного регулирования заключаются в следующем:

повышается скорость проезда по магистрали, сокращается количество остановок;

поток транспортных средств получается более равномерным за счет образования групп («пачек») транспортных средств; увеличивается пропускная способность перекрестков;

стабилизируется величина скорости движения отдельных транспортных средств. Сокращается количество дорожно-транспортных происшествий, поскольку группы («пачки») транспортных средств прибывают к перекрестку на зеленый сигнал светофора, в связи с этим уменьшается вероятность проезда на красный сигнал или наезда на впереди идущие транспортные средства;

повышается дисциплинированность как водителей, так и пешеходов, поскольку водитель будет стараться попасть в режим «зеленой волны», а пешеход будет вынужден оставаться на тротуаре, поскольку транспортные средства будут двигаться более плотной группой.

При рассмотрении принципов координированного регулирования обычно оперируют следующими терминами:

ширина ленты времени — «длина» группы автомобилей, выраженная в единицах времени, для которой обеспечено безостановочное движение в системе координированного управления;

зеленая волна — режим работы системы регулирования, обеспечивающий безостановочное движение групп транспортных средств по магистрали с заданной скоростью;

сдвиг фаз — интервал времени между моментами начала основного такта («зеленого») на предыдущем и последующем перекрестках.

Координированное регулирование на дорогах с односторонним движением. Наиболее простая форма координации работы светофорных объектов — это введение ее на дорогах с односторонним движением или на наиболее загруженном направлении с двусторонним движением. Зависимость между предпочтительной скоростью движения в режиме «зеленой волны» (S) и сдвигом фаз может быть выражена формулой

$$S = \frac{D}{0,278L};$$

где S — скорость движения в режиме «зеленой волны», м/ч; D — расстояние между светофорами, м; L — сдвиг фаз, с.

Координированное регулирование на дорогах с двусторонним движением. Для двустороннего движения возможно применение четырех основных типов систем координированного управления: системы

с одновременным включением одноименных сигналов светофоров; системы «альтерации»; системы ограниченного (простого) координирования; системы гибкого координирования.

Относительная эффективность любой из этих систем зависит от расстояния между регулируемыми перекрестками, скорости движения транспортных средств, длительности цикла, пропускной способности дороги и задержек, вызываемых поворотным движением, маневрами для остановки или выезда с мест стоянки и пешеходами.

В общем случае координация светофорных объектов магистрали с максимальной шириной ленты времени может быть достигнута только в том случае, если расстояния между перекрестками таковы, что время прохождения перегонов между ними кратно половине длительности общего цикла. В противном случае неизбежны компромиссные решения.

Математические модели, используемые для расчета программ координации движения транспортных средств для автомагистралей. В последние годы разработаны методы расчета программ координации с помощью электронно-вычислительных машин. Очевидно, что практические или графические методы расчета обладают недостаточной точностью, а также требуют значительных затрат времени. В качестве примера ниже приводится описание модели «СИГАРТ», примененной в г. Торонто для оптимального выбора управляющих установок при координированном регулировании на магистрали.

Программа «СИГАРТ» оперирует возможными вариантами значений ленты времени в пределах заданного диапазона скоростей для различных значений длительности цикла.

В состав исходных данных программы входят: число регулируемых перекрестков; количество вариантов длительности цикла, которые предстоит проверить; три значения скорости (желаемая, максимальная и минимальная); длительность цикла, доля (в процентах) красного сигнала в цикле на каждом конкретном пересечении; расстояние между регулируемыми перекрестками.

Программа позволяет рассчитать оптимальное значение ширины ленты времени в установленном диапазоне скоростей и для любого значения длительности цикла. По мере «отработки» вариантов ленты времени программа выдает соответствующие выходные данные, в том числе значение предпочтительной скорости, оптимальное для данного цикла значение ширины ленты времени, набор сдвигов фаз, перечень критических (ключевых) перекрестков, определяющих границы ленты времени.

Окончательным этапом программы вычислений является выдача на печать сводного перечня лент времени, найденных для каждой из заданных значений длительности цикла. Для каждой ленты времени в сводке содержатся данные о

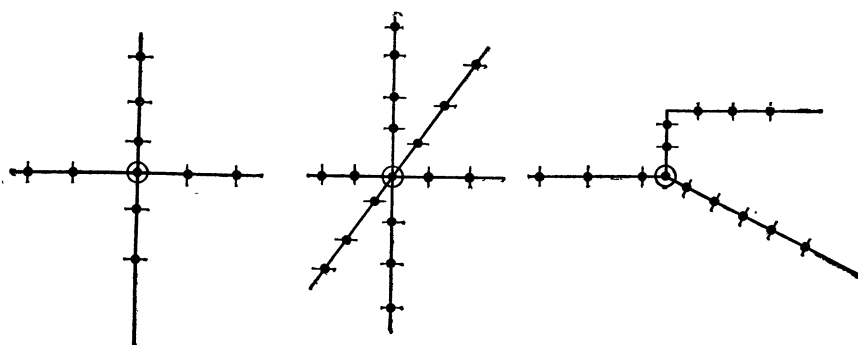


Рис. 17.8. Пример открытой сети светофорных установок:

● — регулируемый перекресток; ⊙ — общий перекресток

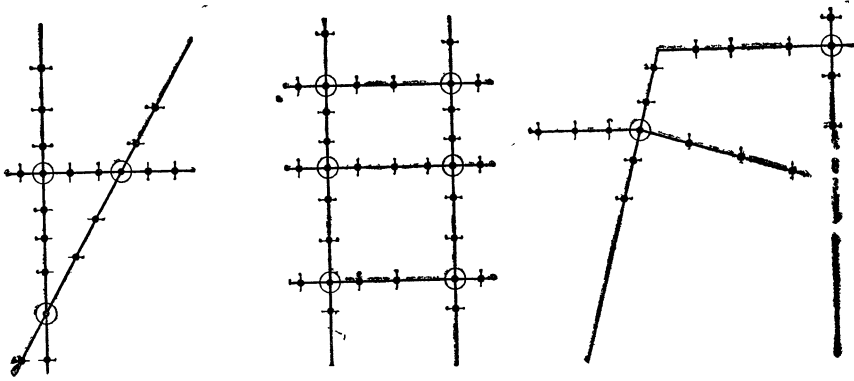


Рис. 17.9 Примеры замкнутых сетей светофорных объектов:

● — регулируемый перекресток; ⊙ — общий перекресток

скорости безостановочного движения, оптимальном значении ширины ленты времени и относительной эффективности ленты времени, т. е. ширине ленты времени, выраженной в долях цикла.

Координированное управление в транспортных сетях. В предыдущей главе были рассмотрены основные принципы координированного регулирования на магистральном маршруте. Когда несколько маршрутов имеют общие перекрестки, образуется сеть светофорных объектов, которая классифицируется как разомкнутая или замкнутая.

Разомкнутая сеть светофорных объектов имеет только один общий перекресток. Примеры разомкнутой сети приведены на рис. 17.8. В общем случае длительность цикла для конкретной сети светофоров устанавливается в зависимости от условий движения на общем перекрестке. Программы координации для каждого маршрута рассчитывают независимо.

Замкнутая сеть светофорных объектов содержит два или больше общих перекрестков, как показано на рис. 17.9. Светофорные объекты, образующие замкнутую сеть, должны иметь одинаковую длительность цикла, определяемую потребностями дорожного движения на «критическом» перекрестке, т. е. на перекрестке с наибольшей длительностью цикла.

После определения длительности цикла производится расчет программ координации отдельно для каждого маршрута и корректировка сдвигов фаз. Сумма длительностей фазовых сдвигов, а также зеленого и желтого тактов, рассматриваемых последовательно по всей замкнутой сети, должна быть кратна длительности цикла сети.

Возьмем пример простой замкнутой сети с перекрестками, расположенными по часовой стрелке в точках A , B , C и D ; координация работы этих светофорных объектов обеспечивается следующим условием:

$$\begin{aligned} & \circ_B (AB) + \circ_B (AB) + \circ_C (BC) + \circ_C (BC) + \\ & + \circ_D (CD) + \circ_D (CD) + \circ_A (DA) + \circ_A (DA) = NC, \end{aligned}$$

где $\circ_B(AB)$ — сдвиг фаз на перекрестке B (от A до B), с; $\circ_B(AB)$ — суммарная длительность зеленого и желтого сигналов на перекрестке B в направлении от A до B , с; C — длительность цикла, с; N — целое число ($N=1, 2, 3, \dots$)

Математические модели, используемые для расчета программ координации для замкнутых сетей. Задача определения оптимального режима координированного управления в сети решается

при непосредственном использовании математических моделей, в частности «СИГРИД» и «СИГОП».

Программа «СИГРИД» определяет оптимальные значения сдвигов фаз для систем светофорных объектов, работающих как в жестком, так и в гибком режиме регулирования.

Автоматизированные системы управления дорожным движением, основой которых являются ЭВМ, успешно функционируют во многих городах. Использование ЭВМ позволяет значительно расширить диапазон функциональных возможностей управления.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Светофоры, регулирующие движение по полосам, — это специальные подвесные светофоры, предназначенные для разрешения или запрещения проезда по тем или иным полосам на улице или магистрали (см. также гл. 18). К числу вышеупомянутых средств светофорной сигнализации относятся красный крестообразный сигнал на темном фоне или зеленый сигнал на темном фоне, выполненный в виде стрелки с острием, направленным вниз. Кроме указанных символов, может применяться также и желтый крестообразный сигнал, который используется перед включением красного крестообразного сигнала.

Чаще всего такие светофоры применяются для регулирования движения по полосе, направление движения по которой может изменяться на противоположное (реверсивная полоса). Светофоры этого типа могут также применяться для регулирования движения на перегонах магистрали, например при временном перераспределении полос движения по направлениям или при временной блокировке движения по полосе.

При применении этих светофоров для регулирования движения по реверсивной полосе работа светофоров должна регулироваться специальным контроллером.

Светофоры, регулирующие движение на пересечениях в одном уровне магистралей и железнодорожных путей. В Соединенных Штатах существует около 220 тыс. пересечений в одном уровне между железными дорогами и автомагистралями и около 44 тыс. из них оснащены специальными устройствами с мигающей сигнализацией, средствами обеспечения безопасности — шлагбаумами, светофорами или звонками.

Один из видов светофоров с мигающим сигналом, который в настоящее время считается стандартным для всех железнодорожных переездов в одном уровне, показан на рис. 17.10. Линзы светофора освещаются попеременно через равные промежутки времени с частотой не менее 30 или не более 40 раз в минуту. Почти во всех случаях подается непрерывный сигнал в виде звонка в течение всего периода работы светофора и, кроме того, зачастую одновременно с подачей сигналов светофора приводится в действие шлагбаум.

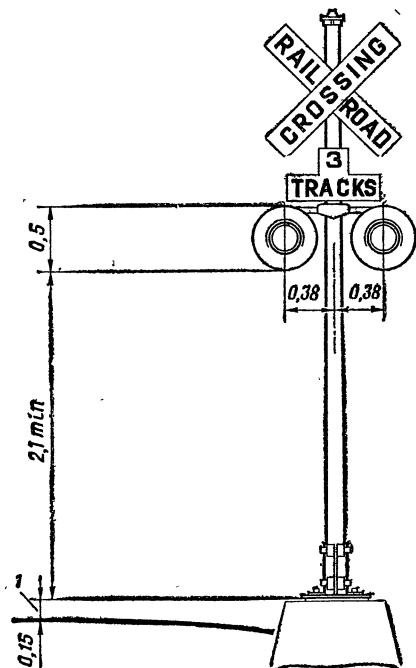


Рис. 17.10. Светофор с мигающим сигналом, устанавливаемый на железнодорожных переездах (размеры даны в метрах):

1 — высота фундамента над самой верхней точкой проезжей части дороги — 0,15 м

Когда регулируемое пересечение располагается на расстоянии примерно 60 м от железнодорожного переезда, оснащенного светофорами, приводимыми в действие сигналами о приближении поезда, работа обоих светофорных объектов должна быть скоординирована, чтобы избежать противоречащих предписаний светофоров.

Светофоры с мигающим сигналом. Одноцветный светофор с мигающим сигналом может быть представлен в виде одной или большего числа секций стандартного светофора с желтыми или красными линзами. Такие светофоры устанавливаются в виде одиночных или двойных блоков с попеременным включением сигнала. Период свечения сигнала обычно равен или несколько продолжительнее периода его отключения.

Светофоры с мигающим сигналом устанавливаются перед железнодорожными переездами, разводными мостами, в местах выезда на дорогу пожарных и других специальных автомобилей.

Кроме того, установка светофоров с мигающим сигналом целесообразна на пересечениях, где нет безусловной необходимости введения полной светофорной установки, однако в связи с недостаточной хорошей видимостью оснащение его одними знаками недостаточно.

Одиночный или двойной желтый мигающий сигнал, расположенный по вертикали секции, может применяться в сочетании со знаком, информирующим о постоянном или переменном ограничении скорости.

Одиночный или двойной красный мигающий сигнал можно использовать для усиления действия дорожного знака «Стоп».

Применение светофоров для регулирования скорости. Иногда средства светофорной сигнализации используются для регулирования режима скорости. В этих случаях светофоры размещаются не на пересечениях или переездах, а на перегонах дорог, в основном с односторонним движением. Его обычный режим — включенный красный сигнал. Детектор, регистрирующий проезд транспортных средств, устанавливается на некотором расстоянии до светофора, и при проезде автомобиля через детектор контроллер переключает сигнал светофора на зеленый, предоставляющий водителю возможность проследовать без остановки, если он движется с установленной или меньшей скоростью. Зарегистрированный детектором факт прибытия в течение зеленой фазы каждого последующего автомобиля удлиняет временной интервал горения зеленого сигнала светофора на определенную величину.

Таким образом, красный сигнал светофора появится только тогда, когда интервал между автомобилями в транспортном потоке, проезжающими через детектор, будет меньше минимального значения зеленого интервала. Если транспортный поток непрерывен, то процедура регулирования режима скорости движения транспортных средств становится неэффективной.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СВЕТОФОРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Соблюдение водителями предписаний светофоров. Для обеспечения эффективной работы светофорной сигнализации необходимо четкое выполнение ее указаний. Законодательством должны быть установлены требования к водителям и пешеходам, обязательные для выполнения, а также меры наказания за невыполнение этих требований.

Контроль за соблюдением требований законодательства должен возлагаться на органы полиции.

Светофорные объекты необходимо устанавливать только после получения разрешения соответствующих законодательных органов и в соответствии с установленными требованиями, предъявляемыми к их конструкции, способам расположения и техобслуживанию.

Максимальное соблюдение предписаний светофорных объектов достигается в результате унификации их действия и внешнего вида по всей стране; таким образом, самые наилучшие результаты будут обязательно достигнуты, если вышеупомянутые требования будут соответствовать рекомендациям, содержащимся в «Руководстве по унифицированным средствам регулирования движения для улиц и дорог».

Глава 18

РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ И ДРУГИЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЕ СКОРОСТИ ПО ЗОНАМ

Регулирование скорости движения и устанавливаемые пределы максимальной и минимальной скоростей ограничивают свободу действия водителя и не дают ему возможность вести автомобиль с любой скоростью по своему усмотрению. Следовательно, ограничения скорости движения должны вводиться только в тех случаях, когда они будут способствовать улучшению условий или безопасности движения. Если водители будут считать, что конкретные ограничения скорости не оправданы, эти ограничения не будут соблюдаться и поэтому будут неэффективными. С готовностью будет восприниматься только такое регулирование скорости движения, которое осуществляется там, где это необходимо и когда необходимо.

Принципы установки различных дорожных знаков, ограничивающих скорость движения в зависимости от состояния дороги и окружающей среды, требуют тщательного анализа каждого участка автомагистрали для определения того, какой дорожный знак, ограничивающий скорость движения, следует установить на данном участке.

Для автомагистралей значительной протяженности может потребоваться введение ограничений скорости широкого диапазона.

Во многих европейских странах сложилась тенденция вводить ограничения скорости либо только на опасных участках дорог в сельской местности или в городах, либо вводить единые ограничения скорости движения, касающиеся всех автомагистралей определенного вида в данном районе. Практика введения специальных ограничений скорости движения с учетом состояния конкретной дороги является для них относительно новой. В некоторых случаях (например, автомагистраль М-1 в Англии) дороги эксплуатировались и продолжают эксплуатироваться без каких бы то ни было ограничений скорости движения. Как показывает практика в целом, такое отсутствие регулирования скорости движения вообще-то опасно.

По мнению специалистов по организации дорожного движения США водитель ведет автомобиль со скоростью, соответствующей состоянию дороги, которая не обязательно соответствует скорости, предписываемой дорожными знаками. Поэтому если дорожные знаки будут предписывать неоправданное ограничение максимальной скорости движения, они будут нарушаться большим числом водителей. Это приведет к несоблюдению и других ограничений, предписываемых дорожными знаками.

Исследования проблем скорости движения в Европе показали, что почти во всех случаях значительного снижения скорости движения транспортных средств можно достигнуть введением ограничений скорости движения. Практика США указывает на то, что изменение ограничений скорости не приводит к заметному изменению водителями скорости движения. Возможно, одна из причин этого заключается в том, что в Европе это обычно первое введение ограничений скорости, а в Соединенных Штатах это, как правило, изменение уже существующих ограничений скорости.

Превышение скорости часто фигурирует в качестве единственной или одной из главных причин дорожно-транспортных происшествий, на самом же деле причина заключается в слишком высокой скорости для данных дорожных условий.

Статистика показывает, что введение ограничений скорости в городах, как правило, приводит к сокращению числа дорожно-транспортных происшествий с тяжелыми ранениями пострадавших и общей относительной аварийности на определенных участках автомагистралей. Самым заметным общим результатом введения ограничений скорости в городах нескольких европейских стран явилось сокращение числа дорожно-транспортных происшествий с человеческими жертвами.

Число дорожно-транспортных происшествий с легкими ранениями пострадавших или с причинением только материального ущерба сократилось сравнительно мало. В результате исследования, проведенного в Англии (на 40 дорожных участках), где максимальная скорость движения была увеличена с 48 до 64 км/ч, выяснилось, что число дорожно-транспортных происшествий на этих участках сократилось приблизительно на 20%; 85%-ная скорость снизилась на 20 из 40 участков и увеличилась на восьми.

На рис. 18.1 показана зависимость относительной аварийности от скорости движения на автомагистралях в сельской местности (без учета скоростных автомагистралей с полным ограничением въезда). Самая высокая относительная аварийность наблюдается при очень малых скоростях движения, самая низкая — при скорости, приближающейся к средней, а при очень высоких скоростях относительная аварийность вновь увеличивается. Главный вывод состоит в том, что чем больше водитель отклоняется от средней скорости движения потока транспортных средств, тем больше вероятность того, что его автомобиль будет вовлечен в дорожно-транспортное происшествие.

В городах Англии, где ограничение максимальной скорости в 48 км/ч соблюдалось в недостаточной мере, не произошло значительных изменений в отношении числа дорожно-транспортных происшествий после увеличения максимальной скорости до 64 км/ч.

Скорость, обеспечивающая безопасность движения, зависит от многочисленных условий, а также от конкретной ситуации.

Если на данном участке дороги данное ограничение скорости транспортных средств обеспечивает безопасность движения, то на другом участке это же ограничение может не обеспечивать ее; на одном и том же участке дороги в определенной ситуации данный предел скорости может обеспечивать безопасность движения, а в другой ситуации нет.

Скорость, обеспечивающую безопасность движения, можно рекомендовать водителям на участках дороги небольшой протяженности установкой табличек с указанием ее определенного значения. Такие таблички часто устанавливаются вместе с дорожными знаками, предупреждающими об опасном повороте дороги (о которых речь пойдет дальше). Таблички с указанием значения рекомендуемой скорости движения устанавливают также перед перекрестками с ограниченной видимостью, перед участками дороги с плохим покрытием и в подобных опасных дорожных условиях.

Повышенная скорость движения относительно менее опасна на хорошо оборудованных дорогах — на дорогах с широкими полосами движения, с достаточным расстоянием видимости, без крутых поворотов, съездов и перекрестков, со свободными от помех обочинами, т. е. на дорогах, обеспечивающих такие условия движения, которые существуют на скоростных автомагистралях с полным ограничением въезда. В табл. 18.1 со-

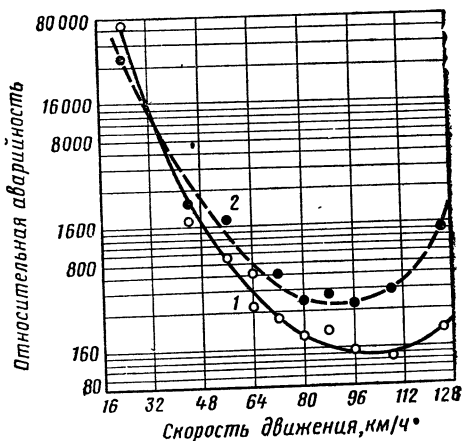


Рис. 18.1. Относительная аварийность в зависимости от скорости движения днем 1 и в темное время 2 суток.

Примечание Термин «относительная аварийность» означает число транспортных средств, вовлеченных в дорожно-транспортные происшествия, на 100 млн. авт-км пробега

**Средняя скорость движения транспортных средств
в зависимости от вида автомагистрали (1971 г. США)**

Автомагистрали	Средняя скорость, миль/ч			
	всех транспортных средств	легковых автомобилей	грузовых автомобилей	автобусов
В сельской местности	60,6	62,0	56,1	60,2
Междуштатные в сельской местности	64,7	66,3	59,4	64,5
Основные в сельской местности	57,7	58,9	54,0	57,5
Междуштатные в городах	56	57,2	52,6	55,7

держатся данные о средней скорости различных транспортных средств в зависимости от вида автомагистрали в США. Важным фактором, определяющим безопасность движения с определенной скоростью, является также состояние покрытия дороги, особенно, если техническая характеристика покрытия такова, что при выпадении атмосферных осадков отдельные участки дороги становятся более скользкими, чем другие.

Безопасность движения с определенной скоростью в значительной степени зависит также от того, проходит ли данный участок дороги по территории города или находится в сельской местности.

Скорость движения транспортных средств, обеспечивающая безопасность движения по городским улицам, обычно намного ниже, чем скорость движения транспортных средств на автомагистралях, проходящих в сельской местности, так как в городах движение транспортных средств затруднено из-за наличия жилых домов, магазинов, промышленных предприятий и сооружений других типов, а также из-за большого количества помех движению от препятствий, расположенных за кромкой проезжей части.

Погода также является важным фактором, определяющим безопасность движения с определенной скоростью. Наибольшее влияние на безопасность движения оказывает наличие снега или льда на дорожном покрытии. Дождь и туман такого значения не имеют.

Данные, собранные выборочным путем на различных участках скоростных автомагистралей с полным ограничением въезда и с разделительной полосой в условиях движения днем и в темное время суток, указывают на то, что значение тумана для дорожного движения невелико: скорость из-за тумана в среднем снижается на 8—13 км/ч. Чрезвычайно густой туман вызывает резкое снижение скорости движения транспортных средств. Такого влияния на режим движения транспортных средств не имеет даже проливной дождь, поскольку сокращение расстояния видимости во время ливня невелико. Однако бывают случаи, когда из-за проливного дождя водители съезжают с проезжей части и останавливаются, ссылаясь на неблагоприятные условия движения.

Виды ограничений скорости. Ограничения скорости делятся на два основных вида: установленные ограничения, которые имеют силу закона и соблюдение которых контролируется, и рекомендуемые ограничения, нарушение которых не влечет за собой ответственности по дорожному законодательству, но при помощи которых водители информируются о величине скорости, обеспечивающей безопасность движения в данных условиях и на данном участке дороги.

Установленные ограничения. Регулирование скорости можно классифицировать следующим образом: регулирование, устанавливаемое законодательным органом штата и применяемое на всей территории штата и во всех его административно-территориальных единицах; регулирование скорости, устанавливаемое в административном порядке для определенных участков дорог.

В каждом штате в той или иной форме имеется основополагающее правило, которое в принципе определяет максимальную безопасную скорость. В общих чертах основополагающее правило гласит: «Водитель не имеет права вести транспортное средство со скоростью, превышающей скорость, которая является правильно и предусмотрительно выбранной в данных условиях, и не принимая во внимание фактические и потенциальные опасности, существующие в данной ситуации. В соответствии с этим каждый водитель обязан вести транспортное средство с безопасной и надлежащей скоростью при приближении к перекрестку или железнодорожному переезду и при проезде через перекресток или железнодорожный переезд при приближении к повороту или при осуществлении поворота, при приближении к концу подъема, при движении по узкой или извилистой дороге и при наличии особых помех, создаваемых пешеходами или другим уличным движением, или погодными условиями, или состоянием автомагистрали».

Согласно другому варианту этого определения «водитель не имеет права вести транспортное средство по какой-либо автомагистрали со скоростью, превышающей скорость, обеспечивающую остановку транспортного средства без наезда на препятствие, находящееся впереди этого транспортного средства».

Существуют два принципиально отличающихся друг от друга вида ограничений максимальной скорости: максимальный предел скорости по закону, или абсолютный предел и субъективно определяемый предел. Абсолютный предел означает такой предел скорости, превышение которого водителем является незаконным независимо от состояния дороги, интенсивности движения и других факторов, определяющих движение транспортных средств. Субъективно определяемый предел скорости означает такой предел скорости, превышение которого водителем считается незаконным, но который дает возможность водителю, если ему будет предъявлено обвинение в нарушении правил движения, утверждать, что скорость, с которой он двигался, была безопасной для тех условий, которые существовали на проезжей части в данное время, и что поэтому его нельзя обвинить в превышении скорости. Представители административных властей предпочитают абсолютный предел скорости, поскольку его соблюдение намного легче контролировать.

Единый свод законов по автомобильному транспорту в настоящее время предусматривает следующие ограничения максимальной скорости движения:

48 км/ч в любом городском районе;

97 км/ч на дорогах в сельской местности днем;

89 км/ч на дорогах в сельской местности в темное время суток.

На многих участках дорог устанавливают также знаки, ограничивающие минимальную скорость движения. Ограничение минимальной скорости движения запрещает водителям двигаться с такой малой скоростью, которая мешает движению транспортных средств, за исключением тех случаев, когда снижение скорости необходимо для обеспечения безопасности в соответствии с законом. На скоростных автомагистралях с полным ограничением въезда минимальный предел скорости часто составляет 64 км/ч.

Рекомендуемые ограничения. Нарушение рекомендуемых ограничений скорости движения не влечет за собой ответственности по дорожному законодательству, но при помощи таких ограничений водители информируются о величине скорости, обеспечивающей безопасность движения при данных условиях на автомагистрали. Для этой цели можно использовать таблички с указанием рекомендуемой скорости движения, которые обычно устанавливаются в качестве дополнительной таблички под предупреждающим знаком. Рекомендуемые пределы скорости движения обозначаются величинами, кратными 5 милям в час, или 8 км/ч.

Если водители сочтут, что некоторые повороты дороги, особенно при сухой погоде, можно проезжать с большей скоростью, чем рекомендуемая, у них может появиться склонность превышать рекомендуемый предел скорости на всех поворотах. Поэтому очень важное значение имеет последовательная установка табличек с указанием рекомендуемой скорости движения перед всеми опасными поворотами дороги с тем, чтобы такие водители не ослабили внимание на каком-либо конкретном повороте.

Установленные ограничения скорости движения. Условия регулирования скорости движения. Для того чтобы ограничения скорости движения транспортных средств были целесообразными и оправданными, они должны основываться на достаточном объеме информации, характеризующей условия дорожного движения.

Единый свод законов по автомобильному транспорту требует, чтобы изменение любого ограничения максимальной скорости движения транспортных средств, указанного в Своде законов, было основано на всестороннем исследовании условий дорожного движения.

Аналогичное положение содержится в законах почти всех штатов. Однако ни в законодательных актах штатов, ни в Едином своде законов по автомобильному транспорту нет указания на то, что такое «всестороннее исследование условий дорожного движения». Для сбора необходимых данных следует полагаться на здравый смысл.

Поскольку ограничения скорости, предписываемые установленными знаками, учитывают нормальные условия движения (сухое дорожное покрытие, достаточная видимость, отсутствие на проезжей части «пробок» и последствий дорожно-транспортных происшествий), эти данные необходимо собирать с таким расчетом, чтобы они позволили правильно определить, какая скорость движения транспортных средств при таких условиях могла бы рассматриваться как нормальная максимальная скорость.

При установлении ограничений скорости следует принимать во внимание следующие факторы (наряду с соответствующими собранными данными).

Преобладающие скорости транспортных средств:

- 85%-ная скорость;
- скорость в пределах диапазона ряда распределения, равного 10 миль/ч или 16 км/ч, на который попадает наибольшее количество значений скоростей;
- средняя техническая скорость при экспериментальных поездках по участкам дорог;
- данные о скорости движения транспортных средств на различных участках дороги.

Физические особенности:

- расчетная скорость;
- максимальная безопасная скорость движения на поворотах; среднее расстояние между перекрестками; число придорожных магазинов;

Техническая характеристика и состояние дорожного покрытия:

- наличие на дорожном покрытии скользких участков; наличие на дорожном покрытии неровных участков; наличие поперечных выпуклостей и выбоин; наличие и состояние обочин; наличие и ширина разделительной полосы.

Имевшие место дорожно-транспортные происшествия.

Характеристика дорожного движения и регулирование дорожного движения:

- интенсивность дорожного движения;
- среднее количество автомобилей на стоянке и автомобилей, остановившихся под погрузку или разгрузку;
- состав транспортных потоков;
- интенсивность поворачивающих потоков автомобилей и методы его регулирования;
- наличие светофорного и других средств регулирования движения, которые определяют скорость движения транспортных средств или определяются скоростью движения транспортных средств;
- организация пешеходного движения.

В отчетах об измерении скоростей движения на местах следует указывать, зарегистрирована ли скорость только отдельно движущихся транспортных средств или всех транспортных средств. Водитель отдельно движущегося транспортного средства не стеснен в выборе скорости движения наличием других транспортных средств.

Следует регистрировать скорость движения только тех транспортных средств, которые следуют за транспортными средствами, движущимися впереди, с интервалом по крайней мере в 6—9 с и не предпринимают явных попыток догнать их и совершить обгон.

Главным фактором, обычно принимаемым в расчет специалистами по организации дорожного движения при установлении ограничений скорости, является 85%-ная скорость, определяемая измерением скоростей на местах. Этот метод весьма эффективен на городских улицах и автомагистралях со средней и высокой интенсивностью движения, однако его применение затруднено на дорогах с низкой интенсивностью движения, где для осуществления достаточного числа измерений скорости требуется много времени. В таких случаях удовлетворительной заменой действительного дорожного движения могут служить экспериментальные проезды по участкам.

Принцип установления ограничений скорости. В 1970 г. Комиссия по организации дорожного движения Американской ассоциации дорожных администраторов приняла следующий основополагающий принцип установления ограничения скорости:

«Для скорости — до 80 км/ч должна приниматься в расчет 85%-ная скорость транспортного потока, а свыше 80 км/ч в расчет принимается 90%-ная скорость. Для достижения оптимальной безопасности движения желательно обеспечить распределение скоростей на дороге с индексом отклонения, приближающимся к единому показателю».

Установка знаков ограничения скорости движения. Знаки ограничения скорости движения устанавливаются с различными интервалами в зависимости от вида автомагистрали и ее общего местонахождения. В городах эти знаки обычно устанавливаются с интервалами, не превышающими 0,5 мили (или 0,8 км), если ограничение максимальной скорости составляет не более 64 км/ч. На скоростных автомагистралях с полным ограничением въезда и в сельской местности частота установки знаков варьируется в значительной степени и интервалы между знаками обычно составляют от 1,5 до 8 км.

Определение рекомендуемых ограничений скорости. Существуют два принципиально отличающиеся друг от друга метода определения рекомендуемых ограничений скорости на горизонтальных кривых: экспериментальное определение максимальной безопасной скорости с помощью ходовых лабораторий и теоретический расчет.

Оба метода эффективны, но в любом случае желательно, чтобы теоретические расчеты проверялись экспериментами.

Экспериментальный метод предусматривает использование транспортного средства, оборудованного креномером, показывающим общий угол крена кузова, угол действия центробежной силы и угол виража дороги. При безопасных скоростях движения по кривой креномер показывает 14° при скорости до 32 км/ч, 12° при скорости от 32 до 56 км/ч и 10° при скорости более 56 км/ч. Угол крена в 10° безопасен также при скорости 80 км/ч и даже 96 км/ч, но при более высоких скоростях показание креномера должно быть меньшим.

При использовании метода теоретического расчета для определения рекомендуемой скорости движения по кривой последняя вычисляется по следующей формуле:

$$v = \sqrt{127(e \pm f) R},$$

где v — рекомендуемая скорость движения транспортного средства; e — поперечный уклон дороги; f — коэффициент поперечной силы трения; R — радиус кривой, м.

При помощи этой формулы рассчитывают рекомендуемую скорость движения на повороте. На табличке, устанавливаемой перед поворотом дороги, результат указывают с округлением до величины, кратной 8 км/ч (или 5 миль/ч).

В табл. 18.2 содержатся результаты расчетов минимального радиуса и максимальной кривизны при заданных величинах e и f .

Может возникнуть необходимость изменения определенных с помощью этих методов безопасных скоростей. Например, необходимость обеспечить расстояние видимости на повороте, достаточное для безопасной остановки может потребовать большего ограничения скорости, чем этого требует кривизна дуги самого поворота. В таком случае на табличке целесообразно указать меньшую рекомендуемую скорость.

Ограничения скорости движения в темное время суток. По крайней мере 17 штатов в США устанавливают большие ограничения максим-

Вычисление максимальной кривизны и минимального радиуса при данных величинах e и f

Расчетная скорость, км/ч	Максимальная величина		Сумма ($e+f$)	Минимальный радиус, м	Максимальная кривизна дуги, рад	Округленная максимальная кривизна дуги, рад
	e	f				
48	0,06	0,16	0,22	273	21,0	21,0
64	0,06	0,15	0,21	508	11,3	11,5
80	0,06	0,14	0,20	833	6,9	7,0
96	0,06	0,13	0,19	1263	4,5	4,5
104	0,06	0,13	0,19	1483	3,9	4,0
112	0,06	0,12	0,18	1815	3,2	3,0
120	0,06	0,11	0,17	2206	2,6	2,5
128	0,06	0,11	0,17	2510	2,3	2,5
48	0,08	0,16	0,24	250	22,9	23,0
64	0,08	0,15	0,23	464	12,4	12,5
80	0,08	0,14	0,22	758	7,6	7,5
96	0,08	0,13	0,21	1143	5,0	5,0
104	0,08	0,13	0,21	1341	4,3	4,5
112	0,08	0,12	0,20	1633	3,5	3,5
120	0,08	0,11	0,19	1974	2,9	3,0
122	0,08	0,11	0,19	2246	2,5	2,5
48	0,10	0,16	0,26	231	24,8	25,0
64	0,10	0,15	0,25	427	13,4	13,5
80	0,10	0,14	0,24	694	8,3	8,5
96	0,10	0,13	0,23	1043	5,5	5,5
104	0,10	0,13	0,23	1225	4,7	4,5
112	0,10	0,12	0,22	1485	3,9	4,0
120	0,10	0,11	0,21	1786	3,2	3,0
128	0,10	0,11	0,21	2032	2,8	3,0
48	0,12	0,16	0,28	214	26,7	26,5
64	0,12	0,15	0,27	395	14,5	14,5
80	0,12	0,14	0,26	641	8,9	9,0
96	0,12	0,13	0,25	960	6,0	6,0
104	0,12	0,13	0,25	1127	5,1	5,0
112	0,10	0,12	0,24	1361	4,2	4,0
120	0,12	0,11	0,23	1630	3,5	3,5
128	0,12	0,11	0,23	1855	3,1	3,0

мальной скорости в темное время суток. Например, если днем ограничение скорости на данном участке дороги составляет 96 км/ч, то в темное время суток на этом же участке ограничение может составлять 80 км/ч. Очевидно, это связано с сокращением расстояния видимости после захода солнца.

В распоряжении специалиста по организации дорожного движения нет никаких конкретных критериев целесообразности дополнительного ограничения скорости в темное время суток. В Соединенных Штатах нет единообразия в применении таких ограничений. Обычно это дело практики.

Ограничение скорости в зависимости от типа транспортного средства. В некоторых штатах установлены различные ограничения для транспортных средств различных типов.

Обычно различные ограничения предусматриваются для легковых автомобилей, грузовых автомобилей и автобусов. В некоторых штатах также предусмотрено установление более строгих ограничений скорости движения для буксируемых транспортных средств, таких, как прицепы, аварийные автомобили или спортивные автомобили.

**Ограничение скорости движения на участках дорог,
расположенных около школ**

Штаты и города	Процент штатов и городов, где установлены ограничения скорости на участках дорог у школ мили/ч					
	15	20	25	30	Иное ¹	Всего
Штаты	42	15	12	0	31	100
Города с населением свыше 100 тыс. чел.	30	31	27	2	10	100
Города с населением 100 тыс. чел.	50—	26	27	36	1	100
Города с населением 50 тыс. чел.	25—	33	33	24	3	100

¹ Ограничения скорости на участках дорог около школ либо не установлены, либо не определены.

76% штатов устанавливают различные ограничения для легковых и грузовых автомобилей. Такие различия чаще имеются на автомагистралях в сельской местности и реже на скоростных автомагистралях с полным ограничением въезда, а также на городских улицах. Преимущество дифференцированного ограничения скорости в том, что технические характеристики (например, тормозной путь) тяжелых транспортных средств уступают аналогичным характеристикам легковых автомобилей с точки зрения безопасности движения. С другой стороны, недостатком различного ограничения скорости является существенная разность в скорости движения различных категорий транспортных средств, что создает опасные условия для движения (см. рис. 18.1). Очевидно, такие различия в скорости нежелательны.

Ограничение скорости при неблагоприятных погодных условиях. Основное правило выбора режима движения заключается в том, чтобы водитель регулировал скорость в зависимости от конкретных дорожных условий. Таким образом, основная ответственность за скорость движения при неблагоприятных погодных условиях лежит на водителе. Тем не менее согласно законодательству некоторых штатов считается желательным для безопасности вводить более строгие ограничения скорости на некоторых участках дорог при неблагоприятных погодных условиях при помощи объемных дорожных знаков (с внутренней подсветкой). Обычно это практикуется только на скоростных автомагистралях с полным ограничением въезда и с разделительной полосой.

Ограничение скорости по полосам движения на скоростных автомагистралях. Чтобы улучшить условия движения и повысить безопасность дорожного движения, иногда устанавливают различные ограничения скорости для различных полос движения на автомагистралях, главным образом на скоростных автомагистралях с полным ограничением въезда и с разделительной полосой. Как правило, установление более высоких скоростей практикуется на полосах движения, расположенных ближе к разделительной полосе.

Введение различных ограничений скорости для различных полос движения в основном не имеет никакого эффекта в часы пик, а в другое время суток имеет незначительный положительный эффект.

В одном из тоннелей в г. Аалборге (Дания) установлены объемные дорожные знаки, предписывающие различную скорость для различных полос движения. Знаки, ограничивающие скорость движения, обычно не устанавливаются ни в тоннелях, ни перед тоннелями, однако объемные дорожные знаки могут применяться в особых случаях, например когда одна из полос движения блокирована аварийным автомобилем.

Школы. С 1934 г. ни Единый свод законов по автомобильному транспорту, ни Примерный автодорожный закон не содержат положений, касающихся регули-

рования скорости движения транспортных средств по участкам дорог, расположенных около школ. Однако конкретные ограничения скорости на таких участках дорог упоминаются в сводах законов по крайней мере в 11 штатах и, судя по данным, приведенным в табл. 18.3, могут появиться в сводах законов многих других штатов.

К числу наиболее важных факторов, определяющих скорость движения транспортных средств на участках дорог, расположенных около школ, относятся ограничение скорости при приближении к школе, расстояние от здания школы до кромки проезжей части, интенсивность движения и длина участка дороги, расположенного около школы.

КОНТРОЛЬ ЗА СОБЛЮЖДЕНИЕМ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ

Контроль за соблюдением скоростного режима движения осуществляется различными методами. Методы контроля предусматривают использование в основном электронных приборов, например радарной установки. Самым старым методом является преследование нарушителя на автомобиле. Самый передовой метод — наблюдение за дорожным движением с вертолета. Последний предусматривает наблюдение за участком дороги определенной протяженности и вычисление скорости движения транспортных средств на основании времени проезда этого участка транспортными средствами.

Реакция водителей на дорожные знаки, ограничивающие скорость движения, определяется многими факторами. К ним относятся целесообразность ограничения скорости, степень контроля за его соблюдением на данном участке дороги, а также допуски превышения скоростей, разрешаемые представителями административных органов, прежде чем принять решение о задержании нарушителя. Степень контроля бывает весьма различной на различных участках дорог. Некоторые участки известны строгостью контроля за соблюдением ограничений скорости, и на этих участках водители более четко соблюдают ограничения скорости, чем на тех участках, где контроль ослаблен. Из-за таких различий в степени контроля некоторые участки дорог получили название «скоростные ловушки». Так называются участки, где контроль за соблюдением скоростного режима движения чрезвычайно строг. В большинстве случаев желательно, чтобы контроль за соблюдением ограничений скорости был строгим, т. е. четким, поэтому название «скоростная ловушка» следует употреблять лишь в отношении тех участков дорог, где строгий контроль сочетается с неоправданным ограничением максимальной скорости. Различие в допусках превышения установленного ограничения скорости — проблема относительная. Нарушителей не задерживают иногда до тех пор, пока установленное ограничение скорости движения не будет превышено на 24 км/ч (15 миль/ч). Водитель, незнакомый с местной практикой контроля, не знает, какие допуски превышения скорости могут быть разрешены.

Тщательное исследование влияния различной степени контроля скорости на число дорожно-транспортных происшествий и на скорость движения показало, что хотя различия в скорости движения между экспериментальным и контрольным маршрутами, а также в процентном отношении в числе водителей, превышающих разрешенную скорость движения, невелико, значительно уменьшается расхождение в скоростях движения различных транспортных средств, что прямо связано со степенью контроля за соблюдением ограничений скорости. Однако это никак не отражается на числе дорожно-транспортных происшествий.

ОРГАНИЗАЦИЯ ОДНОСТОРОННЕГО ДВИЖЕНИЯ

Улицы и автомагистрали первоначально предназначались и использовались для двустороннего движения. С увеличением интенсивности транспортных потоков, особенно в городах, для более эффективной эксплуатации существующих улиц достаточно широко используются методы организации движения по сети улиц с односторонним направлением движения.

Поскольку по улице с односторонним движением транспортные средства могут двигаться только в одном направлении, это направление обычно противополо-

ложно направлению потока транспортных средств на соседней улице с односторонним движением. Такие две улицы обычно расположены параллельно друг другу и как можно ближе друг к другу для лучшей ориентации водителей и снижения задержек движения потоков транспортных средств. Система двух улиц с односторонним движением напоминает автомагистраль с двусторонним движением и широкой разделительной полосой, представляющей собой квартал или ряд кварталов, находящихся между двумя параллельными улицами с односторонним движением.

Улицы с односторонним движением разделяются на три основных вида:

улица, движение по которой всегда осуществляется в одном направлении;

улица, направление движения по которой время от времени изменяется на противоположное;

улица, движение по которой обычно осуществляется в двух направлениях, но которая в часы пик используется как улица с односторонним движением, как правило, в направлении преобладающего потока автомобилей. Например, в утренние часы пик такая улица может использоваться как улица с односторонним движением в одном направлении, в вечерние часы пик — в противоположном направлении, а в остальное время суток — в обоих направлениях.

Преимущества и недостатки метода организации одностороннего движения. Одностороннее движение на улицах обычно вводят, чтобы предотвратить образование «пробок», увеличить пропускную способность существующих улиц с двусторонним движением, повысить безопасность движения и улучшить условия движения в целом.

На улицах с односторонним движением повороты налево не затруднены встречным потоком автомобилей, как это происходит на улицах с двусторонним движением, и таким образом значительно сокращаются задержки на перекрестках. Кроме того, полностью используется ширина улицы при нечетном числе полос движения. Если на улице с двусторонним движением ввести одностороннее движение, ее пропускная способность может увеличиться на 20—50%, причем чем уже улица, тем больше эффект (см. гл. 8).

Благодаря увеличению пропускной способности с односторонним движением появляется возможность разрешить стоянку автомобилей на тех улицах, на которых пришлось бы запретить стоянку при двустороннем движении.

На улицах с односторонним движением уровень безопасности движения, как правило, выше, поскольку условия движения на этих улицах такие же, как на автомагистралях с разделительной полосой. На таких улицах меньше очереди транспортных средств перед светофором. Это создает достаточные интервалы в потоке автомобилей и обеспечивает большую безопасность для пересекающих потоков автомобилей и пешеходов. Кроме того, водителям и пешеходам, пересекающим улицу с односторонним движением, приходится смотреть лишь в одну сторону.

Светофоры должны устанавливаться таким образом, чтобы пешеходам, переходящим улицу с односторонним движением, было ясно, при каком световом сигнале им обеспечен безопасный переход улицы.

Введение одностороннего движения приводит к сокращению общего числа дорожно-транспортных происшествий на 10—50%. Число мелких дорожно-транспортных происшествий может увеличиваться в результате неправильных действий водителей при въезде на стоянку или в результате нарушения ими рядности движения при повороте. Участки, соединяющие между собой улицы с односторонним и двусторонним движением, часто создают проблемы для водителей и требуют особого регулирования движения. Результаты введения одностороннего движения на нескольких улицах в Лондоне, показанные на табл. 18.4, являются типичными для других городов. В целом, несмотря на небольшое увеличение интенсивности движения по улице, время проезда по ней сокращается на 10—50%, а число дорожно-транспортных происшествий — на 10—40%.

Вместе с тем метод организации одностороннего движения имеет следующие недостатки:

увеличивается протяженность поездки (перепробег);

возникают трудности в ориентации, особенно если две улицы с односторонним движением находятся на удалении друг от друга и отсутствует четкая разметка проезжей части и ясные указания светофоров;

возможно ухудшение условий движения на пересекающих улицах (этот фактор следует принять во внимание до введения одностороннего движения);

автомобилям оперативных государственных служб, например таким, как пожарные автомобили, возможно, придется проделывать более длинный путь до места назначения. Однако эту проблему можно частично решить установкой таких светофоров, которые при необходимости могут задерживать транспортные средства на ближайшем перекрестке, предоставляя таким образом автомобилям оперативной государственной службы возможность двигаться против потока движения.

За последние годы число и общая протяженность улиц с односторонним движением увеличились. Так, за 10 лет общая протяженность улиц с односторонним движением в 32 городах Европы увеличилась с 225 до 575 км.

Критерии введения одностороннего движения. За некоторыми исключениями на улицах с двусторонним движением следует вводить одностороннее движение в тех случаях, когда:

есть доказательства того, что в этом случае будет решена какая-то конкретная проблема дорожного движения;

введение одностороннего движения является более целесообразным, чем альтернативное решение;

имеются параллельные улицы с соответствующей пропускной способностью, желательны отдаленные друг от друга не более чем на один квартал;

есть возможность обеспечить в конечных пунктах таких улиц безопасный переход от одностороннего к двустороннему движению;

обеспечивается организация беспрепятственного движения общественного транспорта;

такие улицы хорошо вписываются в генеральный план автомагистралей города;

в результате тщательного исследования выясняется, что в целом преимущества, ожидаемые от введения одностороннего движения, значительно преобладают над недостатками.

Введение одностороннего движения оправдано, если это обеспечит:

сокращение задержек на перекрестках из-за конфликтных поворотных транспортных потоков и пешеходов;

Таблица 18.4

Изменение числа дорожно-транспортных происшествий и условий движения на улицах после введения одностороннего движения (г. Лондон, Англия)

Улицы	Изменение интенсивности движения, % (в среднем в будние дни)			Время проезда по улице (изменение), %				Число дорожно-транспортных происшествий, % (изменение)	
	Протяженность улиц, км	Число транспортных средств	Авт/км	в обоих направлениях, помимо часов пик		в обоих направлениях в вечерние часы пик		связанных с ранениями пострадавших	связанных с наездами на пешеходов
Тоттенхэмроуд ¹	9,4	+ 4	+ 8	-19	-34	-43	-14	-21	-33
Бейкер стрит ¹	3,7	+ 2	+ 3	-48	-35	-65	-55	+4	-8
Эрлз роуд ²	11,3	+10	+12	-33	-15	-27	-16	-27	-18
Кингс-экс ¹	4,5	- 2	+18	-28	0	-27	+40	-33	-40
Бонд стрит ²	2,3	+ 9	+14	-26	-38	-15	-38	0	0
Пиккадилли ¹	2,3	- 4	0	-19	-12	-5	-12	-14	-38

¹ Шесть месяцев до и после введения одностороннего движения.

² Три месяца до и после введения одностороннего движения

возможность увеличения пропускной способности благодаря более целесообразному использованию существующих полос движения или появлению фактически дополнительной полосы движения.

Введение одностороннего движения оправдано, если безопасность пешеходов и дорожного движения будет значительно увеличена благодаря:

сокращению числа конфликтных ситуаций «автомобиль — пешеход»; предотвращению ситуаций, в которых пешеходы оказываются в «ловушке» между противоположными потоками движения;

более эффективному расположению и режиму работы светофоров, что способствует улучшению условий движения;

увеличению поля зрения водителей при приближении к перекрестку.

Введение одностороннего движения оправдано, если условия движения будут существенно улучшены благодаря:

сокращению времени проезда по улице;

улучшению работы общественного транспорта в результате того, что маршруты общественного транспорта не будут предусматривать развороты (движение в начале маршрута по одной улице, возвращение по другой);

возможности осуществления поворота более чем из одного ряда движения и на большем числе перекрестков, чем при двустороннем движении;

перераспределению потоков движения для предотвращения образования «пробок» на соседних улицах;

облегчению условий движения регулировкой сигналов светофоров благодаря: различной продолжительности горения зеленого сигнала для обеспечения равномерного движения транспортных средств; увеличению пропускной способности улиц из-за использования боковых проездов; разгрузки сложных пересечений или перекрестков введением одностороннего движения на второстепенных улицах.

Введение одностороннего движения экономически оправдано, если будет реализовано:

увеличение пропускной способности в соответствии с потребностями дорожного движения на длительный период времени без крупных капитальных затрат; поэтапное осуществление генерального плана развития дорожного движения в городе;

быстрое решение проблем организации движения при незначительных затратах;

сохранение тротуаров, зеленых насаждений и других ценных элементов улиц, которые пришлось бы ликвидировать при расширении улицы с двусторонним движением.

Планирование введения одностороннего движения. Планирование введения одностороннего движения следует начинать до серьезной перегрузки существующего режима уличного движения. Объем работ по планированию нового режима движения в значительной степени зависит от масштабов и сложности будущей системы улиц с односторонним движением. При этом обычно решаются следующие вопросы:

1. Позволяет ли планировка улиц ввести на практике одностороннее движение на двух или более параллельных улицах?

2. Как отразится предполагаемое введение одностороннего движения на работе общественного транспорта?

3. Достаточно ли ширина улиц и есть ли необходимость в запрещении стоянки транспортных средств на некоторых участках для обеспечения достаточной ширины проезжей части для потока автомобилей?

4. Какие изменения необходимо предпринять в отношении дорожных знаков, разметки, светофоров и других средств регулирования дорожного движения?

5. Находятся ли поблизости автомагистрали, которые необходимо принять в расчет?

6. Расположены ли на рассматриваемых улицах предприятия, учреждения или другие организации, вызывающие повышение интенсивности движения, и как отразится на их работе введение одностороннего движения?

7. Позволяют ли конечные пункты улиц, на которых предполагается ввести одностороннее движение, организовать переход к улицам с двусторонним движением, не затрудняя условия движения?

После разработки мероприятий по проектированию системы улиц с односторонним движением определяется дата введения одностороннего движения. Желательно, чтобы она совпала с воскресеньем или другим днем пониженной интенсивности движения.

Кроме того следует:

пересмотреть ограничения стоянки и, если это необходимо, скорости движения;

пересмотреть схемы расстановки всех средств регулирования движения, включая дорожную разметку, режим работы светофоров и расположение остановок общественного транспорта;

обеспечить надлежащий контроль за соблюдением нового режима движения, особенно в первые дни после его вступления в силу;

сообщить о предстоящем нововведении в режиме движения в городе всеми средствами информации.

Проектирование системы улиц с односторонним движением. Системы улиц с односторонним движением, вероятно, отличаются друг от друга в деталях; однако при проектировании конкретной системы необходимо принимать во внимание определенные основные условия.

1. Пропускная способность улиц, движение по которым осуществляется в одном направлении, должна быть приблизительно равной пропускной способности улиц, движение по которым осуществляется в противоположном направлении. Если это невозможно, то улица с меньшей пропускной способностью должна по крайней мере отвечать требованиям потока движения в настоящее время и, желательно, в течение хотя бы нескольких лет в будущем.

2. Желательно, чтобы две параллельные улицы с односторонним движением были соседними улицами (хотя такие улицы удовлетворительно эксплуатируются и в тех случаях, когда между ними находятся другие параллельные улицы).

Планировка улично-дорожной сети определяет решение проблемы конечных пунктов, например, когда две улицы сливаются в одну в форме буквы У. Но в большинстве случаев система двух параллельных улиц заканчивается типичным перекрестком с четырьмя направлениями движения. В случае когда система улиц с односторонним движением могла бы на первый взгляд окончиться на пересечении с автомагистралью, обычно бывает более целесообразным продлить систему на один квартал за этой магистралью. Это в первую очередь касается той улицы, движение транспортных средств по которой осуществляется в направлении пересекающей автомагистрали,

РЕВЕРСИВНЫЕ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ И ДОРОГИ

В часы пик на городских автомагистралях поток автомобилей, движущийся в одном из двух направлений, как правило, гораздо больше, чем встречный. По этой причине пропускная способность автомагистрали не используется полностью. Лучшему использованию таких улиц способствует организация реверсивных полос движения.

Реверсивные полосы движения предусматривают использование одной или более полос для движения в одном направлении в определенное время суток и в противоположном направлении в другое время суток. Например, на дороге с тремя полосами движения средняя полоса обычно используется для движения автомобилей, следующих в одном из противоположных направлений, водители которых намереваются осуществить левый поворот, а в часы пик она используется для движения только в одном направлении, а именно, в направлении движения преобладающего потока автомобилей. Очевидно, что использование реверсивных полос движения имеет целью обеспечить дополнительную полосу или дополнительные полосы для движения в направлении преобладающего потока автомобилей. Все чаще и чаще практикуется введение в часы пик движения в одном направлении по всей ширине улицы, так что на время часов пик улица с двусторонним движением превращается в улицу с односторонним движением.

В конце 1971 г. в г. Бирмингеме (Англия) открылось движение по новой автомагистрали с семью полосами движения, оборудованной светофорами, которые

в часы пик могут разрешать движение по пяти полосам в одном направлении и по двум полосам в противоположном. Одним из ярких примеров использования нескольких реверсивных полос движения в США является улица Аутер драйв в Чикаго, восемь полос движения которой при необходимости распределяются по противоположным направлениям в соотношении 6 : 2.

Критерии необходимости применения реверсивных полос движения. Определенные критерии использования реверсивных полос движения отсутствуют; однако сама идея преследует цель обеспечить, используя либо одну, либо несколько полос движения, либо всю ширину улицы, соответствующую пропускную способность для преобладающего потока автомобилей. При этом необходимо обеспечить соответствующую пропускную способность и для встречного направления.

Преимущества и недостатки. Использование реверсивных полос движения, несомненно, представляет собой один из самых эффективных методов увеличения пропускной способности существующих улиц в часы пик. При минимуме капитальных затрат он позволяет использовать избыточную пропускную способность для слабого потока автомобилей путем предоставления одной или более полос движению в противоположном направлении — в направлении преобладающего потока автомобилей. Результат — лучшее использование всех полос движения. Эта система особенно эффективна на мостах и в тоннелях, где затраты на реконструкцию с целью увеличения пропускной способности были бы очень велики, если бы реконструкция и оказалась вообще возможной.

Недостатки системы состоят в следующем:

в часы пик может быть уменьшена пропускная способность улицы для более слабого потока автомобилей;

в конечных пунктах реверсивных полос зачастую возникают проблемы регулирования движения;

поведение водителей может потребовать усиления контроля за соблюдением режима движения.

Целесообразность системы. При определении целесообразности использования системы реверсивных полос движения следует принимать во внимание несколько факторов.

Состояние перегруженности улицы. Улица или автомагистраль считается перегруженной, если средняя скорость движения транспортных средств по ней на определенных участках снижается по крайней мере на 25% по сравнению со скоростью движения на других участках или если перед регулируемым перекрестком образуются значительные очереди автомобилей и при этом большинство водителей пропускает один или более зеленых сигналов светофора прежде чем сможет пересечь перекресток. При таких условиях пропускная способность улицы явно не соответствует интенсивности движения.

Периодичность состояния перегруженности улиц. Состояние перегруженности улиц должно быть периодическим и предсказуемым, поскольку направление движения по реверсивным полосам обычно изменяется в определенное время суток.

Соотношение интенсивности встречных потоков. Соотношение интенсивности движения между преобладающим и противоположным ему потоками автомобилей должно быть по крайней мере 2 : 1 или лучше 3 : 1.

Пропускная способность в конечных пунктах системы. Пропускная способность в конечных пунктах системы реверсивных полос движения должна быть достаточной для обеспечения движения транспортных средств по участкам улиц, находящимся между участками с обычным и реверсивным движением. В противном случае введение системы реверсивных полос движения может лишь усугубить проблемы дорожного движения.

Отсутствие альтернативы. Рамки генерального плана улиц исключают возможность расширения существующей проезжей части или строительства автомагистрали.

После признания необходимости и возможности использования реверсивных полос движения необходимо избрать средства обозначения полос проезжей части, направление движения по которым будет изменяться на противоположное. Применяются следующие технические средства: специальные светофоры, размещенные над каждой полосой движения; дорожные знаки, информирующие водителей об изменениях в режиме движения и о том, в какое время эти изменения имеют

место; различные физические барьеры, такие, как переносные конусы, временные дорожные знаки и передвижные разделительные полосы.

Главным образом реверсивные полосы движения вводятся на существующих улицах и дорогах. Но они могут также предусматриваться и в проектах новых автомагистралей, как это имело место, например, в проекте автомагистрали Нортвест-Фривэй в г. Чикаго. Применение реверсивных полос движения на старых автомагистралях затруднено ввиду того, что такие дороги в большинстве случаев оборудованы стационарными разделительными полосами. Однако даже на этих автомагистралях можно ввести реверсивные полосы движения, если построить на определенных участках переезды через разделительную полосу и соответствующим образом использовать средства регулирования дорожного движения.

СПЕЦИАЛЬНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ

Одним из средств улучшения условий движения является организация раздельного проезда различных категорий транспортных средств, составляющих транспортный поток. При этом используется несколько методов:

выделение специальных маршрутов движения для грузовиков, особенно в городах;

выделение специальных полос движения для проезда только общественного транспорта;

общая организация дорожного движения в особых случаях, например во время проведения парадов, спортивных соревнований и других мероприятий, вызывающих значительное увеличение интенсивности движения.

Маршруты грузовых автомобилей. Участие грузовых автомобилей в движении по перегруженным улицам может усугубить и без того трудные и серьезные проблемы дорожного движения. Решению этих проблем может способствовать выделение маршрутов движения грузовых автомобилей в объезд перегруженных центральных районов города. Водители грузовых автомобилей и сами стремятся объезжать центры, опасаясь попасть в «пробку». Следовательно, желательно организовать обозначенный дорожными знаками маршрут движения грузовых автомобилей через менее загруженные районы города или организовать движение вообще в объезд города.

При прокладке маршрута движения грузовых автомобилей следует принимать во внимание несколько факторов:

выбор районов города, через которые будет проходить будущий маршрут для грузовых автомобилей. Нежелательно прокладывать такой маршрут через жилые кварталы, если его можно проложить через район товарных складов или промышленных предприятий;

конкретные нужды организаций, осуществляющих грузовые автомобильные перевозки, и промышленных предприятий, пользующихся их услугами;

ширину улиц, наличие стоянок, число поворотов, радиус кривой при повороте на перекрестках и другие факторы, имеющие значение для движения грузовых автомобилей по намеченному маршруту, а также проблемы, которые могут быть созданы грузовыми автомобилями на узких улицах.

Все проложенные маршруты движения грузовых автомобилей должны быть четко размечены, с тем чтобы их можно было отличить от улиц с обычными дорожными знаками, предназначенных для движения других транспортных средств.

Полосы движения, предназначенные исключительно для автобусов, и автобусные дороги. Одним из средств увеличения скорости движения автобусов является выделение полосы исключительно для их движения. Вследствие этого происходит сокращение времени проезда автобусов по сравнению с легковыми автомобилями, что побуждает их владельцев пользоваться автобусами.

Как правило, выделение полос движения исключительно для автобусов оправдано только в крупных городах или в пригородных районах с высокой интенсивностью движения на конкретной автомагистрали, где существует возможность заставить большое число граждан пересечь из легковых автомобилей в автобусы.

Целесообразность выделения полосы движения исключительно для автобусов. Выделение полосы движения исключительно для автобусов на скоростных авто-

магистралах; и улицах оправдано в том случае, если по ней будет перевозиться большее число пассажиров, чем при обычных условиях. Проблемы автобусных остановок и их решение рассматриваются в гл. 15 «Стоянка, остановки и конечные пункты маршрутов».

Следует осуществить анализ пропускной способности данной полосы движения с точки зрения числа проезжающих по ней транспортных средств и на основе данных о числе пассажиров в каждом транспортном средстве вычислить ее провозную способность, т. е. число пассажиров, перевозимых в течение часов пик. Необходимо проявлять осторожность при подборе данных о числе пассажиров в каждом транспортном средстве, поскольку эти данные могут быть весьма различными в зависимости от времени суток. В часы пик среднее число пассажиров на один легковой автомобиль редко превышает 1,3, а порой составляет даже 1,1. В другое время суток это число обычно возрастает. С точки зрения перевозки пассажиров разница между величинами 1,1 и 1,3 может дать разницу в числе перевозимых пассажиров в 25%.

На основе этих данных можно определить, увеличится ли объем перевозки пассажиров благодаря выделению полосы движения исключительно для автобусов. Следует принимать во внимание и другие факторы: как отразится выделение специальной полосы движения для автобусов на движении транспортных средств по остальным полосам; каковы будут преимущества для пассажиров автобусов; неудобства для автомобилистов; какая часть автомобилистов начнет пользоваться автобусами после выделения для последних специальной полосы движения; какова будет дополнительная пропускная способность, обеспеченная выделением специальной полосы для автобусов: насколько будет соответствовать интересам общества в целом сокращение числа автомобилей на дорогах.

Целесообразность строительства автобусных дорог. Дороги, предназначенные исключительно для автомобильного движения, имеют несколько потенциальных преимуществ.

1. При умеренных затратах они могут обеспечить движение автобусов-экспрессов там, где это было бы невозможно сделать путем выделения полосы движения исключительно для автобусов на новых или старых автомагистралях.

2. Используя потерявшую свое значение или мало эксплуатируемую железную дорогу, или другую узкую трассу, они могут вписаться в городской ландшафт, не занимая большой площади.

3. Они могут использоваться для движения городского транспорта-экспресса, организация которого может потребоваться впоследствии в связи с увеличением числа пассажиров.

Конкретные критерии необходимости строительства автобусных дорог отсутствуют; такие проекты следует рассматривать на основе методологии долгосрочного планирования развития городского транспорта (см. гл. 12).

Обеспечение приоритетного режима движения для автобусов. Приоритетный режим движения для автобусов обеспечивается многими способами: предоставлением автобусам права беспрепятственного въезда на скоростные автомагистрали; закрытием съездов и выездов для всех транспортных средств, за исключением автобусов и автомобилей оперативной государственной службы; выделением полос движения для автобусов и некоторых других транспортных средств, таких, как автомобили граждан, договорившихся по очереди подвозить друг друга к месту работы; предоставлением правой крайней полосы движения автобусам и транспортным средствам, поворачивающим направо, а также установкой систем сигнализации, приводимых в действие при проезде автобусов.

Выделение полос движения исключительно для автобусов практикуется во многих городах мира. Время проезда автобусов сокращается благодаря этому на 10—30%.

Очень большой эффект имеет выделение полос движения исключительно для автобусов на скоростных автомагистралях. На автомагистрали Шерли-хайвэй в штате Вирджиния число пассажиров, перевозимых автобусами, увеличилось на 70%, а экономия времени проезда по маршруту составила 12—18 мин. По оценке специалистов после открытия движения по автобусной полосе на всей протяженности автомагистрали экономия времени увеличится до 30 мин. Аналогичная полоса на автодороге 1—495 в штате Нью-Джерси позволила сократить время проезда по маршруту с 25 до 10 мин.

Парады, спортивные соревнования и другие особые мероприятия. Многие общественные мероприятия (парады, бейсбольные или футбольные матчи, автогонки и т. п.) нередко вызывают такое увеличение интенсивности пешеходного и автомобильного движения, что возникает необходимость в принятии особых мер по регулированию движения. Предпосылками успешного регулирования такого движения являются: заблаговременная разработка детального плана действий и координация усилий всех органов, которые так или иначе будут участвовать в регулировании движения, принимать меры в экстренных случаях и т. д.

При этом необходимо:

определить район и улицы, где ожидается увеличение интенсивности движения, и разработать план регулирования движения в этом районе или вокруг него; при необходимости перекрыть движение по улицам, определить, какие понадобятся ограждения и таблички, указывающие направления объезда;

убедиться в том, что во время предполагаемого общественного мероприятия в данном районе не будет проводиться никаких дорожных ремонтных работ и других коммунальных работ;

ввести ограничения стоянки автомобилей и другие необходимые ограничения; обеспечить принятие срочных мер в экстренных случаях, таких, как дорожно-транспортные происшествия;

добиться необходимого временного увеличения численности личного состава для осуществления регулирования дорожного движения, организации стоянки транспортных средств, оказания медицинской помощи и т. д.

Планирование действий на случай чрезвычайных дорожных ситуаций. Нередко имеют место непредвиденные случаи на отдельных автомагистралях (дорожно-транспортные происшествия) или в целом городе или районе города (снегопад), которые создают чрезвычайные дорожные ситуации, требующие принятия срочных мер. При снегопаде и других атмосферных осадках заблаговременную подготовку к принятию таких мер можно основывать на прогнозах погоды. Однако дорожно-транспортные происшествия случаются неожиданно и предсказать их невозможно. Для обеспечения быстрой ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий необходима существенная работа по предварительному планированию.

При этом следует предусматривать:

договоренность с полицией об обеспечении автомобилями скорой и (или) технической помощи;

определение улиц, по которым следует организовать объезд в случае закрытия движения по одной из улиц, расстановка полицейских постов для направления потока транспортных средств в объезд и наличие временных дорожных знаков и мигающих красных фонарей;

разработку системы светофоров, обеспечивающей проезд автомобилей оперативной государственной службы к месту происшествия с минимальными задержками;

установку на автомагистралях различных предупреждающих знаков (см. гл. 16), информирующих водителей о состоянии дороги, направлении объезда и т. д. Особо важное значение использование таких знаков имеет на автомагистралях с полным ограничением въезда и других скоростных автомагистралях с высокой интенсивностью движения.

Предварительное планирование принятия экстренных мер при чрезвычайных погодных условиях должно предусматривать введение соответствующего законодательства или директив, предписывающих порядок действий при возникновении чрезвычайных обстоятельств.

ПРАВИЛА ПОВОРОТА

Предотвращение ситуаций «автомобиль—автомобиль». Одной из главных причин образования «пробок» и других проблем движения на городских улицах являются повороты транспортных средств на перекрестках. Эти повороты не только задерживают движение потока автомобилей, но и приводят к конфликтным ситуациям «автомобиль—пешеход» на пешеходных переходах. Ограничение поворотов на перекрестках и на других участках улиц имеет целью сократить та-

кие задержки и ситуации. Ввиду многочисленных различий конкретных условий движения критерии применения ограничений поворота отсутствуют. Каждая ситуация должна рассматриваться отдельно.

Большую проблему представляет собой поток автомобилей, поворачивающих налево на улице с односторонним движением. Если интенсивность встречного потока движения велика, осуществление поворота налево может оказаться трудным и даже невозможным. Это может задерживать движение транспортных средств, следующих в прямом направлении и находящихся позади транспортных средств, поворачивающих налево. Запрещение поворота налево может в значительной степени способствовать увеличению пропускной способности перекрестка, сократить задержки и предотвратить образование «пробок». Перед принятием решения о запрещении поворота налево рассматриваются следующие варианты:

возможность альтернативного решения, такого, как канализирование движения с выделением отдельной полосы для потока транспортных средств, поворачивающих налево;

подбор режима работы светофоров с таким расчетом, чтобы поворот налево осуществлялся при «опережающем» или «запаздывающем» зеленом сигнале. В некоторых ситуациях, если для потока автомобилей, поворачивающих налево, выделены отдельные полосы движения, можно использовать специальные детекторы, позволяющие осуществить поворот налево только тогда, когда поворачивающие налево транспортные средства ждут зеленого сигнала на полосе поворота;

наличие альтернативного пункта поворота для транспортных средств, которым будет запрещен поворот налево на данном участке;

серьезность проблемы левого поворота оценивается по степени перегруженности перекрестка, о чем можно судить по длине очередей автомобилей, водители которых ждут зеленого сигнала, а также на основании подсчета числа транспортных средств, проезжающих перекресток в единицу времени.

Не обязательно вводить запрещения, действующие круглые сутки; можно эффективно использовать временное запрещение поворота только в часы пик. При введении такого временного запрещения следует устанавливать не обычные дорожные знаки, а объемные с тем, чтобы водителям в любое время суток было видно, разрешен или запрещен левый поворот в данном месте. Обычно такие знаки подвешивают над проезжей частью на видном месте и подсветка включается только на время действия знака или в темное время суток.

Перед введением ограничений поворота следует изучить возможные отрицательные последствия таких ограничений, как например: увеличение продолжительности проезда по маршруту и числа транспортных средств, осуществляющих поворот на других участках, особенно при запрещении левых поворотов; вынужденное движение транспортных средств с разворотом и движением в обратную сторону по улице или автомагистрали, особенно если при этом приходится объезжать кварталы большой протяженности, что требует много времени и порой бывает невозможным.

Запрещение поворотов иногда практикуется для предотвращения конфликтных ситуаций «автомобиль—пешеход», особенно там, где по пешеходным переходам на зеленый сигнал светофора проходит большое число пешеходов. Такое запрещение может не только предотвратить ситуации «автомобиль—пешеход», но и увеличить пропускную способность перекрестка.

Другое решение этой проблемы предусматривает задержку транспортных средств, намеревающихся совершить правый поворот на крайней правой полосе до тех пор, пока пешеходы не перейдут улицу. Затем разрешается поворот транспортных средств направо на зеленый сигнал светофора. Этот метод можно также применять и при регулировании левого поворота на улицах с односторонним движением.

Особые условия осуществления поворотов. Светофоры с программным устройством. На определенных перекрестках можно добиться увеличения пропускной способности путем применения светофорного регулирования движения поворачивающих потоков транспортных средств. Особенно удобны вызывные системы светофорной сигнализации, приводимой в действие при проезде транспортных средств. Применение этого метода возможно, например, на автомагистрали с несколькими полосами движения, где на обеих сторонах перекрестка выделены полосы движения для потока транспортных средств, поворачивающих

налево. Если на одной из таких полос поворота транспортных средств нет, светофор дает зеленый сигнал встречному потоку как для движения в прямом направлении, так и для поворота налево (см. гл. 16).

Непрерывная полоса для осуществления левого поворота. При движении по некоторым дорогам транспортным средствам часто требуется повернуть налево. В частности, это касается улиц, пересекающих радиальные улицы. Если такая дорога имеет достаточную ширину, например пять полос движения, и не имеет разделительной полосы, то центральная полоса движения может быть превращена в непрерывную полосу для осуществления поворота налево. В таком случае все транспортные средства, поворачивающие налево с главной дороги, должны будут осуществлять поворот из этой полосы. Проезд транспортных средств, следующих в прямом направлении, по этой полосе запрещается. Средства организации движения по таким полосам описаны в гл. 16.

БАРЬЕРЫ, ОГРАЖДЕНИЯ И ЗАКРЫТИЕ УЛИЦ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Чтобы повысить безопасность автомобильного и пешеходного движения, зачастую бывает целесообразно установить физические барьеры или ограждения на пересечениях в разных уровнях.

Ограничение движения транспортных средств. Ограждение разделительных полос. Для разделения встречных потоков транспортных средств на автомагистралях устанавливаются постоянные и временные барьеры. К числу постоянных барьеров на автомагистралях относятся перильные, металлические ограждения, барьеры из бетона, разделительные полосы, приподнятые над уровнем проезжей части, изгороди различных видов, густой кустарник, конусы из металла, пластика, каучука и других материалов или другие временные конструкции, устанавливаемые между полосами встречных потоков транспортных средств.

На рис. 18.2 изображено поперечное сечение одного из барьеров новейшей конструкции для разделения встречных потоков автомобилей. Благодаря своей конструкции барьер отбрасывает наехавшее на него транспортное средство обратно на его полосу движения, не позволяя ему быть выброшенным на полосу встречного движения, как это имело место при старых конструкциях с бордюрным камнем в основании высотой от 15 до 20 см. Для ограждения разделительной полосы широко используют также перильное ограждение различной формы.

В тех случаях, когда необходимо или желательно разрешить транспортным средствам довольно часто пересекать разделительную полосу, установка барьеров на ней невозможна. В таких случаях разделительная полоса может быть приподнята над уровнем проезжей части на 7,5—15,0 см и иметь пологие края, чтобы транспортные средства могли легко преодолевать ее, или же разделительная полоса может быть на одном уровне с проезжей частью, но иметь рифленую или шероховатую поверхность с тем, чтобы водители могли легко отличать ее от собственно проезжей части.

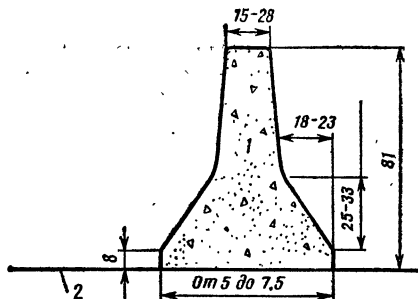
Светящиеся ограждения используются на узких разделительных полосах, чтобы в темное время суток водители транспортных средств не принимали их свечение за огни светофоров.

Ограждения на кромке проезжей части. При необходимости на кромке проезжей части можно устанавливать такие же барьеры, как и на разделительной полосе. Однако, как правило, для этой цели используют обычные стальные ограждения. По последним стандартам опоры таких ограждений должны устанавливаться через каждые 2 м вместо 4 м по старым стандартам, а продольная стальная накладка обычно имеет больший диаметр, чем опоры, и выступает над ними, чтобы колеса автомобилей не цеплялись за опоры.

На многих скоростных автомагистралях сооружены высокие бетонные препятствия, которые могут представлять собой большую опасность при наезде на них транспортных средств, например при въездах на мосты, где парапет моста соединяется с ограждением главной дороги. Известны многие случаи дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом в результате наезда на такие препятствия. На таких участках дороги часто используются приспособления,

Рис. 18.2. Поперечное сечение одного из используемых в настоящее время барьеров для разделения встречных потоков автомобилей (размеры даны в футах и дюймах):

1 — бетонный барьер; 2 — поверхность дорожного покрытия



смягчающие удар. К таким приспособлениям относятся металлические бочки, контейнеры, наполненные песком или водой, и механические приспособления, поглощающие удар при наезде транспортного средства на препятствие.

Закрытие автомобильного движения на улицах. Закрытие автомобильного движения на перегруженных улицах центров городов является одним из главных методов обеспечения безопасности пешеходов в пределах центра

Существуют различные методы закрытия автомобильного движения на улицах, но чаще всего для движения транспортных средств закрывают участок улицы на протяжении одного или нескольких кварталов. Как правило, в таких кварталах на тротуарах и на бывшей проезжей части улицы высаживают деревья, устанавливают скамьи для отдыха покупателей и предметы декорирования. В некоторых случаях проезжая часть в таких зонах остается открытой для проезда автомобилей оперативной государственной службы. Иногда выделяются специальные полосы для движения автобусов.

Регулирование пешеходного движения. Пешеходы являются участниками многих дорожно-транспортных происшествий в городах. Бесконтрольный переход улиц пешеходами представляет собой серьезную опасность для дорожного движения. Пешеходы подвергаются опасности даже на регулируемых перекрестках, оборудованных пешеходными переходами, из-за возникновения конфликтных ситуаций «автомобиль — пешеход». Для решения проблемы пешеходного движения иногда целесообразно установить физические барьеры для ограничения перехода улицы пешеходами и направлять движение пешеходов в другой уровень для пространственного разделения движения транспортных средств и пешеходов.

Для организации движения пешеходов используют два различных вида барьеров: сооружения, позволяющие направлять движение пешеходов на другой уровень, т. е. пешеходные мостики или подземные переходы, которые пространственно разделяют пешеходное и автомобильное движения, и ограждения, цепи и другие приспособления, которые позволяют пешеходам переходить улицу в одном уровне с автомобильным движением, но ограничивают участки улиц, на которых такие переходы можно осуществлять.

Вопрос о том, какое сооружение необходимо — пешеходный мостик или подземный пешеходный переход — решается в каждом конкретном случае отдельно. И то и другое сооружение имеет свои преимущества и недостатки. Необходимо учитывать следующие факторы: себестоимость, безопасность, эстетический вид, план коммунальных линий, состояние грунта.

Территориальное местонахождение участка улицы или автомагистрали и наличие на этом участке коммунальных линий как над землей, так и под землей являются главными факторами, определяющими вид сооружения для пешеходов, которое необходимо построить на данном участке.

ДРУГИЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

«Трясущие полосы». На участках дорог, где от водителей требуется чрезвычайная осторожность и где обычные средства управления движением, такие, как дорожные знаки и (или) мигающие красные фонари, оказались явно

неэффективными, иногда используются «трясущие полосы». Это слегка возвышающиеся над уровнем проезжей части полосы из асфальта, пластика или другого материала, расположенные поперек полосы движения проезжей части в месте приближения транспортных средств к опасному участку дороги. Каждая такая полоса имеет ширину обычно от 7,5 до 15 см и высоту от 1,5 до 2,5 м. Несколько таких полос, расположенных поперек проезжей части, вызывает тряску транспортных средств, предупреждая тем самым водителя об опасности.

Чаще всего «трясущие полосы» устанавливают в местах приближения транспортных средств к опасным участкам дорог. Важное значение имеет правильный расчет расстояния между «трясущими полосами» и опасным участком дороги. Если это расстояние будет слишком коротким, то у водителя не будет достаточно времени для реакции, а если оно будет слишком большим, то водитель может не понять, что тряска связана с приближением к опасному участку дороги.

Не рекомендуется использовать «трясущие полосы», выбоины и тому подобные средства для ограничения скорости движения.

Регулирование движения в условиях тумана. Туман, особенно на скоростных автомагистралях, часто является причиной тяжелых дорожно-транспортных происшествий, в которые нередко вовлекаются десятки автомобилей и в результате которых большое число людей погибает и случаются ранения. Чтобы уменьшить вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий при движении в условиях тумана, используют различные методы и средства, в том числе вводят ограничения скорости и применяют предупреждающие знаки с подсветкой. В настоящее время удовлетворительного решения проблемы тумана не найдено.

Распределение часов работы. Традиционные методы организации дорожного движения зачастую не могут обеспечить адекватного решения проблем движения в часы пик. Если автомагистрали загружены до предела пропускной способности и выше этого предела и нет никакого другого альтернативного решения проблемы, то помочь этому может только уменьшение интенсивности движения. Один из методов уменьшения интенсивности движения состоит в том, чтобы распределять часы работы организаций и учреждений и тем самым предотвратить большое скопление транспортных средств в часы пик. Особенно эффективно распределение часов работы на крупных промышленных предприятиях и в комплексах учреждений.

Можно привести примеры успешного применения этого метода, но практика распределения часов работы еще не стала повсеместной. К недостатку данного метода следует отнести нарушение организации работы учреждений и предприятий из-за различий в часах работы.

Глава 19

ПАТРИК ДЖ. ЭТОЛ

КОНТРОЛЬ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Система контроля и регулирования движения уменьшает вероятность возникновения заторов регулированием доступа автомобилей на автомагистраль, чем достигается уравнивание интенсивности движения и пропускной способности автомагистрали. Пропускная способность автомагистрали с регулированием движения может быть не ниже, чем магистрали без регулирования, но отличие будет состоять в том, что на первой не будет заторов. Объем движения, избыточный по сравнению с допустимой интенсивностью въезда на автомагистраль, перераспределяется по сети магистральных дорог в соответствии с их пропускной способностью.

Функция управления движением, для реализации которой служит система контроля и регулирования, осуществляется в несколько этапов. Электронные средства наблюдения собирают данные, характеризующие состояние транспортного потока. Проанализированные данные служат основой для принятия рациональных решений, направленных на предотвращение заторов. Эффект, обусловленный реализацией принятых решений и сказывающийся в изменении характеристик потока, выявляется затем средствами наблюдения. Таким образом, схема сбора информации, принятия решений, регулирования и оценки эффекта результатов оказывается замкнутой. Результатом ряда осуществленных проектов контроля и регулирования движения явилась не только нормализация работы автомагистралей, но и заметное сокращение общего времени проезда по ним, а также значительное снижение числа дорожно-транспортных происшествий в часы пик.

Автомагистрали предоставили автомобилистам возможность быстро и безопасного движения. Высокий уровень обслуживания обусловил значительную загрузку таких магистралей автомобилями, совершающими поездки на большие расстояния (именно для них автомагистрали приспособлены в первую очередь), и огромным числом таких автомобилей, которые совершают короткие местные поездки. Как промокашка, новая скоростная автомагистраль вбирает в себя потоки, прежде использовавшие сеть магистральных городских улиц. Прилегающие территории освобождаются таким образом от дорожного движения, а жители пользуются удобствами автомагистрали. Результатом этого процесса является ее перегрузка. Поэтому своевременное внедрение систем регулирования движения избавляет от необходимости принудительной обратной перемещения избыточного объема движения с автомагистрали на городские улицы.

Важный аспект контроля за движением — определение влияния различных средств регулирования и информирования водителей на систему в целом. Почти все транспортные коридоры настолько сложны по своему характеру, что традиционные методы организации движения оказываются неадекватными с точки зрения сбора и обработки необходимого объема информации. Важно измерять параметры движения в масштабе системы, поскольку только в этом случае можно на рациональной основе выдвигать гипотезы о взаимодействии всех дорог сети, на которых сказывается работа системы наблюдения и регулирования. Когда средства регулирования или какие-то организационные меры начинают влиять на одно из звеньев системы, то желательно одновременно зарегистрировать характер изменения параметров работы других звеньев.

Важность контроля и регулирования движения на автомагистралях была впервые осознана в США, что выразилось в реализации двух крупных исследовательских проектов, которые финансировались властями штата, округа и города совместно с федеральным правительством. Места проведения этих имевших различные конечные цели проектов — города Детройт и Чикаго.

Система в г. Детройте была первой, в которой для контроля движения на автомагистрали им. Джона К. Лоджа использовали телевизионное оборудование. Основными средствами регулирования движения и информирования водителей были управляемые вручную светофоры на полосах движения и знаки рекомендуемой скорости. В 1966 г. в рамках этой системы началось регулирование на примыкающих въездах; в систему, кроме того, была введена ЭВМ для сбора и обработки данных.

Проект контроля движения по одной из автомагистралей Чикаго, начатый в 1961 г., был, напротив, основан на использовании транспортных детекторов для автоматической регистрации автомобилей. Регулирование заключалось в ограничении доступа транспортных средств на магистраль с примыкающих въездов, осуществляемом с помощью светофоров, управляемых ЭВМ. Дальнейшее развитие этой системы обеспечило эффективный контроль и регулирование движения на многих автомагистралях г. Чикаго.

Результаты этих работ нашли затем применение в других городах. Примечательной является система, разработанная в Хьюстоне, штат Техас, в которой сочетаются контроль за движением с применением телевизионного оборудования и регулирование доступа с въездов методом пропуска автомобилей на магистраль при наличии в транспортном потоке на ней приемлемых интервалов. В районе Лос-Анджелеса была внедрена автоматическая система, основанная на регулировании въезда на автомагистраль в сочетании с улучшением условий движения

ло ней я оперативным выявлением дорожно-транспортных происшествий и других помех для движения. Заслуживает внимания и Далласский проект, поскольку в нем светофорное регулирование движения по магистральным городским улицам координировано с регулированием въезда на автомагистраль и выборочным наблюдением движения с использованием телеаппаратуры.

Каждая из большого числа разрабатываемых в США систем имеет свои особенности. Бостонская система представляет собой попытку включить план контроля и регулирования движения в городской план строительства магистралей. Контроль и регулирование движения применяются в различных формах также в городах Ситэле, Миннеаполисе, Атланте и Фениксе.

Указанный опыт США используется в других странах. В Японии внедрены системы, основанные на принципе автоматического контроля за условиями движения и ограничения въезда на автомагистраль. На некоторых магистралях регулирование въезда осуществляется изменением темпа пропуска автомобилей на пунктах взимания платы за проезд. В Великобритании на большей части автомагистралей внедрены системы регулирования движения по полосам. В определенной мере эти системы похожи на первоначальный вариант Детройтской системы. И в Японии, и в Великобритании системы контроля и регулирования движения с самого начала были организованы как оперативные.

КОНТРОЛЬ ЗА ДВИЖЕНИЕМ

В состав подсистемы контроля за движением, как правило, входят детекторы движения, каналы передачи информации, центральная ЭВМ, периферийные устройства и пульты управления. Функции такой подсистемы — сбор данных о дорожном движении, выявление условий движения и прогнозирование тенденций, ведущих к возникновению заторов.

Визуальные методы контроля. К визуальным относятся методы, основанные на фотографировании, использовании наблюдателей и промышленных телевизионных установок в зоне возникновения сложных условий движения, на месте дорожно-транспортного происшествия или на пункте сбора данных.

Фотографирование можно применять на стадии оценки эффективности системы в тех случаях, когда достаточно выборочной информации, или в тех местах, где нецелесообразно размещать оборудование для непрерывной записи данных. Широкое применение нашел метод аэрофотосъемки, когда на некотором участке с небольшим объемом движения требуется за короткий период собрать значительный объем информации. Этот метод применяется также при необходимости качественной выборочной оценки условий движения на участках значительной протяженности. Однако для развитой системы контроля и регулирования движения метод фотосъемки в предвидимом будущем не может найти применения.

В подобной системе наблюдателю может быть отведена функция информатора о типе и характере определенных помех для движения и дорожных происшествий, возникающих на автомагистрали. Конечно, размещение вдоль магистрали специальных постов для регулярного наблюдения — дорогостоящее предприятие. Тем не менее к наблюдателям можно отнести полицейские подразделения, персонал дорожных управлений, сотрудников частных агентств по наблюдению за движением, которые курсируют по магистрали и оповещают центр регулирования движения о возникающих дорожно-транспортных происшествиях или опасных ситуациях. ТВ системы нельзя использовать для сбора данных; их можно рассматривать только как дополнение к автоматическим детекторам. Главное достоинство любой ТВ системы — это возможность непосредственного наблюдения того, что происходит в «горячей точке».

Невизуальные методы наблюдения. С появлением автомагистралей возникла необходимость отдельного подсчета автомобилей, движущихся по всем полосам проезжей части. Для такого подсчета наиболее часто применяют индуктивные детекторы, дополняемые при необходимости подвесными ультразвуковыми или утапливаемыми в полотно дороги магнитными детекторами. Магнитные, ультразвуковые и радиолокационные детекторы вполне могут удовлетворить соответствующим требованиям по подсчету автомобилей, но они менее пригодны для измерений занятости полос.

Точность детекторов. Критерии оценки ожидаемого уровня точности различных детекторов разработаны недостаточно. Поэтому могут быть полезны следующие замечания.

Погрешность при определении общего объема движения по многорядной магистрали не должна превышать 1%. Такой точности работы детекторов поста подсчета движения на автомагистрали можно не только достигнуть, но и обеспечить на целый год без подстройки аппаратуры. При необходимости точного определения числа автомобилей, движущихся по единичной полосе, точности детекторов будет недостаточно.

Погрешность при прямом измерении скорости отдельных автомобилей не должна превышать для многорядной магистрали величины 1,6 км/ч. Для большинства случаев такая точность вполне удовлетворительна.

Занятость полосы является параметром, наиболее редко принимаемым во внимание при определении точности детекторов. Обычно полагают, что из точности измерения полного объема движения вытекает точность измерения занятости полосы, однако на самом деле это не так. Точность определения занятости зависит от площади зоны чувствительности детектора и от эффективной длины автомобиля (эффективная длина автомобиля определяется длительностью периода съема сигнала в зоне чувствительности детектора). Применительно к отдельному автомобилю погрешность при хронометрировании выходного сигнала отдельного детектора в процессе измерения занятости не должна превышать 5 мс.

Точность измерения времени пребывания автомобиля в зоне чувствительности детектора, как правило, более высока при относительно менее высоких скоростях движения.

Обнаружение дорожно-транспортных происшествий. Вероятно наиболее важным аспектом контроля является возможность выявления дорожно-транспортных происшествий и иных возникающих на дороге инцидентов. Автомобиль с заглохшим двигателем или неисправный, дорожно-транспортное происшествие и т. п. могут уменьшить пропускную способность магистрали на 50% и более, что случается достаточно часто. Крупные аварии могут потребовать передислокации дорожного движения в транспортном коридоре.

Частоту возникновения инцидентов очень трудно оценить без подсистемы контроля. Их полное выявление позволяет оценить масштабы причиняемого ущерба, а быстрое устранение помех движению как бы увеличивает пропускную способность магистрали.

Измерение качества обслуживания. Важной функцией подсистемы контроля является также оценка эффективности различных методов регулирования движения. Можно соотнести метод регулирования с объемом и уровнем обслуживания. Критерии качества работы магистрали позволяют сравнивать также участки различной геометрии. Данные по качеству обслуживания позволяют выявить участки, для которых необходимо введение дополнительных средств регулирования движения. Критерии качества обслуживания являются также основными индикаторами возникновения проблем в пределах системы; эти данные могут дать возможность заблаговременно принять меры против возможного затора.

Передача данных. Потребности системы контроля и регулирования движения в передаче информации определяются: наличием разветвленной системы обнаружения, для которой скорость передачи данных может быть невысокой с несколькими точками накопления информации, соединенных с центром каналами скоростной связи; наличием системы видеозаписи или телевизионного наблюдения.

Каждый канал связи между различными точками системы контроля и регулирования характеризуется определенной шириной диапазона частот, необходимой для передачи информации. Например, для линии телефонной связи требуется диапазон шириной 2400 Гц, для радиостанции с частотной модуляцией — 15 000 Гц, а для телевизионной системы — 5 000 000 — 10 000 000 Гц.

Пропускная способность подсистемы связи не может быть использована в полной мере, если каналы выполняют индивидуальные функции. Путем совмещения различных сигналов в одном канале связи можно уменьшить число каналов и повысить коэффициент использования каждого из них. Для повышения эффективности использования отдельных каналов применяют два метода.

Частотное и временное уплотнение каналов. При временном уплотнении каналов ширина диапазона частот канала используется полностью, Этим методом осу-

шествляется последовательная передача информации из различных ее источников. Например, при сообщении информации о состоянии 20 детекторов, размещенных вдоль линии связи, система будет посылать символ 0 или 1, начиная с детектора № 1, затем № 2 и т. д. до последнего детектора, и только после этого снова сообщит данные о состоянии детектора № 1.

В подсистеме связи с частотным уплотнением диапазон частот канала разбит на более узкие субдиапазоны, формирующие субканалы передачи данных. Каждый такой субканал предназначен для передачи информации определенного вида. В этом случае информацию о состоянии 20 детекторов можно, например, передать одновременно, если ширина субдиапазона составляет 1/20 полной ширины диапазона частот канала связи.

Система с временным уплотнением каналов более экономична, когда по одной линии необходимо передать большой объем информации. При относительно более низкой загрузке системы связи экономичнее оказывается метод частотного уплотнения. Выбор того или другого способа уплотнения каналов определяется местными ценами на услуги связи. Однако если число разновидностей сигналов или функций подсистемы достигает 10, то предпочтение следует отдавать методу временного уплотнения.

Обработка данных. Сигналы от детекторов, поступившие в центр управления системой, должны быть приведены к виду, в котором они служили бы мерами характеристик транспортного потока. К последним относятся интенсивность движения и занятость полос, а также скорость, плотность движения и т. д. Стоимость оборудования, которым можно было бы оснастить каждый отдельный детектор для преобразования данных на месте, как правило, превышает стоимость системы с центральной ЭВМ, выполняющей все функции накопления и обработки данных.

Для системы контроля и регулирования движения необходима ЭВМ, обеспечивающая:

- выполнение различных операций в соответствии с заранее установленным порядком приоритетов;

- высокоскоростной сбор информации, расчет параметров, выработку решений и выдачу команд управления;

- функционалирование в реальном масштабе времени, так что возникшее событие немедленно инициирует реализацию программ в соответствии с заранее установленными приоритетами;

- круглосуточную в течение недели автоматическую работу без вмешательства оператора;

- регистрацию функций, выполняемых системой с выдачей информации в печатной форме, а также с выводом ее на дисплей, что позволяет оператору взаимодействовать с системой;

- управление системами различного рода, в том числе подсистемой регулирования движения при помощи знаков и телевизионной подсистемой включением-выключением или селекцией соответствующего оборудования на основе запрограммированной логики;

- выполнение анализа технических данных в свободное время от функций управления.

СРЕДСТВА ЗВУКОВОЙ СВЯЗИ

Система помощи водителю (СПВ) предоставляет участникам дорожного движения возможность оповестить администрацию о возникшей в пути несправности, дорожно-транспортном происшествии и т. д. и вызвать необходимую помощь.

Существующие и разрабатываемые системы. В докладе, составленном в рамках общенациональной программы дорожных исследований, указывается, что в 12 штатах США функционирует не менее 19 СПВ, каждая из которых располагает более чем 25 устройствами, обеспечивающими прямую связь с центром регулирования движения. В настоящее время функционирует еще примерно 12 менее крупных СПВ, располагающих 25 или меньшим числом вызывных устройств. Данные по системам СПВ сведены в табл. 19.1.

Существующие системы помощи водителю, располагающие более чем 25 вызывными устройствами

Местоположение СПВ	Район	Число вызывных устройств	Расстояние между устройствами, км	Тип связи
Калифорния				
Южная Калифорния (Лос-Анджелес)	Городской	2103	0,4	Телефон
Сан-Франциско — мост через Оклендский залив	»	250	0,16	Радиопередатчик кодированных сигналов
Мост Ричмонд — Сан-Рафаэль	»	100	0,32	Радиопередатчик
Мост Сан-Матео	»	134	0,16	»
Коннектикут				
Виадук Уотерберн	—	36	0,16	Телефон
Иллинойс				
Автомобильная магистраль J—80	Загородный	302	1,6	Телефон
Кентукки				
Автомобильная магистраль Луисвилля	Городской	110	0,8	»
Мэриленд				
Харборский туннель I — 495 (окружная дорога)		44 324	0,8 0,2—0,8	» Радиопередатчик
Мичиган				
Автомобильная магистраль I — 94 (Джексон — Бэтл — Крик)	Загородный	62	0,97—1,6	Телефон
Нью-Джерси				
Автомобильная магистраль Атлантик-сити	Городской	100	1,6	Радиопередатчик
Магистраль 1—287	»	425	0,06	Кнопочное вызывное устройство

Наибольшей из эксплуатируемых в настоящее время является южнокалифорнийская система с 2103 телефонными колонками, установленными на 12 крупных автомагистралях в районе большого Лос-Анджелеса. По этим магистралям общим протяжением 442 км ежедневно проезжают более 1 млн. транспортных средств. Монтаж вызывных устройств обошелся в 965 тыс. долл. Арендная плата и эксплуатационные расходы составляют 225 тыс. долл. в год.

Все вызовы принимает дорожно-патрульная служба; она же направляет неотложную помощь. Ежемесячно поступает в среднем 25 000 вызовов или около 12 вызовов на телефон. СПВ в целом обходится довольно дорого, но она, очевид-

но, экономически оправдана, поскольку число обслуживаемых по вызовам водителей достаточно велико.

Средства связи с водителями. Наиболее важная функция СПВ — оказание помощи водителям, попавшим в критическое положение. Основные средства связи, применяемые в СПВ, — это устройства двусторонней телефонной связи, а также устройства кнопочного вызова, рассмотренные ниже.

Наиболее широко в СПВ используются средства телефонной связи. Телефоны размещают на обочине дороги, если для них имеется достаточно места. К телефонам в одних случаях можно подъехать на автомобиле, в других — необходимо выходить из него.

Преимущества телефонной связи:

служба, принимающая вызов, может убедиться в его обоснованности; на отдаленных участках дороги могут быть размещены устройства радиотелефонной связи, при этом нет необходимости в прокладке или аренде проводных линий;

экономится время — немедленно может быть направлена требуемая помощь; водители испытывают большее доверие к системе, получая словесное подтверждение того, что помощь направлена.

Недостатки:

малая ширина обочины не позволяет в ряде мест разместить телефонные колонки;

остановившийся у колонки автомобиль может создать помеху для движения, привлекая внимание других водителей.

Кнопочные переговорные устройства (без телефонной трубки) пока еще недостаточно разработаны. Такие устройства также размещают на обочине дороги. Основное их достоинство — меньшая подверженность проявлениям вандализма. Недостатки те же, что и для телефонов, плюс необходимость удалять колонки от проезжей части дороги во избежание помех, создаваемых шумом движения. На перегруженных магистралах применение подобных переговорных устройств часто вообще исключается.

Применяются также кнопочные сигнальные устройства, передающие вызов по проводам или по радио. Эти устройства снабжены одной или несколькими кнопками для вызова полиции, противопожарной, технической или медицинской помощи. Большинство вызывных колонок пока не снабжены средствами подтверждения того, что вызов принят. Основные достоинства кнопочных вызывных устройств — относительно низкая стоимость радиопередатчиков и возможность их установки на изолированных участках дороги. Главный недостаток — односторонность связи и невозможность конкретизации сообщения. Опыт показал, что специализированные аварийно-спасательные службы типа пожарной и медицинской не реагируют на вызов, пока он не будет подтвержден полицией, прибывшей на место происшествия. Это значит, что почти все сигнальные устройства функционируют фактически как однокнопочные.

Радиовещание с амплитудно-частотной модуляцией наиболее широко применяется для передачи информации находящимся в пути автомобилистам. Многие радиостанции в крупных городах в часы пик организуют передачи о движении в городе, но, к сожалению, эти передачи не всегда эффективны. Основная проблема здесь — задержка во времени между возникновением дорожно-транспортного происшествия на автомагистрали и передачей сообщения о нем. Тем не менее имеются большие возможности включения коммерческих радиостанций в систему информации водителей.

Придорожные радиопередатчики. Растет интерес к системам информации для водителей, основанным на использовании стандартных автомобильных радиоприемников и небольших придорожных радиопередатчиков. Настроившись на определенную частоту, водитель через определенные промежутки времени может на всем протяжении скоростной магистрали принимать записанные на пленку сообщения, когда автомобиль попадает в зону действия ближайшего передатчика. Достоинства данного метода оповещения: водитель может все время принимать адресованные ему сообщения, не дожидаясь, как в передачах коммерческого радиовещания, начала новой программы или конца рекламных объявлений; содержание сообщений можно непрерывно обновлять, с тем чтобы водители быстро получали информацию о фактических условиях движения. Основной недостаток подобной систе-

мы, хотя и не неустрашимый. — необходимость утверждения радиосообщений федеральной комиссией связи.

Центр связи. В прошлом обычным реципиентом сообщений с просьбой о помощи была местная полицейская служба, которая запрашивала и направляла требуемую помощь. Развитие центров контроля и регулирования движения, а также растущее использование СПВ в неаварийных ситуациях обуславливают необходимость в более адекватной координации действий соответствующих служб. Это должно повысить быстроту обмена информацией и предоставления водителям необходимой им помощи, а также помочь в определении необходимых в связи с ДТП дополнительных мер по регулированию движения.

СРЕДСТВА ВИЗУАЛЬНОЙ СВЯЗИ

Средства визуальной связи (система информации для водителей) следует рассматривать изолированно от СПВ несмотря даже на то, что на практике такого разделения обычно нет. Оповещение водителей можно осуществлять в двух направлениях: передачей информации, позволяющей водителю изменить маршрут поездки с тем, чтобы избежать затруднений или попадания в нежелательную ситуацию; передачей информации водителям, избравшим некоторый конкретный маршрут, о конкретных помехах для движения по нему.

Информацию о дорожно-транспортных происшествиях или помехах движению можно сообщить в визуальной форме, используя, например, управляемые дорожные табло со сменными сообщениями (многопозиционные знаки). Такие знаки можно использовать для передачи сообщений, оказывающих водителю помощь в выборе маршрута; предупреждающих его о транспортном происшествии или заторе; информирующих о порядке пользования полосами, о погодных условиях или об общих условиях движения (см. гл. 16).

Рекомендации по практическому применению. Чтобы быть эффективными, средства визуальной связи должны передавать информацию точную, своевременную, понятную и конкретную. Самы по себе эти требования создают для специалиста по организации движения определенную проблему. Чем конкретнее сообщение и чем скорее оно передано, тем больше вероятность того, что оно будет неточным. Эффективность системы снижается пропорционально числу допущенных ошибок или многословности сообщений.

Информационные знаки могут быть использованы для трех основных целей: идентификации места дорожно-транспортного происшествия, указания альтернативного маршрута и оповещения о степени нарушения условий движения транспортного потока.

Многопозиционные знаки могут быть матричными (ламповыми и точечными), ленточными и барабанными.

Матричные знаки характеризуются значительной гибкостью в выборе сообщений. На грани вращающегося барабана могут наноситься различные надписи, но число передаваемых сообщений в этом случае ограничено. Однако достоинства барабана — четкость надписи и возможность использования цвета. Примерно аналогичны барабанным знаки с перематывающейся лентой.

Независимо от конструкции управляемых знаков чаще всего они используются для передачи информации о месте дорожно-транспортного происшествия. Для передачи на такие знаки соответствующих команд используются те или иные средства обнаружения дорожно-транспортного происшествия. Если работой этих знаков управляют на месте сотрудники полиции или дорожной службы, то изменение текста сообщения может осуществляться вручную.

Многопозиционные знаки можно использовать также для указания альтернативных маршрутов, для облегчения выбора между автомагистралью и обычной городской магистралью. Водители обычно предпочитают постоянные и регулярные маршруты. Поэтому информация о целесообразности изменения пути следования должна быть убедительной. Система альтернативных маршрутов должна быть стабильной в том смысле, что водителя направляют по тому или другому маршруту, а не принуждают на каждом этапе его поездки непрерывно изменять маршрут. Для оповещения о местных альтернативных маршрутах в тех зонах, которые

близко расположены к регулируемым въездам на автомагистраль, можно использовать знаки и указатели с постоянными обозначениями, устанавливаемые на параллельных автомагистрали городских улицах.

Цель этих знаков заключается не в том, чтобы отвести большое количество транспортных средств от автомагистрали, а в том, чтобы направить водителей, особенно незнакомых с данным районом, к менее загруженным въездам на автомагистраль.

При разработке системы альтернативных маршрутов вместо движения по автомагистрали следует соблюдать большую осторожность. Случаи, когда целесообразен отвод транспортного потока с автомагистрали на городские улицы, очень редки. Информация о дорожно-транспортных происшествиях на автомагистрали сама по себе способна привести к некоторому перераспределению потока автомобилей.

Лишь крупная авария на автомагистрали, когда происходит резкое снижение ее пропускной способности, а устранение последствий дорожно-транспортного происшествия требует значительного времени, заставляет вводить местные объездные маршруты. Разработка таких маршрутов подразумевает тесное сотрудничество между службами эксплуатации автомагистрали и городских дорог. Варианты объезда должны подготавливаться заранее на основе прогнозирования мест возникновения дорожно-транспортных происшествий.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЪЕЗДА НА АВТОМАГИСТРАЛЬ

Основная функция регулирования въезда на автомагистраль — рациональное перераспределение потока, движущегося по дорогам, обслуживающим данный транспортный коридор. Целью перераспределения является обеспечение максимального уровня обслуживания на всех этих дорогах. При разработке схемы регулирования въезда показатели ожидаемого уровня обслуживания определяют на основе оценок транспортной потребности и пропускной способности отдельных элементов дорожной сети. Сначала расчетом определяют пропускную способность отдельных участков скоростной магистрали и перекрестков параллельных им магистральных улиц, а затем распределяют ожидаемый объем транспортного потока по всем звеньям системы с учетом уровня обслуживания, предоставляемого каждым таким звеном. Эффективное регулирование въезда может быть обеспечено лишь при наличии текущей информации об условиях движения на автомагистрали.

Методы регулирования въезда на автомагистраль. Три обычно используемых основных метода регулирования въезда на магистраль — это перекрытие въезда, ограничение въезда и регулирование с поиском разрывов в транспортном потоке.

Перекрытие въезда — это физическое закрытие въезда для движения. Таким методом можно пользоваться либо кратковременно, например в критические периоды часов пик, либо постоянно. Перекрытие въезда в часы пик может быть оправдано только в ситуации, когда спрос на закрываемом въезде таков, что для водителей остается возможность въезда на автомагистраль в других местах. Бывают случаи, когда единственным решением является постоянное перекрытие въезда. Объем движения на въезде может быть столь велик, что любой вариант регулирования приведет к возникновению очереди, перекрывающей прилегающие к автомагистрали улицы.

Перекрытие въезда следует практиковать там, где недостаточна емкость полос накопления и ускорения и где даже при регулировании не удастся обеспечить безопасное вхождение транспортных средств в основной поток по автомагистрали.

Ограничение въезда (установление предельно допустимого объема движения на въезде) используется в тех случаях, когда оно обеспечивает повышение уровня обслуживания на автомагистрали. Этот метод можно использовать также для регулирования объема движения на въездах таким образом, чтобы уменьшить интенсивность движения по автомагистрали на участках критической геометрии для повышения уровня обслуживания. При улучшении геометрии отдельных участков появляется возможность притока на них дополнительных объемов движения, но только в той мере, в какой это не обуславливает снижения уровня обслуживания.

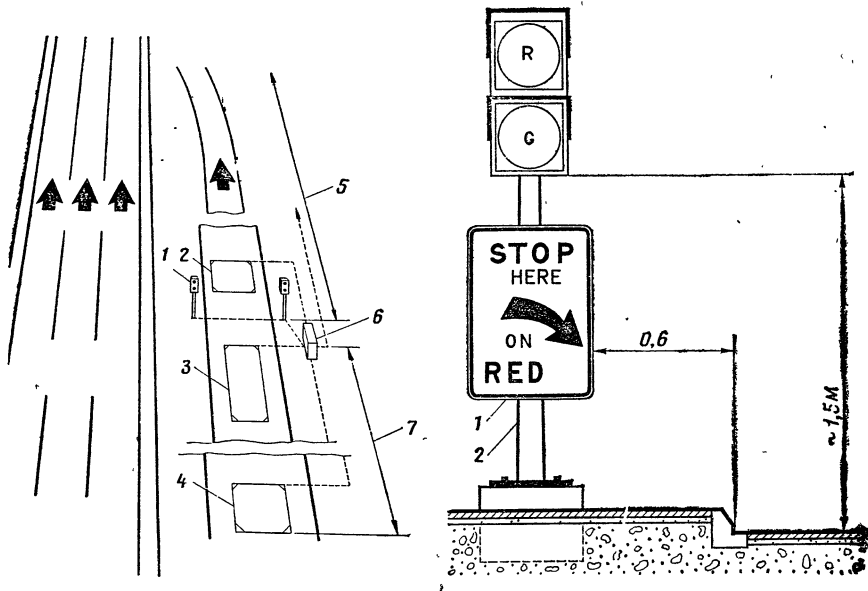


Рис. 19.1. Схема регулирования с ограничением въезда:

1 — светофор; 2 — детектор регистрации проходящих по автомагистрали транспортных средств; 3 — детектор определения спроса; 4 — детектор регистрации возникновения очереди автомобилей; 5 — желательное расстояние до автомагистрали минимум 90 м; 6 — блок управления; 7 — желательное минимальное расстояние 90 м

Рис. 19.2. Светофор для регулирования движения с ограничением въезда (двухсекционный светофор, устанавливаемый на обеих сторонах въезда):

R — красный сигнал; G — зеленый сигнал;
1 — знак «Остановитесь здесь при красном сигнале светофора» (знак со стрелкой, направленной в противоположную сторону, находится на другой стороне въезда); 2 — опора, разрушающаяся при наезде (размеры даны в метрах)

Ограничение въезда следует использовать только тогда, когда это повышает эффективность функционирования системы в целом.

На рис. 19.1 и 19.2 показана типичная схема регулирования движения с ограничением въезда.

Развитие метода регулирования движения на въездах с контролем интенсивности движения шло в направлении учета не только локальных условий движения, но и ситуации на большом протяжении автомагистрали, особенно перед суженными участками.

В первых системах регулирования устанавливалась предельная интенсивность движения на въезде применительно к параметрам движения только на прилегающем участке автомагистрали.

В первых экспериментах такого рода в Чикаго допустимый объем движения на въездах определяли по результатам измерения запытости полос автомагистрали.

При проведении экспериментов в Хьюстоне и Лос-Анджелесе использовали более простое оборудование с жесткой программой работы и предварительным установлением предельного количества въезжающих на автомагистраль транспортных средств. Подобные системы основаны на предшествующем изучении особенностей движения в конкретном районе. Такие системы и вызывные системы, регулирующие движение по текущим данным о нем, взаимно исключают друг друга и не могут работать совместно. Поскольку жесткая система регулирования основана на предшествующих данных, то она работает в неизменном режиме вплоть

до момента подготовки нового анализа движения; после завершения которого может потребоваться перераспределение спроса и пропускной способности.

Системы регулирования с автоматическим ограничением въезда становятся более эффективными по мере увеличения количества применяемой измерительной аппаратуры в составе подсистемы контроля за движением. Такие системы тяготеют к идее многоуровневого регулирования, основанного на том, что последовательное уточнение параметров регулирования и выделение новых более высоких уровней не вступают в противоречие с теми более низкими уровнями, на которых регулирование уже осуществляется: Например, на работу локального устройства с измерением занятости полос автомагистрали в зоне въезда не должны отрицательно влиять никакие другие требования к системе регулирования. Это происходит из того, что определение допустимого объема движения на въезде основано на предотвращении помех движению по автомагистрали в данном месте. Если упомянутое устройство войдет в более крупную систему регулирования, то может случиться так, что допустимое число автомобилей, которым разрешен доступ на магистраль с въездов, связанных между собой данной системой и расположенных по потоку выше суженного участка магистрали, окажется ниже определенного местными логическими схемами регулирования. В такой ситуации число автомобилей, выезжающих на магистраль, должно быть уменьшено в соответствии с требованиями всей системы регулирования. Если же система разрешает доступ в объеме, превышающем возможность въездов, то определяющей должна быть местная стратегия регулирования.

Итак, первым существенным шагом совершенствования регулирования движения на въездах по сравнению с изолированными локальными устройствами является координация работы таких устройств, расположенных по потоку выше суженного участка автомагистрали. Стратегия регулирования в такой ситуации, когда суженный участок идентифицирован и допустимый объем движения по нему определен, заключается в ограничении въезда на автомагистраль таким образом, чтобы не происходило перегрузки суженного участка. В подобной системе ограничения по въезду на магистраль оказываются более жесткими, чем те, которые предписываются локальными средствами регулирования. Водителя, выезжающего на автомагистраль, это может в некоторой степени поставить в недоумение, поскольку в зоне въезда он не видит затора или чрезмерной плотности движения, которые имеют место далее на суженном участке.

Следовательно, метод регулирования в такой ситуации заключается в определении пропускной способности суженного участка по данным измерения транспортного потока и в установлении допустимых объемов движения на въездах, расположенных по потоку выше суженного участка. Важная переменная здесь — это транспортный поток, покидающий магистраль по нерегулируемому съезду, расположенному между суженным участком и въездом выше по потоку. Объем движения по суженному участку есть сумма объемов движения по автомагистрали и с въездов минус объем на съезде. Путем регулирования движения на въездах удастся сгладить флуктуации входных потоков и добиться стабильного состояния потоков в рамках системы в целом. Объем движения на съездах, напротив, никогда не бывает стабильным. Данные о съезде с магистрали поступают в систему регулирования и вызывают корректировку параметров выезжающих на магистраль потоков. Поскольку ситуация движения на суженном участке и на въездах, расположенных выше по потоку, сдвинуты во времени, то регулирование при максимальной загрузке суженного участка носит консервативный характер. При увеличении занятости полос на суженном участке режим регулирования на таких въездах становится более жестким. Если на некотором участке между въездом на него и суженным местом обнаруживается скопление транспортных средств, то въезд на участок еще более ограничивается для сокращения затора и повышения уровня обслуживания.

Параметр, по которому осуществляется регулирование, — это прежде всего желательный уровень обслуживания пользователей системы. Регулируя оперативный уровень обслуживания, можно в течение длительного времени обеспечивать пропуск значительных объемов движения по всей длине транспортного коридора. Однако на выходе суженного участка часто наблюдается расхождение между интенсивностью движения и уровнем обслуживания. Выходной поток регулирует-

Горого участка, заканчивающегося сужением «небольшой» протяженности, может быть резко снижен, так как коротким сужениям с предшествующими им въездами уплотняют движение в большей степени, чем сужения большой протяженности. Речь идет о сужениях длиной порядка 100 м, а в некоторых случаях их протяженность составляет 6—9 м. В данном случае система измеряет уровень обслуживания на автомагистрали в зоне всех въездов и по результатам измерения устанавливает допустимый объем движения на въездах. Полученная величина затем сравнивается с объемом, допустимым по состоянию движения на расположенном ниже сужении; в качестве контрольного параметра для схемы регулирования выбирается наименьший допустимый объем движения на въезде. Такое регулирование часто оказывается более консервативным, чем регулирование по данным о местной ситуации у того или иного въезда.

Подобная система регулирования очень чувствительна к дорожно-транспортным происшествиям, возникающим на регулируемом участке. Если происшествие происходит далеко от сужения, то после обнаружения его подсистемой контроля система вырабатывает новый режим регулирования для въездов, расположенных по потоку выше места аварии, и вводит локальное регулирование на въездах ниже места аварии, обеспечивая пополнение основного потока на автомагистрали, который вследствие аварии стал менее плотным.

Другой метод — это регулирование въезда на магистраль с поиском приемлемых разрывов в транспортном потоке по автомагистрали. По сравнению с методом ограничения въезда этот метод обходится дорожке, поскольку требует применения большего количества аппаратуры. Серия детекторов, размещенных на крайней правой полосе, связана с центром управления, где ЭВМ анализирует поток по этой полосе. Машина опрашивает детекторы и измеряет интервалы между парами следующих друг за другом автомобилей. Если величина этого интервала равна или больше заданной, то автомобиль пропускают с въезда, и он выходит на крайнюю правую полосу магистрали. Такой метод наиболее эффективен в тех случаях, когда помехи основному транспортному потоку по автомагистрали, создаваемые въезжающими на автомагистраль транспортными средствами, наблюдаются в течение длительного времени, например, например в течение получаса за час пик.

Регулирование по приемлемому интервалу может быть также целесообразным, когда длина полосы ускорения у въезда недостаточна. Однако, не следует рассматривать такой метод регулирования как освобождение от необходимости устраивать полосы ускорения нормальной длины. При наличии полосы ускорения 90 м и больше вполне удовлетворительно может работать обычная система регулирования с ограничением объема входящего потока. Таким образом, регулирование с поиском разрывов лучше использовать при длине полос ускорения 90 м и менее. Метод эффективен, если объем движения на въезде не превышает 500 ед/ч. При более значительном объеме очереди становятся настолько большими, что появляется необходимая организация регулирования с ограничением въезда. При этом методе регулирования движения должен учитываться еще один важный фактор — объем движения на участке автомагистрали перед въездом. Объем движения по крайней правой полосе плюс объем движения, пропускаемый с въезда на магистраль, не должен превышать 1800 ед/ч.

Регулирование с поиском разрывов весьма подобно локальному регулированию с ограничением въезда на магистраль. При регулировании с поиском разрывов максимально допустимый входящий поток на магистраль может быть и как правило, в самом деле больше, чем при регулировании по пропускной способности суженного участка. В такой ситуации увеличивается установленная длительность разрыва, в результате чего предельный поток на въезде сокращается. По мере увеличения объема движения на въезде работа системы регулирования с поиском разрыва все больше начинает зависеть от условий движения в сужении.

Допустимые потоки (определенные расчетом исходя из пропускной способности магистрали) с въездов на городские автомагистрали в часы пик обычно достаточно незначительны в том смысле, что при условии строительства автомагистрали в соответствии с современными стандартами никаких трудностей при выполнении маневра слияния с транспортным потоком по магистрали обычно не возникает. В такой ситуации наиболее оптимальным оказывается регулирование доступа, построенное по принципу «один автомобиль за фазу открытого въезда». Когда условия движения на магистрали нормальны, то и потоки на въездах невелики. Если

спрос на каком-либо въезде во внепиковые часы оказывается высоким, то регулирование с поиском разрывов может быть полезным с точки зрения предотвращения вхождения транспортных средств в отдельные плотные пачки, движущиеся по магистрали.

В этих условиях выезжающие даже по одному за фазу открытого выезда автомобили могут вписаться в интервалы между пачками автомобилей, если на полосах ускорения автомобиль может достичь скорости, характерной для движения по скоростной магистрали.

Многие водители в подобной ситуации не испытывают затруднений в выполнении маневра выезда на автомагистраль. Совершенствование данного метода регулирования может заключаться в использовании данных о пунктах отправления и назначения для оптимизации транспортного потока методом линейного программирования или каким-то другим методом программирования. Применение некоторых таких методов налагает дополнительные требования на вычислительное оборудование, а если используется регулирование по условиям движения в сужении, то выигрыш от их применения может оказаться совершенно незначительным. Уровень обслуживания, по всей видимости, может оказаться не выше, чем при использовании более простых методов регулирования вследствие разброса характеристик прохождения транспортными средствами полосы ускорения и относительной стабильности интервалов в потоке по автомагистрали.

Еще один путь совершенствования системы регулирования — перераспределение очередей на отдельных въездах. Как правило, при перегрузке въездов на них образуются очереди и нет возможности организовать регулируемый въезд в каком-то другом месте. Рационализацию очередей можно осуществить допущением более длинных очередей на тех въездах, которые в меньшей степени взаимодействуют с пересекающими их улицами или потоками при одновременном уменьшении очередей на тех въездах, которые взаимодействуют с другими дорогами и проездами в большей степени. Этот путь следует в подходящих обстоятельствах использовать на практике. Однако зачастую спрос определяет формирование очередей на всех въездах. В том случае, если очереди транспортных средств мешают движению по другим улицам, может быть целесообразным полное закрытие того или другого въезда.

Помимо центральной ЭВМ, в системе предусмотрены дополнительные контроллеры для непосредственного управления светофорами и дорожными знаками на въездах. Это оборудование может быть автономным или связанным с центральной управляющей ЭВМ. Контроллеры могут быть расположены непосредственно на въездах или в центре управления. Когда устройство находится на месте, оно собирает местную информацию, вырабатывает решения об управляющих воздействиях и переключает сигналы светофора на месте. Однако центральная система может взять управление светофором на себя или изменить программу работы местного контроллера.

В тех случаях, когда между средствами регулирования на местах и центром управления существует постоянная связь, работа местных контроллеров на въездах может быть запрограммирована при помощи центральной ЭВМ или на печатных платах, находящихся в центре управления. В последнем случае система регулирования движения может продолжать работать при ручном управлении, если ЭВМ откажет в работе. Вообще, потребности в регулировании на въездах таковы, что управление контроллерами при помощи центральной ЭВМ практически не применяются.

Если стоимость системы с центром управления превышает стоимость системы с местными ЭВМ специального назначения, то следует тщательно рассмотреть последний вариант. Если стоимость системы телеметрирования не слишком высока, то можно передавать фактические данные в центр управления и получать из последнего соответствующие команды.

Размещение оборудования на местах означает, что потребуются организация специальной системы технического обслуживания. Если оборудование находится в центре управления, то персонал службы технического обслуживания может заменять и ремонтировать оборудование непосредственно в центре и тем самым быстро восстанавливать работоспособность системы. В любом случае центральная ЭВМ сама выявляет неполадки в системе контроля и регулирования движения и неисправности оборудования.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ УСТАНОВОК

Наиболее существенная роль телевидения в системах контроля и регулирования движения — обеспечение оператора достоверной информацией, подтверждающей потребность в специальной помощи на месте дорожного происшествия. Когда автоматическая система обнаружения дорожно-транспортных происшествий сама инициирует соответствующие действия по стандартной программе, тогда эта система является вполне адекватной. Если же оператору необходимо ускорить выезд службы оказания помощи или самому воздействовать на ситуацию, то он нуждается в визуальной информации.

Промышленные телевизионные установки (ПТУ) могут выполнять следующие три существенные функции:

помогать в реализации определенных регулирующих воздействий;

служить в качестве средства идентификации дорожно-транспортных происшествий;

служить в качестве дополнения к телефонной системе помощи водителю для определения вида требуемой помощи в тех местах, где размещение телефонов невозможно или практически нецелесообразно.

Для того чтобы принять решение о закрытии въезда или начать регулирование по полосам, может потребоваться дополнительная визуальная информация, которая и позволит разработать правильный план действий. Наконец, телевидение можно рассматривать как средство для постоянного наблюдения за местами, где часто возникают заторы или дорожно-транспортные происшествия.

Работа ПТУ может быть так скоординирована с работой детекторов подсистемы контроля, что сигнал об обнаружении дорожно-транспортного происшествия автоматически включает указатель камеры, изображение с которой следует вывести для наблюдения на монитор.

ПТУ не следует рассматривать как основное средство для наблюдения за движением. Как системы сбора данных ПТУ неэффективны.

Применение телевидения может значительно облегчить работу по координации усилий полиции, ремонтно-технических бригад и служб оказания неотложной помощи; все эти группы и люди в одном и то же время могут находиться в разных местах на автомагистрали. ПТУ позволяет осуществлять координированное управление действиями на месте дорожно-транспортного происшествия; она дает возможность принимать решения на основе информации, поступающей с места аварии, такой, какой она представляется глазам оператора, а не только сообщаемой отдельными специализированными группами. Необходимость в экстренных действиях может быть особенно острой для тех участков скоростной магистрали, на которых нет обочин или мест для стоянки автомобилей, потерявших управление или с заглохшим двигателем. Детекторы могут указать место дорожно-транспортного происшествия, оказавшего воздействие на транспортный поток по автомагистрали, а телевидение способно помочь в устранении его последствий. На критических участках важно не только указанное выше, но и быстрое удаление с места дорожно-транспортного происшествия персонала полиции и служб технического обслуживания и оказание помощи для того, чтобы как можно быстрее пропускная способность магистрали восстановилась до нормального уровня.

Центр управления. В состав оборудования центра управления должны входить ЭЦВМ с соответствующими терминалами, пульта связи и посты управления, а также средства, необходимые для диспетчеризации автомобилей аварийно-спасательных и ремонтно-технических служб в случае дорожно-транспортного происшествия на автомагистрали. Центр управления принимает, анализирует и оценивает информацию о движении и на этом основании вырабатывает управленческие решения.

Центр должен иметь оборудование для передачи информации не только средствам массовых коммуникаций, но и для оповещения широкой публики.

Центр управления — не только пункт сосредоточения аппаратуры связи и управляющего оборудования; персонал центра должен поддерживать хорошую рабочую взаимосвязь с другими службами, например с полицией, СПВ и ремонтно-техническими бригадами. Необходимо также эффективное сотрудничество с учреждениями, занимающимися организацией движения, и другими учреждениями в юрисдикции которых находятся участки, по которым проходит автомагистраль.

Все это важно потому, что функционирование скоростных автомагистралей и городских транспортных артерий нельзя рассматривать в отрыве друг от друга.

Обслуживание участников дорожного движения. Последнее и едва ли не самое важное звено в цепи событий, связанных с дорожно-транспортным происшествием, — это быстрое устранение последствий аварии и оказание эффективной помощи любому, кто оказался в нее вовлеченным. Длительность нарушения нормальных условий движения при аварии значительно больше, чем при обычном заторе или перегрузке магистрали. Экономия средств от устранения последствий аварии на автомагистрали в 10 раз превосходит эффект от введения регулирования движения по ней. Осознание пагубности дорожно-транспортных происшествий в пределах системы автомагистралей привело к пониманию необходимости, помимо организации регулирования на въездах, принимать экстренные меры на месте дорожно-транспортного происшествия.

Подсистема контроля за движением — основное средство обнаружения дорожно-транспортных происшествий. Ее дополняет патрулирование магистрали полицией. Тем не менее достоинства данной подсистемы в обнаружении дорожно-транспортных происшествий не было в полной мере оценено, поскольку до последнего времени не обеспечивалась возможность быстро реагировать на выявление аварии. Потенциальный выигрыш от быстрого устранения последствий аварий в пределах автомагистрали и транспортного коридора в целом, зависит от программы действий полицейских патрулей в зоне аварии. Такая программа должна предусматривать в идеале немедленное включение в работу по полному устранению всех следов дорожно-транспортного происшествия с магистрали, всех служб, имеющих отношение к ее функционированию, как только дорожно-транспортное происшествие будет устранено. Качество такого устранения во многом зависит также от методов работы соответствующих служб; эти методы должны предусматривать возможно быстрое удаление персонала с места дорожно-транспортного происшествия и, составление всей необходимой документации в стороне от магистрали, чем значительно повышается уровень безопасности не только для тех, кто вовлечен в аварию, но и для других участников движения.

Нормальная работа автомагистрали не нарушается, если средний объем движения по полосе составляет около 1800 ед/ч. В расчетах обычно принимают за проектную величину 1500 ед/ч. При ДТП, крупном заторе или возникновении иной помехи для движения интенсивность движения падает до 1200—1300 ед/ч на полосу. Таким образом, на участке с четырехполосным движением в каждом направлении дорожно-транспортное происшествие на одной из полос, привлекающее внимание других водителей, приводит к тому, что объем движения падает с 7200 до 3600 ед/ч, или на 50%.

Когда объем движения превышает 1200—1300 ед/ч на полосу, поставленный или брошенный на обочине автомобиль или работающая группа полиции могут обусловить снижение интенсивности движения и возникновение затора или ударных волн. Один из основных факторов, вызывающих задержки в движении, — любопытство, проявляемое водителями к происшествиям, возникшим на полосах встречного движения.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЛУЧШЕНИЕМ ГЕОМЕТРИИ ДОРОГ

Для сохранения равновесия между спросом и пропускной способностью автомагистрали можно использовать два метода. Один — сокращение спроса регулированием доступа на автомагистраль с примыкающих въездов; другой — повышение пропускной способности автомагистрали с учетом максимального спроса.

В городских районах многие первоначальные проекты автомагистралей носили компромиссный характер в основном из-за недостатка земель. В этих условиях полное перепроектирование автомагистрали, т. е. изменение всех ее геометрических параметров, зачастую практически нецелесообразно. Однако значительный выигрыш можно получить, реконструируя автомагистраль в пределах существующей полосы отвода. Например, можно перепланировать ширину проезжей части, обочин и разделительной полосы для повышения пропускной способности некоторого конкретного участка магистрали. Поскольку спрос непрерывно меняется,

а изменение геометрических параметров автомагистрали изменяет структуру спроса, то реконструкцию желательно осуществлять постепенно шаг за шагом. На автомагистрали с обочинами и разделительной полосой может быть целесообразным начать с изменения разметки покрытия и обочин для выделения дополнительных полос. После этого можно приступить к модернизации разделительных полос и оформлению их в виде разделительных барьеров и, наконец, закончить полной реконструкцией участка.

Исключительно важно иметь уверенность в том, что увеличение пропускной способности автомагистрали действительно приведет к повышению качества функционирования системы. Например, расширение одного небольшого участка автомагистрали может не дать ничего, кроме незначительного увеличения скорости движения по такому расширенному участку, после которого поток попадет в следующий, суженный участок. Во избежание нецелесообразной реконструкции работы по повышению пропускной способности следует продвигаться навстречу транспортному потоку.

Важность зависимости «спрос — пропускная способность» заключается в том, что геометрические параметры зависят от возможностей тем или иным способом регулировать спрос. В некоторых случаях после увеличения пропускной способности автомагистрали может быть необходимым ограничение возрастающего спроса с тем, чтобы уровень обслуживания остался достаточно высоким.

Если регулировать спрос, то средства, затраченные на реконструкцию, окупятся в форме повышения качества работы магистрали.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Первые крупные эксперименты по контролю и регулированию движения, выполненные в тщательно выбранных местах, показали, что ожидаемые выгоды могут быть получены. Указанные места определяют как транспортные коридоры, в которых нарушение скоростного движения обусловлено плохой его организацией, или как такие, в которых заторы вызывают чрезмерный спрос.

Характеристические показатели качества работы этих двух типов систем существенно различаются. На автомагистрали, где основные проблемы создаются из-за неудовлетворительной ее геометрии, значительное снижение дорожно-транспортных происшествий обеспечивается системой контроля и регулирования движения. Если основная проблема — повышенный спрос, тогда снижение частоты ДТП затруднено. При наличии геометрических ограничений труднее предотвратить нарушения движения в сужениях. В других ситуациях уровень обслуживания на суженных участках может длительное время оставаться высоким.

Достоинства систем обеих категорий можно суммировать так:

1. **Общий пробег по автомагистрали.** В транспортном коридоре суммарный пробег транспортных средств в километрах остается неизменным в пределах точности измерительного оборудования. Таким образом, система контроля и регулирования движения удовлетворяет один и тот же спрос на проезд по магистрали, но при разном уровне обслуживания.

2. **Общее время движения.** По данным многих экспериментов общее время движения в коридоре значительно сокращается. Для определения этого параметра точно измеряют время движения по автомагистрали, время, затраченное на ожидание в очередях на въездах, и время проезда по прилегающим магистральным улицам. Суммарное время движения по таким улицам остается практически неизменным, но зато время движения по автомагистрали резко уменьшается. Это сокращение особенно велико в тех случаях, когда регулирование осуществляется постоянно и последовательно, а саму магистраль отличает отсутствие суженных участков. Уровень обслуживания по магистрали от показателя F переходит к показателю D . Минусом при таком изменении являются увеличение длительности задержек на регулируемых въездах, а в некоторых случаях и на прилегающих к месту въезда пересечениях с городскими улицами. Определяя длину очереди через разные промежутки времени, можно рассчитать время задержки на въезде. Данные по объему потока и времени задержки по каждому направлению движе-

ния через прилегающий перекресток дают возможность определить суммарную задержку на нем.

Суммарное сокращение времени движения по автомагистрали должно всегда превышать потери времени на въездах. Критической следует считать ситуацию, когда экономия времени на автомагистрали приближается к потерям времени на въездах и перекрестках. Эффективная система регулирования движения должна обеспечивать значительное уменьшение общего времени движения применительно к транспортному коридору в целом.

3. Частота ДТП и опасных ситуаций. На автомагистралях с участками неудовлетворительной геометрии, где возникают заторы, система контроля и регулирования движения обеспечивает значительное сокращение ДТП (как на самой магистрали, так и на въездах). Применение на въездах принципа «один автомобиль за фазу разрешенного въезда» нормализует доступ на автомагистраль и приводит к уменьшению числа опасных маневров в зоне въезда. Когда полосы ускорения на въезде не отвечают стандарту, регулирование доступа на автомагистраль в этом отношении особенно полезно.

На автомагистралях, выполненных в отношении геометрии на высоком уровне, снижения частоты дорожно-транспортных происшествий не наблюдается. Напротив, в начальный период работы системы регулирования их число даже несколько возрастает.

4. Задержки движения, обусловленные дорожно-транспортными происшествиями и помехами. Подсистема контроля обеспечивает регистрацию дорожно-транспортных происшествий и других нарушений движения. Прежние попытки определить воздействие различных стратегий регулирования на количество возникающих помех для движения и величину вызываемых ими задержек, имели ограниченный успех из-за того, что на контрольных участках продолжалось возникновение помех. Хотя частота дорожно-транспортных происшествий довольно высока, достоверно предсказать их время, место и степень серьезности невозможно. Задержки, обусловленные аварией, значительно продолжительнее, чем при возникновении затора (в некоторых случаях в 10 раз). Поэтому быстрое устранение последствий аварии эффективнее в отношении сокращения задержек, чем регулирование на въездах. Потенциальный эффект от быстрого удаления помех для движения из транспортного коридора зависит от программы оперативных действий соответствующих служб. Один из главных факторов, обуславливающих резкое увеличение длительности нарушения движения — привлечение внимания водителей к аварии, произошедшей на полосах встречного направления движения.

5. Образование заторов. Подсистема контроля дает возможность соответствующей службе следить за процессом возрастания интенсивности движения. Как указано выше, для автомагистрали допустимым является объем движения 1800 ед/ч на полосу в среднем, хотя проектная величина обычно составляет только 1500 ед/ч. ДТП или иная крупная помеха могут привести к 50%-ному снижению объема движения по автомагистрали. Если интенсивность движения на полосах превышает 1200 ед/ч, то привлекающие внимание предметы и действия на обочине могут вызвать образование затора. Поэтому указанная интенсивность является критерием введения системы контроля. Когда объем движения с въездов быстро растет, на автомагистрали могут возникнуть заторы. Если своевременно начать регулирование на въездах и уравнивать регулируемые дополнительные объемы движения со спросом, то задержки или вовсе не возникнут, или будут незначительными. Нормальная работа системы контроля дает возможность инженеру по организации движения получать оперативную информацию, необходимую для своевременного предотвращения уплотнения движения, которое столь часто наблюдается на автомагистралях без регулирования движения.

СТОИМОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ

Стоимость. Детекторы. Стоимость детекторов вместе с их установкой для крупных систем контроля и регулирования движения составляет в зависимости от местных условий от 500 до 1000 долл. Детекторы на городской сети магистральных улиц обходятся значительно дешевле. Повышенная стоимость их

установки на автомагистрали обусловлена затратами на дополнительные средства регулирования движения, необходимые при проведении работ.

Средства связи. Трудно сделать выбор между арендуемыми и специально прокладываемыми собственными линиями связи. При составлении сметы, как правило, исходят из того, что линии связи в пределах полосы отвода дороги будут находиться в собственности администрации, а за ее пределами — арендуемыми. В рассматриваемых системах широкое применение нашел метод частотного уплотнения каналов, который обходится дешевле при небольших объемах передаваемых данных. Когда требуется собрать в одной точке большое количество информации, а затем передать ее в центр управления, то практически и экономически более целесообразным становится метод временного уплотнения. Если используется частотное уплотнение каналов, то приходющаяся на каждый детектор стоимость установленных на месте и присоединенных к сети прямо-передающих устройств составляет 300—500 долл. Если применяется временное уплотнение, то экономия средств определяется тем фактором, что по одному каналу передается информация с 10 или большего числа детекторов. При выборе системы связи следует исходить не только из величины капитальных затрат. Более важной является возможность приглашения квалифицированного персонала для обслуживания системы, а также стоимость ее технического обслуживания и содержания.

Вычислительное оборудование. Для системы контроля и регулирования движения не требуется разработка специального оборудования. Применительно к потребностям таких систем существует высококачественное и хорошо освоенное вычислительное оборудование. При покупке ЭЦВМ следует ориентироваться только на универсальные модели. Должны широко использоваться пакеты стандартных программ, поставляемых вместе с машиной, для сведения к минимуму программирования, организуемого администрацией. Поскольку многие службы не имеют ни времени, ни опыта для разработки программ, то эффективность системы контроля и регулирования движения может быть значительно снижена из-за некачественного программирования. Разработку нового математического обеспечения следует предпринимать, только полностью осознав необходимость в этом, и определив соответствующие требования. Стоимость вычислительной системы составляет 200 000—400 000 долл.

Здания. В центре управления требуются площади для размещения вычислительного оборудования, информационных табло, пультов управления, средств связи и персонала. Для крупной системы требуется 450, а в городских условиях 900 м² полезной площади. Стремясь снизить затраты на приобретение земли, часто стараются разместить оборудование системы контроля и регулирования движения в полосе отвода автомагистрали. Размещение центра управления в арендованном помещении обычно невыгодно, если не удается заключить долгосрочного соглашения об аренде.

Эксплуатационные расходы. Стоимость технического обслуживания зависит от порядка, установленного службой, эксплуатирующей систему, но в среднем для крупной системы она составляет в год 10% капитальных расходов на ее создание.

Планирование и проектирование. Чтобы обеспечить эффективность и гибкость системы, в проекте автомагистрали с самого начала должно быть обеспечено следующее:

1. Непрерывность маршрутов в коридоре. Фронтальные дороги, если они имеются, должны быть в пределах коридора сквозными. Нецелесообразно вкладывать средства в строительство таких дорог вдоль некоторых участков магистрали, с тем чтобы обходиться без таковых на критических участках.

2. Размещение примыкающих въездов на возможно большем удалении от уличных перекрестков. Чем дальше место въезда от пересечения подъезда к нему с ближайшей улицей, тем эффективнее регулирование на въезде.

3. Ширина регулируемых въездов не должна превышать ширины одной полосы, т. е. 3,6 м. Однако обочины должны быть полной ширины для обеспечения экстренного объезда в необходимых случаях.

4. Обеспечение включения в основной поток автомагистрали автобусов и скоростного общественного транспорта. Конечные остановки должны быть связаны с автомагистралью специальными рампами для обеспечения приоритета общественному транспорту.

5. Конструктивная прочность обочин в зоне сужений должна быть достаточной для расширения проезжей части с минимальными затратами, в том числе за счет выделения разметкой большего числа полос.

6. Оперативная гибкость должна быть встроена в систему. Проектом должно быть предусмотрено неизбежное увеличение интенсивности движения.

Глава 20

НЕЙЛОН ДЖ. РАУЭН, НЕД И. УОЛТОН

ОСВЕЩЕНИЕ ДОРОГ И ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Освещение должно обеспечивать возможность водителям транспортных средств двигаться вечером и ночью с полной безопасностью и максимальными удобствами. Водитель должен иметь возможность ясно видеть все детали среды движения, которые являются важными для вождения, и уверенно и своевременно устанавливать их местоположение. Пешеход должен также видеть свой путь и определять свое положение относительно транспортных средств и всех возможных препятствий.

Комплекс дорожных условий должен предоставлять водителю обширную информацию как в формальном смысле в виде дорожных знаков, сигналов, линий разметки и указателей на стойках, так и в неформальном смысле в виде обеспечения хорошей видимости во всех необходимых направлениях. Цель информации, визуальной или какой-либо другой — уменьшить неопределенность. И если неопределенность продолжает существовать, то возможные альтернативные решения не могут быть правильно оценены.

Количество визуальной информации, необходимое для водителя, находится в прямой зависимости от того, что делает водитель при выполнении своей основной задачи — управлении транспортным средством. Требования к стационарному освещению основываются на том, как водитель видит и что ему необходимо с точки зрения информации для правильного выполнения своей задачи.

ОСВЕЩЕНИЕ И ЗРЕНИЕ

Свет. Свет представляет собой лучистую энергию, определяющую способность вызывать зрительные ощущения. Световая энергия определенной длины волны, излучаемая источником, имеющим достаточную угловую величину, становится видимой, когда количество излучаемой или отражаемой энергии оказывается достаточным, чтобы возбудить рецепторы человеческого глаза.

Контрастность. Контрастность представляет собой одну из важнейших характеристик, обеспечивающих визуальное восприятие в условиях темноты. В значительной степени процесс узнавания объектов основан на определении различия в яркости объекта и его окружения. В условиях темноты препятствие может иметь вид темного предмета на более ярком фоне (различимость по силуэту) или более яркой области на темном фоне (различимость по обратному силуэту). Для усиления способности различать по силуэту очень важны яркость дорожного полотна и равномерность распределения яркости вдоль и поперек проезжей части дороги. Различимость по обратному силуэту обычно имеет место в отношении объектов, которые расположены в зоне, примыкающей к дороге, выступающих над поверхностью проезжей части дороги (например, разделительные островки и опоры мостов и эстакад), и верхней части пешеходов и автомобилей.

Различимость по деталям поверхности. Различимость по деталям поверхности в значительной мере зависит от уровня непосредственной освещенности поверх-

ности объекта, обращенной к водителю. Объект можно видеть в этом случае по различиям в яркости или цвете деталей поверхности независимо от общего контраста с фоном. Различимость по деталям поверхности может оказаться основным способом видимости в условиях интенсивного транспортного движения, когда сложность дорожной ситуации требует визуального восприятия значительного количества деталей.

Острота зрения. Чувствительность зрения к контрасту, или способность видеть различия в яркости, позволяет обнаружить присутствие объекта, но узнавание большинства из них обычно осуществляется за счет остроты зрения. По своему определению острота зрения представляет собой способность глаза различать мелкие детали. При вождении транспортного средства имеет значение острота зрения двух видов — статическая и динамическая.

Статическая острота зрения проявляется в том случае, когда и водитель, и объект неподвижны, и зависит от яркости фона, контрастности и продолжительности процесса зрительного восприятия. С увеличением освещенности объекта острота зрения улучшается до достижения яркости фона, равной около $0,003 \text{ кд/м}^2$, а затем при дальнейшем увеличении освещенности остается постоянной. Статическая острота зрения улучшается также с увеличением контрастности объекта. Оптимальным временем для обеспечения достаточной статической остроты зрения является время от 0,5 до 1,0 с при условии, что другие факторы визуального восприятия остаются постоянными на определенном допустимом уровне.

Если происходит относительно перемещение водителя и объекта, как, например, в условиях движения автомобиля, разрешающая способность глаза определяется его динамической остротой. Динамическая острота зрения меньше, чем статическая, так как движения глаза не позволяют удерживать изображение, получаемое глазом, на одном и том же месте его сетчатки. Изображение в этих условиях получается смазанным и, следовательно, контрастность уменьшается. Условия, благоприятные для проявления наилучшей динамической остроты зрения, — это медленное движение, достаточно длительное время наблюдения и хорошая освещенность. Эти условия редко выполняются при вождении в темноте, за исключением чтения дорожных знаков, что представляет собой очень важную задачу для динамической остроты зрения.

Ослепляющий свет. На водителя могут действовать два вида ослепляющего света:

яркий свет, вызывающий определенные неудобства (т. е. действующий психологически) — неудобства для работы зрачка, вызываемые действием источника яркого света;

яркий свет, вызывающий ослепление (физиологическое ослепление). Этот свет является сильной помехой, уменьшая чувствительность глаза к контрасту и снижая таким образом эффективность процесса зрительного восприятия.

Ослепляющий свет оказывает особенно неблагоприятное воздействие, когда зрению приходится работать в трудных условиях — при малой яркости предметов.

Неудобства, вызываемые ослепляющим светом, могут быть уменьшены снижением яркости светильников, увеличением высоты их подвеса и увеличением яркости фона в поле зрения водителя. Яркость светильников может быть снижена увеличением эффективной площади излучения ими света и снижением силы света при углах, больших тех, которые необходимы для обеспечения оптимальной освещенности проезжей части дороги.

Яркость фона можно увеличить повышением общего уровня освещенности. Физиологическое ослепление может быть снижено увеличением высоты подвеса светильников, удалением светильников в стороны от линии прямого видения и увеличением яркости фона.

Эффективными практически мерами при проектировании освещения для снижения психологического и физиологического ослепления являются увеличение высоты подвеса светильников, расположение опор светильников в стороне от дороги и ограничение излучения света светильниками в тех направлениях в горизонтальной и вертикальной плоскостях, в которых видимость светильников для водителей наиболее значительна.

Продолжительность зрительного восприятия. Время, имеющееся в распоряжении водителя для зрительного восприятия, независимо от того, осуществляется ли узнавание объекта или восприятие дорожной ситуации, является очень важным

Важнейшие элементы условий вождения в темноте

Элементы	Вид информации	Описание
Геометрия дороги	Положение. Ситуация	Восприятие рельефа, направления дороги и ее формы в поперечном сечении на расстоянии, соответствующем скорости движения
Пересечения	Ситуация. Местоположение на местности	Восприятие взаимных пересечений дорог, расположенных впереди, на расстоянии, соответствующем скорости движения
Средства разделения движения по направлениям	Положение. Ситуация	Восприятие линий разметки, бордюров, средних разделительных полос и т. д., которые определяют предписываемый путь движения
Средства разделения полос движения	Положение. Ситуация	Восприятие линий разделения движения по полосам, краевых и центральных линий разметки
Придорожная полоса и сооружения на ней	Положение. Ситуация. Местоположение на местности	Восприятие водителем окружающих условий для динамического их определения и установления возможных препятствий для движения
Бордюры	Положение. Ситуация	Восприятие водителем бордюров как объекта и направляющей линии
Подъездные дороги	Ситуация	Восприятие водителем разрывов в линии бордюра, изменений в характере дорожного покрытия или других особенностей, указывающих на возможность въезда на автомагистраль
Пешеходы	Ситуация	Восприятие водителем пешеходов на проезжей части дороги или рядом с ней и определение условий возможности предотвращения конфликта
Транспортные средства	Положение. Ситуация	Восприятие водителем прочих транспортных средств на дороге, их местоположения и направления движения по отношению к местоположению и направлению движения своего транспортного средства
Дорожные знаки	Ситуация. Местонахождение на местности	Узнавание водителем дорожных знаков и восприятие их смысла
Сигналы	Ситуация	Восприятие водителем цвета и(или) направления сигналов светофора, указывающих разрешенное направление движения
Край дорожного покрытия	Положение	Восприятие водителем края дорожного покрытия, различий в характере покрытия проезжей части и обочины
Очертание	Положение. Ситуация	Восприятие водителем очертания проезжей части дороги, указывающего на особенности дороги
Особенности геометрии	Положение. Ситуация	Восприятие водителем точек возможного конфликта: мест слияния транспортных потоков, направления и конфигурации наклонных въездов на автомагистрали и съездов с них

Элементы	Вид информации	Описание
Объекты на дороге	Ситуация	Восприятие водителем опасных объектов на дороге на расстоянии, соответствующем скорости движения
Состояние дороги	Ситуация	Восприятие водителем состояния дорожной поверхности, указывающего на определенные структурные и климатические особенности
Особые условия в придорожной полосе	Ситуация. Местоположение на местности	Восприятие водителем дорожных знаков, ориентиров и т. д., указывающих на нахождение в промежуточных точках маршрута следования или в месте назначения

параметром. Это время уменьшается с увеличением скорости передвижения и усложнением дорожной ситуации. Фактор времени становится особенно важным в местах с низкой освещенностью или при частых и резких изменениях яркости, когда глазу все время приходится приспосабливаться к новым меняющимся условиям освещения.

НЕОБХОДИМОСТЬ ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ВОДИТЕЛЯ

Количество визуальной информации, связанной с вождением транспортного средства, может быть поставлена в зависимость от уровня задачи, решаемой в данный момент при вождении. Эти уровни и необходимая для них информация следующие:

1. Определение положения: информация необходима для изменения направления и скорости движения. Необходимость в информации при этом в основном удовлетворяется разметкой дорожного полотна, обозначением края тротуара и дорог, разделением полос движения и указанием особенностей придорожной полосы.

2. Определение ситуации: информация требуется для определения необходимых изменений скорости, направления движения или положения на проезжей части дороги как результата изменений в геометрии дороги, характере транспортного потока и (или) окружающих условиях. Необходимость в информации меняется в зависимости от изменения типа дороги и сложности дорожной ситуации, возникающей в процессе вождения.

3. Навигационное определение информации необходимо для выбора маршрута и следования по нему от места выезда до места назначения. Необходимость в такой информации удовлетворяется в основном за счет формальных (дорожные знаки и т. д.) и неформальных (ориентиры и т. д.) источников информации

Определение положения и навигационные определения обычно могут легко проводиться при помощи собственных фар автомобиля, так как наиболее важные дорожные знаки, дорожная разметка и линии обозначения проезжей части имеют обычно отражательную поверхность или внутреннюю подсветку. Для получения информации, необходимой для определения ситуации, важное значение имеет стационарное освещение.

В табл. 20.1 перечислены наиболее важные элементы окружающих условий при вождении в темноте, которые должны приниматься во внимание при выборе вида стационарной системы освещения и зоны ее действия. При стационарном освещении эти элементы становятся более сложными и важными, если усложняются дорожные и окружающие условия. Эта сложность может рассматриваться как основание или минимальное оправдание для использования стационарной си-

стемы освещения, поскольку такие условия влекут за собой необходимость в получении водителем разнообразной информации. С точки зрения геометрии дороги необходимо видеть дорожные сооружения, въездные пути на автомагистрали, устройства разделения полос движения и другие элементы пересечения дорог зависит от сложности этих условий. А с точки зрения условий вождения высокие скорости, большая интенсивность движения транспортных средств, частые пересечения путей следования и, следовательно, большое количество возможных конфликтных ситуаций вызывают необходимость в большом количестве визуальной информации. Окружающие условия, например такие, как внешние источники освещения, строения в придорожной полосе и служебные подъездные дороги к автомагистрали, также создают необходимость в визуальной информации и наряду с другими объектами требуют к себе внимание водителя.

ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ

При стационарном освещении водитель обычно видит объекты на проезжей части дороги как темные силуэты на ярком фоне дороги. Следовательно, одной из важных задач применения стационарного освещения является обеспечение определенной яркости проезжей части дороги. Для решения этой задачи одинаково важны как уровень освещенности поверхности дороги, так и степень отражения света от этой поверхности.

Эффективные системы стационарного освещения должны обеспечивать соответствующее распределение света (без чрезмерно сильного и слепящего света), максимально ярко и равномерно освещать поверхность дороги. Однако светильники, используемые для освещения дорог, обычно не обеспечивают равномерного распределения света, так как большая часть светового потока, излучаемого ими, направлена вдоль проезжей части, чтобы увеличивалась длина светового пятна и уменьшалось необходимое количество светильников.

Способность поверхностей отражать свет зависит от: их текстуры, используемого материала; цвета и светлоты; степени, с которой они были подвержены сглаживанию благодаря движению по ним транспортных средств; степени их влажности.

Экономически оправданными могут оказаться светлые дорожные покрытия из бетона на основе портландцемента с синтетическим наполнителем и определенной обработкой поверхности, когда освещение приводит к получению значительных выгод.

Независимо от материала, используемого для изготовления дорожного покрытия, значение имеют текстура поверхности покрытия и его цвет, что должно приниматься во внимание при проектировании системы освещения. Для учета этого с достаточной точностью может быть использован коэффициент отражения, позволяющий предсказывать результирующую яркость дорожного покрытия после того, как та будет освещена светильниками. Величины этого коэффициента могут быть применены на этапе проектирования уровня освещенности для учета свойств поверхности дорожного покрытия.

Можно использовать для этого следующую простую классификацию:

<i>Свойства покрытия</i>	<i>Коэффициент отражения</i>
Очень светлое покрытие	0,34
Покрытие светлое выше среднего уровня	0,31
» средней светлоты	0,27
» темное ниже среднего уровня	0,23
Очень темное покрытие	0,19

Если определить покрытия со средним уровнем по величине коэффициента отражения, можно установить приблизительные весовые коэффициенты или множители для учета различных свойств покрытий по отражению. Эти множители приведены ниже:

Свойства покрытия	Множители
Очень светлое покрытие	0,80
Покрытие светлое выше среднего уровня	0,90
» средней светлоты	1,0
» темное ниже среднего уровня	1,2
Очень темное покрытие	1,4

Хотя данный метод имеет невысокую точность, все же он позволяет учитывать различную величину отражения покрытий.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ

Классификация дорог и пешеходных путей. Большинство улиц и дорог можно классифицировать с учетом их основных функций

1. Автомагистрали: часть системы дорог, которая служит основной сетью для движения транзитных транспортных потоков. Маршруты движения по автомагистралям соединяют основные зоны генерации транспортных потоков и наиболее важные дороги, подходящие к городам.

2. Коллекторные дороги: распределительные и собирающие дороги, используемые для движения транспортных средств между автомагистралями и дорогами местного значения. Они служат в основном для движения транспортных средств в пределах жилых, торговых и промышленных зон.

3. Дороги местного значения: дороги, используемые в основном для непосредственного доступа к жилым, торговым, промышленным или другим примыкающим к дороге объектам. Эти дороги не включают те, которые используются для транзитного движения.

Дороги местного значения большой длины разделяются на более короткие участки системой коллекторных дорог.

4. Скоростные автомагистрали: основные дороги с разделением потоков транспортных средств по направлениям движения, используемые для транзитного движения, с полным или частичным регулированием въезда и обычно имеющие транспортные развязки в местах пересечения с главными дорогами. Скоростные магистрали, используемые для движения легковых автомобилей в пределах парков или подобных им зон, обычно носят название парковых дорог.

5. Автострады: основные дороги с разделением потоков транспортных средств по направлениям движения, с полным регулированием въезда на них, без пересечений в одном уровне с прочими дорогами.

6. Аллеи: узкие проезды внутри кварталов, обычно используемые для подъезда на автомобиле с обратной стороны к частным владениям, расположенным вдоль более крупных дорог.

7. Тротуары: имеющие покрытие или улучшенные другим каким-либо способом дорожки, используемые для движения пешеходов и расположенные в пределах улиц, которые имеют также проезжую часть для движения автомобилей.

Классификация зон. Хотя приведенная выше классификация дорог в достаточной мере отражает различия в геометрии и условиях вождения, которые могут быть на их определенных участках, используется и дополнительная классификация застроенных территорий по типу зон и окружающих условий.

1. Торговые зоны. К ним относятся центральная, деловая часть города, где обычно имеется большое количество пешеходов и большая потребность в местах стоянки транспортных средств в часы пик или большое количество пешеходов и потребность в стоянках вне улиц в часы работы. Это определение применимо к плотно застроенным деловым зонам как в пределах центральной части города, так и за ее пределами.

2. Промежуточные зоны. Эта часть города, которая располагается за пределами центральной деловой части, но обычно в пределах торговой зоны или промышленной застройки, часто характеризуется средним уровнем напряженности движения пешеходов и несколько более низкой интенсивностью обмена на стоянках автомобилей, чем это наблюдается в торговых зонах города. Это определение

охватывает плотно застроенные жилые зоны, места расположения больниц, публичных библиотек и зоны, непосредственно примыкающие к центрам отдыха и развлечений.

3. Жилые зоны. Зоны, застроенные жилыми домами или смешанные с торговыми предприятиями, характеризуются небольшим количеством пешеходов и небольшими потребностями в местах стоянки транспортных средств или небольшой интенсивностью обмена в этих местах в темное время суток. Это определение охватывает зоны жилых кварталов. Сюда могут быть включены также местные парки, кладбища и незастроенные участки земли.

Интенсивность движения транспортных средств в темное время суток. В качестве одного из основных обоснований для установки стационарной системы освещения необходимо рассматривать интенсивность движения транспортных средств. Число несчастных случаев растет с увеличением среднесуточного количества автомобилей, как правило, с увеличением интенсивности движения транспортных средств пропорционально увеличивается и число столкновений автомобилей.

Для определения среднего количества транспортных средств в темное время суток можно проводить подсчет их на определенных участках дорог. Однако для автомагистралей высшего типа в США это количество достаточно точно оценивается как 25% от среднесуточного объема движения.

Скорости. В качестве одного из условий при обосновании необходимости в освещении дорог должны также учитываться и скорости движения транспортных средств. С увеличением скорости для зрительного восприятия остается меньше времени. Водителю должны предоставляться любые возможности для улучшения видимости, включая и дорожное освещение. Типовое электрооборудование автомобиля позволяет достигать скорости, приблизительно равной 72 км/ч.

Маневры транспортных средств и степень доступности природных объектов. Маневры транспортных средств и возможность доступа к придорожным объектам также должны учитываться, когда определяются условия, служащие обоснованием для организации стационарного освещения. В местах, где имеются частые повороты, подъезды к придорожным объектам и отъезды от них, а также маневры с перестроением автомобилей, освещение дорог является особенно важным. Необходимость в освещении увеличивается пропорционально частоте и сложности совершаемых маневров автомобилей.

Пешеходы. Количество смертельных случаев среди пешеходов чрезвычайно высоко в неосвещенных районах городов. Имеется определенная необходимость в освещении пешеходных переходов, пешеходных дорожек (особенно внутриквартальных), где велико количество пешеходов.

Дорожно-транспортные происшествия. Столкновения автомобилей друг с другом, наезды их на препятствия, на пешеходов в темное время суток должны обязательно учитываться при определении необходимости в стационарном освещении. В местах, где в темное время суток наблюдается большое число ДТП, или где высока потенциальная опасность ДТП (что обычно находит свое отражение в сложности условий вождения, геометрических характеристик дорог и окружающих условий) организация освещения дорог должна рассматриваться в качестве первоочередного мероприятия.

ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Техника освещения прошла длинный путь развития, начиная от факелов и масляных ламп наших предков, через газовые лампы, дуговые лампы, лампы накаливания, и пришла к высокоэффективным современным газоразрядным лампам.

Газоразрядные лампы с заполнением ртутными парами, изобретенные в 30-х годах, с тех пор подверглись значительному усовершенствованию и стали сейчас основным средством уличного освещения.

Источники света обычно сравниваются по светоотдаче, т. е. количеству люменов¹, приходящихся на один ватт затрачиваемой на их работу электроэнергии.

¹ Определение термина «люмен» дается далее.

Виды источников света

Лампы	Мощность, Вт	Светоотдача, лм/Вт	Срок службы, ч
Ртутные	175—1 000	55	24 000
Галогенные	175—1 000	90	12 000
Натриевые высокого давления	4 000	110	16 000
	1 000	130	16 000
Натриевые низкого давления	60—180	180	11 000
Люминесцентные	40—120	70	6 000

Принцип работы ртутной лампы характерен для всех газоразрядных ламп; излучение света происходит при прохождении электрического тока через газообразную среду. Характеристики этой среды определяют цвет светового излучения и величину светоотдачи. Например, ртутные лампы имеют свет бело-голубого цвета и светоотдачу около 55 лм/Вт, свет натриевых ламп желтого цвета (монохроматический), светоотдача их около 175 лм/Вт.

До недавнего времени ртутные и натриевые лампы были основными газоразрядными источниками света; при сравнении их друг с другом оказывается, что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Ртутные лампы более подходят по цвету излучения, особенно в том случае, когда поверхность этих ламп покрыта слоем люминофора, корректирующего цвет излучения. Кроме того, бело-голубое излучение более подходит к местам с теплым климатом. Основное же преимущество натриевых ламп — высокая светоотдача, в 3 раза превышающая этот параметр для ртутных ламп. Это преимущество важно с экономической точки зрения. Кроме того, желтый цвет более приятен людям в местах с холодным и влажным климатом, например в Европе. Недостаток натриевых ламп — монохроматический состав светового излучения, вызывающий неправильную цветопередачу, и физически более значительные размеры, необходимые для получения того же количества света.

Галогенные лампы, разработанные в 60-х годах, обеспечивают получение света лучшего цветового состава при более высокой светоотдаче, чем ртутные лампы, благодаря использованию комбинации паров различных металлов. Галогенные лампы обеспечивают светоотдачу, равную 85—90 лм/Вт. Они имеют различные размеры (см. табл. 20.2) и обычно используются для светильников, устанавливаемых на высоких мачтовых опорах.

Совсем недавно семья газоразрядных ламп пополнилась натриевыми лампами высокого давления, имеющими светоотдачу 110 лм/Вт и уступающими по этому показателю только лампам, содержащим пары натрия. В США самыми большими лампами высокого давления были лампы мощностью 400 Вт, но недавно объявлено о разработке 1000-ваттных ламп, которые имеют светоотдачу, равную 130 лм/Вт. Натриевые лампы высокого давления, используя комбинацию газов в дугообразной трубке, обеспечивают получение мягкого розовато-желтого излучения, которое благоприятно воспринимается водителями автомобилей. Водители говорят, что свет натриевых ламп высокого давления обеспечивает лучшую видимость при меньшем слепящем действии.

Люминесцентные источники света нашли достаточно широкое применение для освещения дорожных знаков, особенно в некоторых странах Европы. Однако и здесь их стали вытеснять ртутные и галогенные лампы. Люминесцентные лампы имеют достаточно высокую светоотдачу (70 лм/Вт) и обеспечивают отличную цветопередачу, однако эти лампы велики, до 2,5 м длиной, имеют сравнительно небольшой срок службы и плохо загораются при низких температурах.

В настоящее время имеется и много других источников света, включая и достаточно «экзотичные», которые, однако, непрактичны для дорожного освещения. Например, ксеноновые лампы, которые изготавливаются с мощностью, достигающей

в отдельных экземплярах 20 000 и даже 50 000 Вт. Для освещения футбольных стадионов в Европе используются галогенные лампы мощностью до 10 000 Вт. Источники света такой большой мощности непрактичны в дорожном освещении, но они способствуют техническому прогрессу, необходимому для улучшения источников света, применяемых в дорожном освещении. Дальнейший рост потребления электроэнергии, несомненно, вызовет создание ламп с более высоким сроком службы и более высокой светоотдачей.

КОНСТРУКЦИИ СВЕТИЛЬНИКОВ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

Типы конструкций светильников. В уличном освещении термин «светильник» означает полный комплекс деталей, используемых для освещения, и реже — только опору. Современный светильник состоит из водонепроницаемого корпуса, имеющего внутри источник света, рефлектор и во многих случаях электрическое балластное устройство, необходимое для работы газоразрядных ламп. В нижней части корпуса располагается устройство для преломления света, которое вместе с рефлектором служит для регулирования распределения светового потока по поверхности дороги. Преломляющим устройством обычно служит элемент, отформованный из стекла и имеющий вид системы призм, регулирующей распределение светового потока.

Светильники различаются в основном по форме светового пятна освещения, т. е. по ширине и длине площади, освещаемой светильником, и по «допустимому углу расхождения лучей». Более широкий угол расхождения лучей позволяет устанавливать светильники на больших расстояниях друг от друга при сохранении достаточной равномерности освещения, но при этом более высока степень ослепления и понижена эффективность системы освещения.

Чтобы стандартизировать светильники для облегчения их изготовления и проектирования, в США принята классификация светильников по типам (от I до V) в зависимости от формы получаемого от светильников светового пятна, используемым для различных целей. Использование того или иного типа главным образом зависит от ширины улицы и места расположения светильника относительно проезжей части. Краткое описание каждого типа светильников со схемой распределения светового потока приведено на рис. 20.1. Более подробное описание светильников различного типа можно найти в разработанном общенациональном стандарте на дорожное освещение.

Размещение светильников. Решение вопроса о размещении светильников является неотъемлемой частью процесса проектирования эффективной системы освещения. Светильники подвешивают на определенной высоте над дорогой, зависящей от мощности источника света, и в определенной точке по отношению

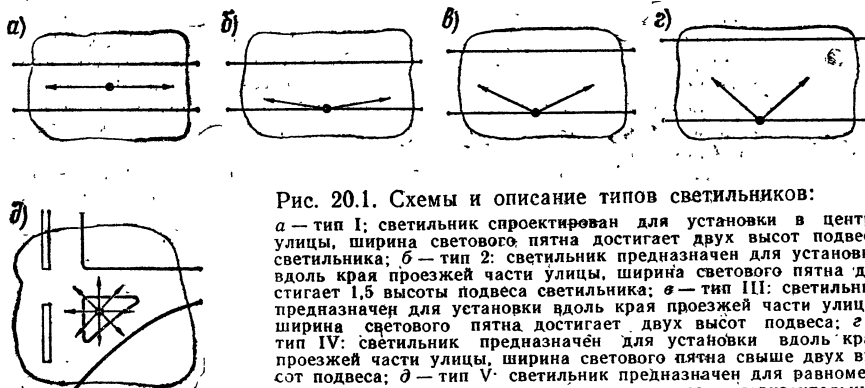


Рис. 20.1. Схемы и описание типов светильников:

a — тип I: светильник спроектирован для установки в центре улицы, ширина светового пятна достигает двух высот подвеса светильника; б — тип 2: светильник предназначен для установки вдоль края проезжей части улицы, ширина светового пятна достигает 1,5 высоты подвеса светильника; в — тип III: светильник предназначен для установки вдоль края проезжей части улицы, ширина светового пятна достигает двух высот подвеса; г — тип IV: светильник предназначен для установки вдоль края проезжей части улицы, ширина светового пятна свыше двух высот подвеса; д — тип V: светильник предназначен для равномерного распределения светового потока во всех горизонтальных направлениях.

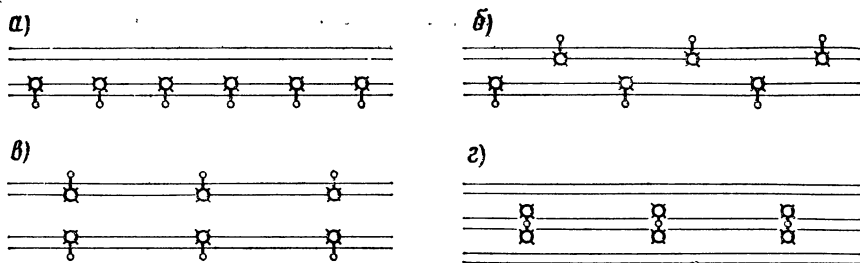


Рис 20.2 Примеры типичного расположения светильников:

а — размещение с застроенной стороны дороги (одностороннее) б — ступенчатое размещение, в — размещение друг против друга; г — размещение на центральной разделительной полосе

к дороге, зависящей от типа дороги, которую необходимо освещать. Для дорог, не имеющих центральной разделительной полосы, светильники обычно устанавливают с застроенной стороны дороги, и этот вид установки будет в дальнейшем обозначаться как односторонняя система, применяемая для узких улиц. Установка в шахматном порядке, или ступенчатая, применяется для улиц средней ширины. Для широких улиц применяется установка светильников друг против друга. Для улиц, имеющих центральную разделительную полосу, особенно скоростных автомагистралей, используется система освещения с размещением светильников на разделительной полосе, что обеспечивает очень высокую эффективность системы освещения при меньших затратах по сравнению с другими видами благодаря экономии на опорах для светильников и электрических проводах (рис 20.2).

Высота подвеса обычно определяется в зависимости от мощности источника света и необходимого уровня освещенности дороги, а также от необходимой степени равномерности распределения светового потока (факторов, более детально рассматриваемых далее). Однако по эмпирическому правилу принято, что источники со световым потоком 20 000 лм и менее должны устанавливаться на высоте приблизительно 9 м, при световом потоке от 20 000 до 45 000 лм — на высоте от 9,1 до 14 м и при световом потоке от 45 000 до 90 000 лм — на высоте от 14 до 18 м.

При специальном способе освещения с использованием высоких мачтовых опор высота подвеса светильников достигает величины от 30,0 до 50,0 м. При использовании мачтовых опор в основном для освещения больших площадей, например транспортных развязок, пересечений крупных дорог, рыночных площадей и парков, используют комбинацию прожекторов для получения световой мощности всей системы, достигающей величины от 500 000 до 1 000 000 лм и распределяющейся по большой поверхности. Обоснованием для применения высоких мачтовых опор в основном является необходимость удаления опор светильников от полосы движения транспортных средств из соображений безопасности и обеспечения видимости в данной зоне, приближающейся к дневным условиям.

Источниками света для установки на мачтовых опорах являются: комбинации прожекторов, которые могут обеспечивать прямоугольную форму распределения светового потока или другой необходимый вид распределения для приведения в соответствие с формой той поверхности, которую необходимо освещать; светильники типа V, которые обеспечивают круговое распределение светового потока; светильники типа III, которые обеспечивают асимметричное распределение светового потока. Диаметр светового пятна при распределении типа V и, следовательно, уровень освещенности изменяются с переменной положения источника света по вертикали относительно рефлектора и рассеивателя арматуры светильника.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Терминология. Люмен — единица количества светового потока, аналогичная в некотором смысле расходу воды (в кубических метрах в секунду) или транспортному потоку (в транспортных единицах за час). Люмен определяется как количество световой энергии, которое падает на площадь в 1 м^2 , каждая точка которой находится на расстоянии в 1 м от источника света силой в 1 канделл.

Люкс — единица освещенности при единице длины, равной 1 м ; она равна световому потоку в 1 лм , равномерно распределенному по площади в 1 м^2 .

Яркость — интенсивность свечения поверхности в данном направлении, приходящаяся на единичную площадь, видимую с данного направления (измеряется в канделах на 1 м^2).

Общие критерии проектирования. В США основными критериями при проектировании систем освещения являются интенсивность освещения и ее равномерность. Средняя величина интенсивности освещения, выражаемая в люменах на 1 м^2 горизонтальной поверхности, представляет собой меру общего уровня освещенности поверхности дороги. Равномерность, выраженная в виде отношения среднего уровня освещенности к минимальному или отношения максимального уровня к минимальному, выражает, каким образом общий световой поток распределяется по поверхности дороги.

Средняя интенсивность освещения непосредственно не определяет способность видеть. Эта способность в первую очередь является функцией количества световой энергии, отражаемой поверхностью дорожного покрытия благодаря способности этой поверхности рассеивать свет во все стороны и отражать его в направлении глаз водителя. Следовательно, зрительное восприятие является функцией яркости дорожного покрытия, зависящей от яркостных характеристик этого покрытия. Определение яркости покрытия является сложной задачей как с технической точки зрения, так и с точки зрения удобства выполнения. Измерительное оборудование очень сложно, и процедура определения применима только к уже имеющимся дорожным покрытиям. Кроме того, характеристики отражения света от поверхности покрытия изменяются в зависимости от срока давности его изготовления, степени износа и ухода за ним.

На практике учет яркостных характеристик дорожного покрытия, как указывалось ранее, может быть проведен разделением всех поверхностей на светлые, средние и темные. Некоторые авторы утверждают, что яркость поверхности

Таблица 20.3

Рекомендуемый средний уровень освещенности горизонтальных поверхностей

Классификация автомобильных дорог и пешеходных путей	Уровень освещенности, лк, в зависимости от типа зоны		
	Торговая	Промежуточная	Жилая
<i>Автомобильные дороги</i>			
Автострады*	6,0	6,0	6,0
Главные и скоростные дороги	22,0	15,0	11,0
Коллекторные дороги	13,0	10,0	6,0
Дороги местного значения	10,0	6,0	2,0*
Аллеи	6,0	4,0	2,0
<i>Пешеходные пути</i>			
Тротуары	10,0	6,0	5,0
Пешеходные дорожки	22,0	11,0	2,0*

* Для основных полос движения и для въездов и съездов с автострады.

Рекомендуемые величины отношения максимального уровня освещенности к минимальному для освещения дорожных покрытий

Классификация дорог	Зона города			Прованция
	Центр	Промежуточная	Пригород	
Автострaды	6 : 1	6 : 1	6 : 1	6 : 1
Скоростные автомагистралы	6 : 1	6 : 1	6 : 1	6 : 1
Автомагистралы	6 : 1	6 : 1	8 : 1	8 : 1
Коллекторные дороги	6 : 1	8 : 1	8 : 1	8 : 1
Дорогы местного значения	8 : 1	8 : 1	10 : 1	10 : 1

дорожного покрытия может отличаться на величину до 100%; таким образом, при темных покрытиях для получения той же величины яркости, что и для светлых, необходим почти в 2 раза больший уровень освещенности. Поскольку в рекомендациях обычно приводятся значения уровня освещенности, относящиеся к средним условиям, то для темных дорожных покрытий рекомендуется увеличивать эти значения на 40%.

Рекомендуемые значения среднего уровня освещенности приведены в табл. 20.3 Они представляют собой минимальные величины для освещения горизонтальных поверхностей со средними эксплуатационными характеристиками.

Значение равномерности освещения в виде отношения среднего уровня освещенности к минимальному его значению рекомендуется равным 3 : 1 для всех дорог, за исключением улиц в жилой зоне, для которых это отношение не должно превышать величины 6 : 1.

В табл. 20.4 содержится рекомендуемые значения отношения максимального уровня освещенности к минимальному для освещения дорожных покрытий.

Проектирование систем сплошного освещения. При проектировании систем сплошного освещения оценивают потребности в такой системе, определяют критерии качества, которым должна в конечном итоге удовлетворять проектируемая система, подбирают соответствующее оборудование для выполнения основной задачи и устанавливают геометрию размещения светильников для обеспечения максимальной эффективности системы. Основные этапы проектирования:

1 Оценка существующих условий.

Определяется необходимость в системе освещения в конкретных дорожных условиях. Рекомендуется, чтобы проектировщик в пределах своего участка города или относящейся к его ведению территории составлял перечень задач, решаемых освещением, и присваивал им определенные числовые оценки по их приоритетности. В перечень вопросов должны включаться по крайней мере следующие:

А Описание дороги или улицы:

а) вид дорожного сооружения;

б) число полос движения и ширина каждой из них;

в) тип и ширина центральной раздельной полосы;

г) тип бордюра и степень доступности к придорожной полосе;

д) тип дорожного покрытия;

е) геометрические характеристики (кривизна в плане, рельеф и т. д.).

Б Условия движения:

а) интенсивность движения транспортных средств в темное время суток;

б) 85 и 15%-ные значения скорости;

в) процент автомобилей, везжающих на дорогу и покидающих ее;

г) количество ДТП (отношение количества ДТП с наступлением темноты

к количеству ДТП в дневное время);

Указания по выбору типа бокового распределения светового потока светильников и их размещения

Размещение по сторонам проезжей части дороги			Размещение вдоль центральной линии проезжей части дороги		
Одностороннее или ступенчатое	Ступенчатое или друг против друга	На пересечениях дорог одного уровня	Объединенная проезжая часть	Двойная проезжая часть (размещены на центре раздельной полосы)	На пересечениях дорог на одном уровне
Ширина до 1,5 высоты подвеса	Ширина менее 1,5 высоты подвеса	Ширина до 1,5 высоты подвеса	Ширина до 2 высот подвеса	Ширина до 1,5 высоты подвеса (для каждого из направлений)	Ширина до 2 высот подвеса
Тип II, III, IV	Тип III, IV	Тип II (вдоль каждого из направлений)	Тип I	Тип II, III	Тип I (вдоль каждого из четырех направлений)

Примечание Для всех случаев ступенчатого размещения светильников максимальная величина расстояния между светильниками и соответствующие виды распространения светового потока в вертикальной плоскости следующие.

- «короткое» распространение — 4,5 высоты подвеса,
- «среднее» распространение — 7,5 высоты подвеса,
- «длинное» распространение — 12,0 высот подвеса

- д) типы ДПП;
 - е) фактическая или потенциальная интенсивность движения пешеходов.
- В. Окружающие условия**
- а) вид застройки территории (торговые, жилые строения); разделение каждого из видов на группы в зависимости от типа проезжей части;
 - б) интенсивность общего освещения, включая освещение дорожных знаков, территории вокруг домов, рекламу; степень оживленности.
 - в) планируемые мероприятия по организации пешеходного движения.
 - г) планируемые мероприятия по совершенствованию условий движения транспортных потоков.

2. Выбор уровня освещенности

Используя данные, полученные при оценке, проводимой на I этапе, составляют классификацию дорожных сооружений по видам и территорий по типам зон в соответствии со схемами классификации приведенными выше. После этого по табл. 20.3 определяют величину среднего уровня освещенности. Эта величина должна быть принята в качестве минимальной, учитывающей средние условия, как было указано в пункте I. В том случае, если при оценке, проводимой по пункту I, было выявлено несколько критических факторов, то должно приниматься более высокое значение средней интенсивности освещенности.

3. Характеристики системы освещения

Проектировщик должен определить место установки светильников и высоту подвеса, а также тип и мощность используемых источников света. Если система освещения должна располагаться на существующих опорах (что не обязательно), то расстояния между светильниками и высота их подвеса оказываются заданными. Для вновь устанавливаемых опор необходимо стремиться к созданию оптимальной системы освещения в целях экономии, интересах безопасности и общей эффективности системы освещения. Рациональными являются использование повышенных значений высоты подвеса и более высокая мощность

светильников В табл. 20.5 и 20.6 даются указания по выбору высоты подвеса светильников, основанные на размерах источников света и типе размещения светильников по ширине улицы.

Существенным с точки зрения правильности проектирования системы освещения является использование максимальных величин расстояния между светильниками. Опоры их являются достаточно опасными объектами на дороге, и для обеспечения безопасности движения их число должно быть минимальным, а сами они должны располагаться определенным образом — как можно дальше удаляться от проезжей части дороги, причем светильники должны располагаться вдоль края проезжей части, а не над ней. Светильники типов II, III и IV должны размещаться над краем проезжей части, так как их расположение непосредственно над проезжей частью может вызывать только ослепление и дополнительные затраты. Если это возможно, светильники необходимо устанавливать вдоль центральной разделительной полосы (на двусторонних кронштейнах, установленных на опорах, которые располагаются на разделительной полосе), так как при этом уменьшается число опор и обеспечивается высококачественная и наиболее экономичная система освещения.

4 Получение данных по техническим характеристикам светильников

После определения типа светильников и размеров источников света необходимы следующие данные.

А Диаграммы равных уровней освещенности. Эти диаграммы, как показано на рис. 20.3, должны быть получены от изготовителя оборудования. Желательно, чтобы диаграммы были получены при помощи измерений при испытаниях в натуральных условиях, хотя большинство изготовителей используют данные измерений, проводимых в условиях фотометрических лабораторий, где может быть достигнута более высокая точность измерений. Эксплуатационные условия не могут контролироваться с той же точностью, что и условия фотометрических

Таблица 20.6

Общие указания для выбора высоты подвеса светильников

Мощность излучения, лм	Высота подвеса м
До 20 000	До 11
От 20 000 до 45 000	От 11 до 14
» 45 000 » 90 000	» 14 » 19

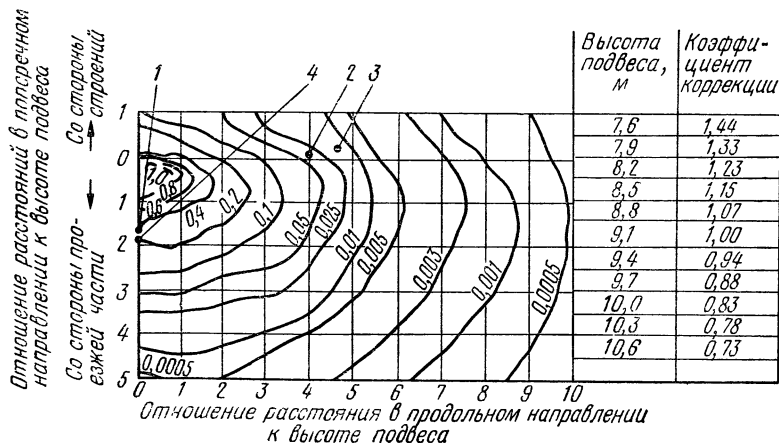


Рис 20.3 Пример диаграммы равных уровней освещенности в люксах на поверхности дорожного покрытия для светильника, обеспечивающего средний вид распределения светового потока (тип III):

1 — точка А для светильника 2; 2 — точка А для светильников 1 и 3; 3 — точка А₁ при высоте подвеса 7,6 м для светильников 1 и 3; 4 — точка А₁ при высоте подвеса 7,6 м для светильника 2

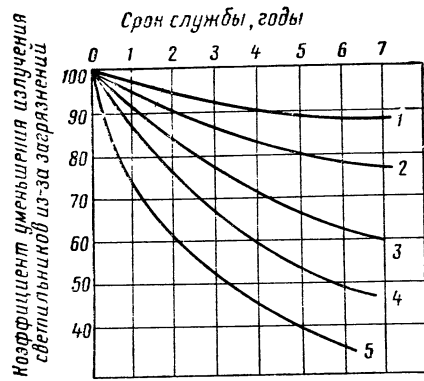
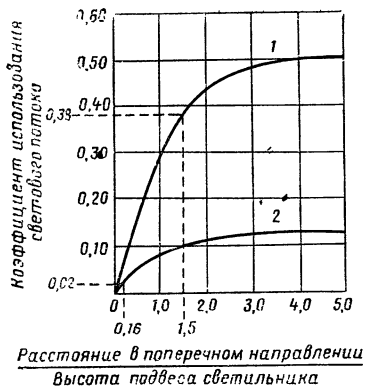


Рис. 204. Пример кривой коэффициента использования светового потока для светильников, обеспечивающих средний тип (тип III) распределения светового потока Эта кривая часто наносится непосредственно на диаграмму равных уровней освещенности:

1 — со стороны проезжей части; 2 — со стороны строений

Рис. 205 Кривые для определения степени уменьшения светового потока из-за загрязнения поверхности светильников

1 — для очень чистых условий, 2 — для чистых условий, 3 — для средних условий, 4 — для грязных условий, 5 — для очень грязных условий

Необходимо выбрать соответствующую кривую степени загрязнения в соответствии с условиями, описываемыми ниже для используемого типа светильников. чистая территория, покрытие травяное не, открытых участков грунта; медленное движение транспортных средств небольшое количество или полное отсутствие загрязнений в атмосфере; большие расстояния между зданиями, дороги в жилых зонах, отсутствие грузовых автомобилей;

территории, аналогичные предыдущему типу, но присутствует движение транспортных средств средней интенсивности в том числе грузовое открытые территории центра городов, промежуточные городские зоны и участки автомагистралей на открытых пространствах территории, аналогичны предыдущим, но наблюдается несколько большее количество транспортных средств; жилые зоны, промежуточные зоны городов, малые дороги местного значения, небольшое количество грузовых автомобилей;

территории с несколько более интенсивным, чем среднее движением легковых и грузовых автомобилей скоростные автомагистрали, автомагистрали в центре города при наличии большого количества загрязнений, способных прилипать;

Промежуточные и торговые зоны с движением автобусов грузовых автомобилей, большое количество загрязнений; ограниченные зоны с интенсивным движением транспортных средств;

ламп, ламп и светильники при эксплуатации часто не обеспечивают получение показателей, указываемых на диаграммах одинаковых уровней освещенности

В Кривая коэффициента использования. Эта кривая показывает в процентах количество светового потока, относимого к ширине освещаемой поверхности дороги. Пример такой кривой приведен на рис 20.4, из которого видно, что 38,5% всего номинального светового потока светильника падает на поверхность дороги шириной 1,5 высоты подвеса при условии, что светильник расположен над краем проезжей части дороги. Большинство графиков для коэффициента использования имеет одну кривую для пространства перед светильником — со стороны проезжей части, другую кривую — для пространства за светильником со стороны строений. Кривая коэффициента использования должна быть получена для конкретного светильника и конкретного источника света, так как не является типовой для данного типа светильников.

С Кривая уменьшения светового потока. От изготовителей ламп, используемых для освещения, должна быть получена кривая уменьшения светового по-

тока, которая дает информацию относительно изменения световой мощности лампы в течение срока ее службы. Информация такого вида очень полезна как при проектировании, так и при эксплуатации.

Д Коэффициент учета эксплуатационных условий. На рис. 20.5 приведены указания относительно выбора величины коэффициента учета эксплуатационных условий при проектировании и составлении графика обслуживания в зависимости от вида местности, в которой используется освещение.

5 Расчет расстояний между светильниками

Вычисления расстояний между светильниками основаны на определении необходимого среднего уровня освещенности, световой мощности светильников, которая будет использоваться, и площади охватываемой светильниками. Расстояние между светильниками определяется по следующей формуле:

$$\text{Расстояние между светильниками (м)} = \frac{\text{Световой поток (лм)} \times \text{Коэффициент использования}}{\text{Средняя интенсивность освещения (лк)} \times \text{Ширина дороги}}$$

В таком виде формула пригодна только для начальных условий, так как не учитывает снижения светового потока с течением времени и накопления загрязнений на поверхности светильников. Если учесть эти факторы в виде коэффициента эксплуатационных условий, то формула примет следующий вид:

$$\text{Расстояние между светильниками (м)} = \frac{\text{Световой поток к моменту смены (лм)} \times \text{Коэффициент использования} \times \text{Коэффициент эксплуатационных условий}}{\text{Средняя интенсивность освещения (лк)} \times \text{Ширина дороги (м)}}$$

6 Вычисление коэффициента равномерности освещения

После определения расстояния между светильниками проверяется степень равномерности освещения вычислением отношения среднего уровня освещенности к минимальному ее уровню и сравнением полученного значения с выбранной ранее величиной. Минимальный уровень освещенности определяется по соответствующей диаграмме одинаковых уровней освещенности (см. рис. 20.3). Это определение выполняется при помощи выбора точек на схеме (рис. 20.6) в которых можно ожидать минимальный уровень освещенности, и проверки уровня освещенности в этих точках с помощью кривой одинаковых уровней освещенности. При определении минимального уровня освещенности необходимо учитывать действие всех светильников, так как освещенность является аддитивной величиной. Коэффициент равномерности определяется по следующему выражению:

$$\text{Коэффициент равномерности} = \frac{\text{Средняя интенсивность (эксплуатационная)}}{\text{Минимальная интенсивность (эксплуатационная)}}$$

Определенный таким образом коэффициент равномерности не должен превышать величины 3 : 1, за исключением улиц в жилых зонах, для которых обычно допускается величина 6 : 1.

При равномерности освещенности, удовлетворяющей заданным условиям, процедура вычислений заканчивается. Если же расстояние между светильниками оказывается слишком малым или коэффициент равномерности слишком велик, то может потребоваться возвращение к шагу 3, для того чтобы изменить характеристики системы освещения.

7. Переменные уровни освещенности

Необходимость в постепенном переходе к определенному уровню освещенности имеет за собой больше психологические, чем физиологические причины. Глаз обычно быстро (около секунды) приспосабливается (примерно на 90%) к изменениям уровня освещенности. Если за зоной сплошного освещения следует темная зона, то водителям бывает желательно иметь постепенный переход в освещенности между этими зонами из-за быстрых изменений в количестве ин-

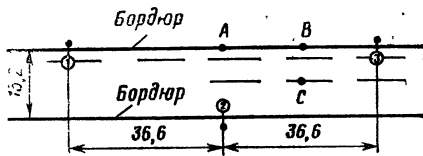


Рис. 20.6. Схема размещения светильников по отношению к проезжей части при выполнении вычислений (размеры даны в метрах):
1, 2, 3 — светильники

формации. На практике в США применяется такой переход в течение 15 с с помощью постепенного изменения мощности источников света при тех же расстояниях между светильниками и высоте подвеса.

Следует обращать особое внимание на граничные точки систем освещения, чтобы при необходимости учитывать несоответствие между недостатком освещения и значительным изменением в геометрии дороги, в характере потока транспортных средств или окружающих условий. Примером может служить модернизация участков автомагистралей, при которой вводились дополнительные полосы движения, центральная разделительная полоса и высокоэффективная стационарная система освещения. Если такие новые участки непосредственно примыкают к неосвещенным участкам дорог, то необходимо продолжить систему освещения на определенном отрезке старых дорожных сооружений и постепенно уменьшать уровень освещения до полной темноты.

8. Выбор условий обеспечения безопасности.

В настоящее время на автострадах и других главных дорогах для опор светильников широко используют разрушаемые основания, которые благодаря своим свойствам спасли много человеческих жизней. Столкновение с прочным основанием опор светильников на скорости свыше 48 км/ч может вызвать серьезные ранения или даже смерть сидящих в автомобиле. Следовательно, в случаях когда до 85% всех транспортных средств движется со скоростью более 48,3 км/ч и если у опор светильников отсутствует защита в виде центрального барьера или перил, необходимо использовать разрушаемые основания. Недопустимо устанавливать барьеры только для защиты от столкновений с основаниями опор светильников. Барьеры, используемые только с этой целью, часто являются более опасными, чем сами опоры, и могут быть использованы только в том случае, если последствия столкновения с опорами светильников гораздо серьезнее, чем с этими барьерами.

Когда применяются разрушаемые основания опор светильников, возникает вопрос относительно обеспечения безопасности пешеходов. Применение таких опор недопустимо, если интенсивность пешеходного движения высока. В зонах разрушаемых опор рекомендуется ограничивать скорость до 50 км/ч.

Имеется несколько типов разрушаемых оснований опор светильников:

- хрупкие основания, при которых применяется литое из алюминия основание для трансформатора;
- основания с относительным сдвигом отдельных частей;
- скользящие основания.

Частичное освещение. Если дороги должны освещаться не на всем своем протяжении, то в первую очередь необходимо обеспечивать освещенные пересечения, развязки и прочих мест, в которых это оказывается оправданным. Освещение, устанавливаемое только в определенных ключевых точках, обычно называют «частичным», или «безопасным». Необходимо привлекать внимание водителя в первую очередь к необычным условиям и предоставлять ему всю необходимую информацию.

Иногда достаточно освещать только самые главные пункты, могущие стать источником конфликтных ситуаций с остальными транспортными средствами, но обычно желательно, чтобы освещалась значительная площадь, включая наряду с основными конфликтными точками все особенности геометрии дороги и окружающих условий.

Так как условия, учитываемые при устройстве частичного, или безопасного, освещения, очень разнообразны, то определенную процедуру проектирования в этом случае установить трудно. Однако полезно будет упомянуть следующие основные моменты:

1. Отдельно стоящий светильник может обеспечить видимость в определенной точке дороги, но возможности выявления всех особенностей дороги ограничены. Необходимо устанавливать рядом два светильника и более, чтобы достигалось значительное улучшение видимости. Например, отдельный светильник, установленный непосредственно в месте примыкания наклонного въезда на автомагистраль, ничего не дает, кроме того, что указывает на место такого примыкания.

2. Места слияния транспортных потоков должны освещаться таким образом, чтобы водители основного потока могли правильно определять местоположение и скорость вливающихся в основной поток транспортных средств.

3. Основные полосы движения перед местом слияния транспортных потоков должны освещаться так, чтобы водители вливающихся в основной поток транспортных средств могли правильно оценивать скорость основного потока и расстояния до приближающихся автомобилей.

4. Пересечения дорог должны освещаться таким образом, чтобы транспортные средства, бордюры, ограждения, дорожные знаки и другие объекты с вертикальной поверхностью непосредственно освещались источником света. Это означает необходимость установки светильников на ближайшем углу пересечения дорог.

5. Перекрестки, пешеходные переходы, вспомогательные полосы движения и другие специальные места должны иметь также достаточно эффективное освещение.

6. Подходы к перекресткам дорог должны освещаться в тех случаях, когда водителю, находящемуся на самом перекрестке, необходима информация относительно дальнейшего пути следования, а также для оценки скорости пересекающих его путь транспортных средств и расстояния до них. Это особенно необходимо при сложных пересечениях с изменениями направлений дорог.

7. Количество информации значительно увеличивается, когда водитель может видеть все пересечение или дорожную развязку целиком, а не только ту ее часть, на которой он находится в данный момент. Таким образом, необходимо обеспечить полное освещение значительной территории, если ценность получаемой информации оправдывает затраты на установку такого освещения. Наличие подобных участков дорог способствовало развитию освещения при помощи осветительных средств, устанавливаемых на высоких мачтовых опорах.

8. Особое внимание следует уделять опасностям, возникающим при установке опор светильников на перекрестках и дорожных развязках. Ввиду того, что эти участки являются обычными местами, в которых возможны конфликты между участниками движения и где необходимо принимать быстрое решение, возможность столкновения с опорами светильников значительно повышается по сравнению с местами установки систем сплошного освещения. Опоры светильников необходимо располагать таким образом, чтобы уменьшить возможность столкновения с ними, причем следует использовать разрушаемые основания опор, за исключением тех особых случаев, когда упавшие опоры и сбитые ими автомобили могут вызвать более серьезные последствия. Например, не следует устанавливать разрушаемые опоры рядом с пешеходными дорожками с интенсивным движением пешеходов, но применение таких опор вполне оправдано для мест слияния транспортных потоков, поворотов дорог и т. д.

Специальных критериев, применимых только при проектировании устройств частичного освещения, не существует. Однако рекомендуется обеспечивать более интенсивное освещение участков дорог в зонах пересечений и примыканий, где возможно возникновение конфликтных ситуаций. Уровень освещения этих участков должен быть по крайней мере равен сумме значений, рекомендуемых для каждой из дорог, которые образуют данное пересечение. Такими участками являются места примыкания наклонных съездов с магистралей или места въезда на основные улицы и магистрали, а также места примыкания дорог с высокой интенсивностью движения транспортных средств к жилым улицам и внутриквартальным пешеходным проходам. В данном случае применимы нормы освещенности, используемые при проектировании систем сплошного освещения (см. таб. 203).

Процедура проектирования, описанная ранее для сплошного освещения, обычно применяется и для частичного освещения. Однако места установки све-

гильников рассматриваются более тщательно при помощи чертежей выполненных в масштабе, наложенном на них кривых одинаковых уровней освещенности, выполненных на прозрачном материале, например на ацетатной пленке. Использование прозрачного материала позволяет располагать светильники так, чтобы наибольший уровень освещенности обеспечивался в самых критических точках. С помощью двух слоев прозрачного материала можно определить реальные расстояния между светильниками без выполнения всяких вычислений.

Освещение с применением высоких мачтовых опор. Хотя освещение с помощью высоких мачтовых опор считается новым принципом, его практическая реализация, как и сам принцип, далеко не новы. Впервые такой способ освещения был применен в прошлом веке, когда в некоторых городах, включая Филадельфию и Ванкувер, для освещения больших территорий были установлены высокие мачты, которые обеспечивали наиболее приятное восприятие окружающего в темное время суток. Эксплуатация и уход за этими установками оказались делом дорогостоящим, и большинство из них было демонтировано.

Первое известное применение высоких мачтовых опор для освещения автомобильных дорог — в конце 50-х годов в г. Дюссельдорф (ФРГ) на перекрестке трех дорог в Хердте. За ними последовала установка таких мачт в других странах Европы, включая Голландию, Францию, Италию и Великобританию. Интерес к использованию мачтовых опор в США стимулировался их успешным применением в Европе и возрастающими трудностями освещения некоторых дорожных развязок при помощи традиционных способов.

Основной целью при использовании высоких мачтовых опор для освещения дорожных развязок является создание условий видимости для водителя, приближающегося к дневным. Водитель может видеть все предметы, важные с точки зрения своевременного принятия им решения, с помощью восприятия всей необходимой для этого информации, своевременного составления плана действий и эффективного осуществления всех необходимых маневров. Водитель может определить все особенности геометрии дороги, наличие препятствий, грунтовых и других дорог, причем все это воспринимается в правильной перспективе.

Дополнительными преимуществами, которыми обладает освещение при помощи высоких мачтовых опор, являются безопасность и эстетика. Там, где мало столбов, там меньше и возможностей для столкновения с ними. Мачты могут размещаться на значительном расстоянии от дороги, так что возможность столкновения с ними фактически полностью исключается. Эстетика восприятия дороги в дневное время значительно улучшается благодаря отсутствию «леса» столбов, обычно используемых для освещения сложных дорожных развязок и пересечений при их сплошном освещении.

Нет специальных критериев использования мачтовых опор. Обычно используются те же нормы освещенности, что и для систем сплошного освещения (см. табл. 20.3). И процедура оценки может применяться подобная той, которая рекомендована для систем сплошного освещения. В тех случаях, когда этого требуют особенности дорог, транспортных потоков или окружающих условий, средний уровень освещенности может быть увеличен. Указанные ранее величины среднего уровня освещенности и неравномерности могут применяться только для зоны движения транспортных средств. В прочих зонах, не предназначенных для такого движения, могут быть рекомендованы уровни освещенности, составляющие 20% от среднего уровня для зоны движения транспортных средств.

Процесс проектирования освещения с применением высоких мачтовых опор отличается от процесса, применяемого для систем сплошного освещения, в основном только из-за различий в осветительном оборудовании и в вычислительной процедуре. Этим элементом процесса проектирования посвящен следующий раздел.

Определение характеристик. При определении характеристик системы освещения устанавливают определенную конфигурацию осветительных средств или альтернативные ее варианты, которые затем при проектировании анализируют сравнением. Вначале выбирают тип светильника и высоту подвеса. Проектировщик должен выбрать светильник типа V с круговым распределением светового потока, типа V с асимметричным распределением (иногда обозначаемого как тип III по классификации) или систему светильников типа прожекторов, если они будут удовлетворять основному назначению системы освещения.

Высота подвеса светильников для мачтовых систем различна и зависит от необходимого возвышения источников света над поверхностью дороги, которую освещают. Желательно использовать разницу в высотных отметках источников света и дороги, составляющую по крайней мере 30 м. Обычно применяется высота подвеса в 45 м.

Получаемый в результате уровень освещенности зависит от высоты подвеса светильников, типа применяемых источников света, а также от общего количества светильников или прожекторов в системе (представляющей собой полный комплект осветительных средств, установленных на одной мачте). Приближенное число источников света в системе может быть вычислено с использованием общего светового потока в люменах, коэффициента светоотдачи светильников и величины поверхности, которую необходимо освещать. В этом может помочь и эксперимент, но при определении числа источников света, необходимым для обеспечения определенного уровня освещенности, чаще используют метод проб и ошибок.

В первую очередь должно быть определено расстояние между мачтами на основе максимальной величины отношения этого расстояния к высоте подвеса, равной обычно 5 : 1, если необходимо обеспечить те же граничные условия, что и при применении светильников со средним распределением светового потока в системах сплошного освещения. Полученную величину расстояния между мачтами корректируют с учетом критерия размещения мачт с помощью вычислений уровня освещенности по методу «от точки к точке», описываемому ниже.

Для достижения максимальной эффективности системы освещения необходимо учитывать некоторые требования, касающиеся местоположения мачт:

1. Мачты должны располагаться таким образом, чтобы взгляд водителя не был направлен непосредственно на источник света, когда водитель находится на расстоянии менее 450 м от мачт. Чтобы уточнить это требование, можно указать, что взгляд водителя не должен быть направлен выше нижней трети высоты мачты, когда та находится от водителя на расстоянии менее 450 м. Это правило применимо, если взгляд водителя располагается в пределах угла в 10° по обе стороны от мачты.

2. Мачты должны располагаться так, чтобы источник света относительно глаз водителя никогда не находился на одной линии с дорожными знаками (особенно с теми из них, которые подвешены непосредственно над проезжей частью дороги) или другими визуальными средствами информации.

3. Мачты не должны располагаться в конце прямолинейного участка пути или опасного его участка, чтобы исключить возможность столкновений. Если такое размещение мачт неизбежно, то должны приниматься меры для ослабления влияния источников света на водителя.

4. Мачты должны размещаться так, чтобы максимальный уровень освещенности был в месте, наиболее опасном с точки зрения возникновения ДТП, например в конце наклонных въездов на автомагистраль и съездов с них. Кроме того, мачты должны располагаться на значительном расстоянии от проезжей части дороги, чтобы обеспечивалась максимальная равномерность освещения поверхности дороги. Все это обычно приводит к тому, что мачты размещают на значительном расстоянии от дороги так, что вероятность столкновения с ними фактически равна нулю.

Определение уровня освещенности. Установив местоположение мачт и расстояния между ними (при предварительно выбранном числе светильников на каждой из мачт), оценивают распределение светового потока по заданным критериям. Наиболее рациональной является проверка с помощью вычисления уровня освещенности по методу «от точки к точке». Для облегчения вычислений чертеж территории всей зоны дорожной развязки совмещают с сеткой из линий, располагающихся друг от друга на расстоянии (в масштабе) от 7,5 до 15 м. Первая из величин желательна при использовании для вычислений на ЭВМ, вторая величина более приемлема при вычислениях при помощи ручных средств.

При вычислениях от точки к точке используют кривую уровней освещенности, показанную на рис. 20.7. Эти кривые имеются обычно для светильников типа V и при применении нескольких светильников такого типа в одной системе уровень освещенности от одного из них просто умножается на количество све-

тильников в системе. Этим способом может быть получена кривая освещенности для полной системы, состоящей из светильников типа V или прожекторов, расположенных симметрично.

Уровень освещенности от системы светильников, установленных на одной мачте в узлах масштабной сетки, выраженный в люксах, может быть получен при помощи следующей формулы:

$$E_H = \frac{CP \cos \theta}{d^2},$$

где E_H — уровень освещенности в определенной точке, лк; CP — световой поток под углом θ , лм; θ — угол между вертикальной осью всей системы и направлением к рассматриваемой точке (см. рис. 20.7); d — расстояние от источника света до рассматриваемой точки (рис. 20.8)

Следовательно, уровень освещенности в каждой из узловых точек сетки равен сумме отдельных уровней, получаемых от всех мачтовых систем, расположенных достаточно близко к рассматриваемой точке. Процесс вычислений показан на рис. 20.8

Как только вычислены уровни освещенности во всех узлах масштабной сетки, может быть составлена диаграмма одинаковых уровней освещенности для всей рассматриваемой территории. Эта диаграмма облегчит полную оценку всего проекта по устройству освещения.

Для более точной оценки должен быть построен график профиля освещенности для каждого участка дорог данной транспортной развязки. Для широких дорог может возникнуть необходимость в построении двух и более профилей, чтобы наиболее полно представить условия освещения каждого транспортного пути. Эти профили строят либо при помощи величин освещенности в точках сечения дорог с кривыми равной освещенности и расстояний между отдельными кривыми, либо при помощи интерполяции значений уровня освещенности, имеющих в узлах сетки. Если для вычислений используются ЭВМ, то последний из методов более предпочтителен. На основе получаемого профиля освещенности вычисляют средний уровень освещенности и коэффициент равномерности освещения. Сравнением вычисленных значений с заданными величинами могут быть оценены расстояние между мачтами и (или) число отдельных источников света на каждой из них. Процесс вычислений повторяется до тех пор, пока не будут достигнуты желаемые величины.

Слабым местом процесса вычислений от точки к точке является недостаточная надежность исходных фотометрических данных, так же как и при вычислении для систем сплошного освещения. Кривая распределения светового потока получается обычно в легко контролируемых лабораторных условиях. Разница в величинах, получаемых в лабораторных условиях и в условиях эксплуатации, может достигать 25%. Поэтому можно считать, что существует необходимость в учете снижения на 25% величины светового потока, если нет очевидных данных, что световая мощность, получаемая на основании кривой распределения светового потока, будет гарантирована.

Практикуются три основных способа установки источников света на мачтовых опорах.

1. Источники света крепят на вершине мачты и обеспечивают конструктивные возможности для их обслуживания и ремонта.

2. Источники света крепят на вершине мачты и для их обслуживания и ремонта используют специальные транспортные средства с приспособлениями для поднятия персонала к местам установки источников.

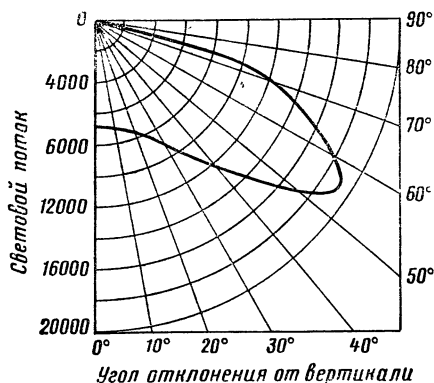


Рис. 20.7. Пример кривой распределения светового потока, используемой при вычислении уровня освещенности по методу от точки к точке

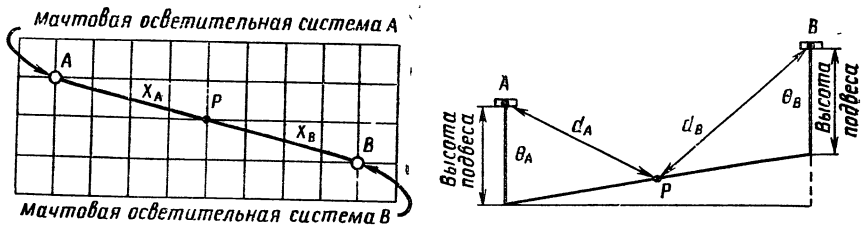


Рис. 20.8. Иллюстрация процесса вычислений по методу от точки к точке в отношении уровня освещенности:

$$\text{где } d_A = \sqrt{\bar{X}_A^2 + (ELEV. A - ELEV. P)^2} \text{ и}$$

$$d_B = \sqrt{\bar{X}_B^2 + (ELEV. B - ELEV. P)^2},$$

$$\text{следовательно, } E_H = \frac{CP_{\theta A} \cos \theta_A}{\bar{X}_A^2 + (ELEV. A - ELEV. P)^2} +$$

$$+ \frac{CP_{\theta B} \cos \theta_B}{\bar{X}_B^2 + (ELEV. B - ELEV. P)^2} + \dots$$

3. Источники света устанавливают на устройство, которое может опускаться при помощи лебедки с механическим приводом для обеспечения обслуживания и ремонта. Некоторые из этих устройств имеют в верхней части блокировочный механизм и разъемы для подключения силового питания; другие имеют постоянное подсоединение кабеля к осветительной системе, а разъем подсоединения силового питания расположен у основания мачтовой опоры. В любом случае выбор того или иного способа монтажа осветительной системы на мачте в значительной мере зависит от местных условий.

Освещение туннелей. Туннели любой значительной длины требуют адаптации глаз к условиям освещения, и критическим фактором для проектирования системы освещения в этом случае становится переходная адаптация глаз. Освещение туннелей в США обычно сопровождается установкой в начале и конце светильников с высокой яркостью (323—646 лк), что обеспечивает необходимый процесс адаптации. Однако проектировщики Европы для обеспечения такой адаптации применяют экранирование проезжей части у въезда в туннели, а также переходные уровни освещенности.

Освещение внутри туннелей необходимо при их длине, превышающей 30 м. Для коротких туннелей 30—150 м уровень освещенности у входа 323—646 лк должен сохраняться в дневное время по всей длине туннеля; в ночное же время уровень освещенности должен снижаться до 7,5—21,5 лк. Для длинных туннелей (свыше 150 м) освещенность внутри туннеля в дневное время должна быть уменьшена до 50,0—100,0 лк; освещение этих туннелей в ночное время такое же, как и освещение коротких туннелей.

Хотя уровни освещенности, указанные выше, соответствуют действующим требованиям, имеется определенная уверенность, что эти уровни очень низки. В любых случаях, когда это оправдано, необходимо использовать увеличенные по сравнению с ним уровни освещенности. Для применения более приемлемых уровней необходимо внимательно изучать все случаи практической реализации систем освещения.

Никакого дополнительного освещения не требуется для проездов под обьектами длиной менее 20 м при условии, что у обоих концов их установлены обычные дорожные светильники, освещающие и внутреннюю часть проездов. Если же их длина превышает 20 м, то обычно используют дополнительное освещение внутренней части.

Проектирование освещения туннелей включает в себя многие факторы, не рассматриваемые при проектировании освещения улиц и дорог.

Освещение пересечений автомобильных дорог в одном уровне. Вопрос об устройстве освещения пересечений дорог должен рассматриваться в том случае, если среднее число ДТП в ночное время N в течение года превысит $1/3$ среднего числа ДТП в дневное время D за это же время. При этом должны использоваться все данные относительно ДТП с момента последнего усовершенствования определенного пересечения. Если число N превышает величину $D/3$, то преимущества, получаемые от введения освещения должны вычисляться по выражению $(N - D/3)$ ДТП/год.

Рекомендуется, чтобы освещение устанавливалось в случае, если движение через пересечение регулируется по полосам.

С учетом выше приведенных критериев для конкретных пересечений следует вычислять величину затрат на освещение, которое обеспечивает получение преимуществ. Затем необходимо составлять программу по организации освещения для всех пересечений, расположенных в порядке приоритетности по величине отношения выгоды, затраты, выраженного в виде отношения снижения количества ДТП за год к величине годовых затрат.

На основании имеющегося опыта можно рекомендовать следующие обоснования, которые могут дать максимально возможное количество информации, помогающее в принятии определенных решений: Можно просто предположить, что бюджет, идущий на улучшение дорог, ограничен и, следовательно, целью является достижение максимальной выгоды при таких ограниченных затратах. Принимая во внимание это требование, в первую очередь должна рассматриваться величина снижения количества пострадавших при ДТП, а не общее их количество. Одним из важных случаев применения такого подхода является тот из них, когда распределение фондов, предназначенных для улучшения освещения, происходит преимущественно для зон высокой интенсивности транспортного движения. Если пересечения дорог располагаются в порядке значимости в пределах всего штата, то распределение денежных средств будет отличаться от того, которое имеет место, когда список пересечений составляется только для определенного района. В последнем случае улучшение условий движения будет происходить более равномерно по всему штату, но с меньшей величиной отношения выгоды к затратам.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

Затраты электроэнергии. Многие светотехнические устройства требуют достаточно высоких затрат электроэнергии, что приводит к применению специального распределительного оборудования и специального согласования с владельцами электроэнергии. Обычно величина напряжения питания в сети кратна величине 120 В, причем верхний предел определяется значением пробивного напряжения для каждого из компонентов системы.

Источники света, используемые для дорожного освещения, представляют собой лампы газоразрядного типа, которые требуют при зажигании ограничения величины тока. Это обеспечивается применением катушки индуктивности, служащей балластным устройством, включаемым последовательно с лампой. На практике вместе с балластным устройством обычно применяется и автотрансформатор, предназначенный для того, чтобы согласовывать величину напряжения в сети питания при ее изменении (увеличении или уменьшении). Для уменьшения потерь энергии в линиях передачи обычно используется более высокая величина напряжения (до 480 В).

Балластное устройство. В цепях ртутных ламп используют три основных типа балластных устройств: дроссели, автотрансформаторы (с высоким реактивным сопротивлением) и регулирующие устройства, относящиеся также к стабилизаторам мощности или напряжения.

Дроссельное балластное устройство, включаемое последовательно с лампой, рекомендуется использовать в цепях, которые обеспечивают стабильное напряжение достаточно высокого уровня, обеспечивающего надежное зажигание ламп.

Для согласования балластного устройства по величине напряжения с напряжением линии питания в нем может быть несколько выводов, предназначенных для различного напряжения. Для повышения коэффициента мощности балластного устройства может включать и конденсатор.

В балластных устройствах с высоким реактивным сопротивлением имеется автотрансформатор, предназначенный для того, чтобы увеличить напряжение питания до значения, которое необходимо для надежного зажигания ламп, когда напряжение в линии низкое. Такое балластное устройство может иметь также несколько выводов для согласования его с величиной напряжения питания. Повышение коэффициента мощности обеспечивается конденсатором

Балластные устройства с регулируемым выходом (стабилизирующие величину напряжения или мощности) используют в тех случаях, когда величина напряжения питания может резко меняться или имеется постепенное его снижение. Такое балластное устройство исключает необходимость в дополнительных отводах для согласования его с величиной напряжения питания. Такие устройства позволяют обеспечивать номинальный ток питания ламп при изменении входного напряжения в пределах от ± 10 до $\pm 13\%$

После того как выбрано определенное балластное устройство, необходимо детально рассмотреть его характеристики, включая использование с различными типами ламп и низкотемпературные характеристики зажигания.

Проектирование электротехнической части. Электротехническое проектирование системы освещения обычно находится вне обязанностей инженера — организатора движения. Описание такого проектирования имеется в книге А. Кетвиртиса, где приводятся последовательность и содержание всех этапов электротехнического проектирования, связанного с дорожным освещением

Эксплуатация. Так как трудно учесть уменьшение светового излучения, вызываемое загрязнением и снижением мощности излучения с течением срока службы ламп, важным требованием является организация периодической очистки и замены ламп. Хотя на практике интервалы между операциями по уходу за светильниками имеют величину от шести месяцев до одного года (а часто замена ламп и очистка проводятся только после перегорания ламп), необходимо подчеркнуть, что экономически оправданным является использование определенного графика обслуживания, основанного на ожидаемом сроке службы ламп и характеристиках данной зоны по загрязненности. Обычно при соответствующем уходе обеспечиваются те же выгоды, что и от установки системы освещения; наиболее эффективным является такой график ухода, который обеспечивает не более чем 20%-ное снижение светового излучения, вызываемое загрязнением светильника. Этот график должен включать и замену ламп. Обычно срок службы для большинства ртутных, галогенных и натриевых ламп высокого давления при средних эксплуатационных условиях составляет от 16 000 до 24 000 ч, что обеспечивает четырехгодичный период в мероприятиях по обслуживанию.

Одним из вопросов, часто возникающим при обсуждении ламп, является экономическая эффективность применения более значительных величин высоты подвеса от 12 до 15 м. Доказано, что даже небольшая по объему программа мероприятий по организации освещения может обеспечить получение значительных выгод благодаря применению большей высоты подвеса, вполне оправдывающих закупку оборудования, необходимого для обслуживания расположенных на большой высоте осветительных средств. Одной из проблем при эксплуатации является очистка алюминиевых рефлекторов, которые быстро тускнеют и легко повреждаются. Применение моющих растворов, предназначенных специально для глянцеванного алюминия, обеспечивает соответствующий уход за ними, что позволяет широко применять такие рефлекторы.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

В конечном итоге освещение непосредственно связано с безопасностью и комфортом водителя и, следовательно, со снижением количества несчастных случаев, происходящих в темное время суток. Причиной непропорционально высокого количества таких несчастных случаев является большое количество факторов. Среди них можно указать усталость, употребление алкоголя и понижен-

ную видимость. Наилучшим свидетельством того, что пониженная видимость является одной из главных причин многих несчастных случаев, являются многочисленные примеры снижения числа таких случаев, происходящих в результате улучшения дорожного освещения.

Выгоды от применения стационарного дорожного освещения не ограничиваются случаями применения его для высокоскоростных автострад и дорожных развязок. Во многих исследованиях указывается на снижение числа несчастных случаев в городских, пригородных и сельских местностях, происходящее независимо от класса дорог.

Влияние освещения на снижение количества несчастных случаев значительно не только для дорожной сети, но и для определенных территорий. Исследования выявили значительное снижение количества несчастных случаев в темное время суток в штатах Калифорния, Коннектикут, Нью-Йорк и других штатах и городах после того, как в них было введено освещение. Несомненно, что современная техника освещения уменьшает общее число несчастных случаев, а также снижает серьезность их после улучшения условий освещения.

Процесс проектирования и технические характеристики системы освещения должны быть таковы, чтобы при минимальных затратах средств достигалась максимальная выгода. Для этого необходимо разрабатывать одновременно несколько вариантов проекта, обеспечивающих определенную эффективность, и сравнивать стоимость их реализации. Факторами, наиболее сильно влияющими на эффективность различных мер и их стоимость, являются:

1. Расположение источников света по отношению к проезжей части дороги (на центральной полосе; вдоль одной из сторон; ступенчато или друг против друга с двух сторон, на центральной полосе и по сторонам одновременно).

2. Высота подвеса светильников.

3. Тип кронштейна и основания опоры.

4. Характеристики ламп (начальная мощность излучения, срок службы и изменение излучения со временем, электрическая мощность).

5. Тип светильников.

6. Тип распределения светового потока.

7. Тип системы распределения.

8. Количество часов работы в течение года.

9. Мероприятия по эксплуатации.

В дополнение к перечисленным параметрам при проектировании учитываются и такие факторы, которые определяются видом дорог, дорожным движением и окружающими условиями, влияющих на эффективность системы освещения и стоимость ее реализации. Эти факторы должны обязательно учитываться при оценке стоимости освещения. Среди этих факторов необходимо указать следующие:

1. Ширину центральной разделительной полосы.

2. Наличие центрального разделительного барьера, его тип.

3. Число полос движения.

4. Ширину обочины дороги.

5. Полное поперечное сечение дороги.

6. Число и тип наклонных въездов и съездов.

7. Число и тип пересечений, характеристики пересекающих улиц и дорог.

Среди других важных факторов можно указать интенсивность движения и вид транспортных средств, тип местности по которой проходит дорога, и климатические условия в данной местности.

Исследования и опыт эксплуатации различных систем освещения показали: как для системы сплошного освещения, так и для освещения отдельных пересечений увеличение высоты подвеса приводит к уменьшению общих затрат. Использование источников света мощностью в 700 и 1000 Вт, установленных на высоте 10 м и выше, значительно снижает общие затраты благодаря меньшему количеству опор для светильников, приходящемуся на единицу длины. Рекомендуется использовать более высокие мощности светильников и высоты подвеса, более тщательное размещение светильников в отношении расстояния их от дороги (исходя из условий обеспечения безопасности) и применение разрушаемых опор, так как все это приводит к уменьшению общей стоимости систем освещения (включаящей и капитальные, и эксплуатационные затраты) и количества несчастных случаев.

Глава 21

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

В первые годы развития транспорта в США основное внимание уделялось созданию возможности передвижения. Но при этом мало обращалось внимания на побочное влияние развивающегося транспорта на окружающую среду. В настоящее время достигнута такая ступень развития систем улиц, магистральных дорог и автострад, когда сложность задачи рациональной застройки городских территорий требует тщательного учета всех воздействий, которые оказывают транспортные магистрали на свое окружение. Наряду с важным критерием работы транспорта — его эффективностью возросла важность и других критериев оценки значения транспорта и улучшения его работы — безопасности, эстетичности, влияния на социальные условия жизни человека и физические свойства окружающей среды.

Учет влияния транспорта на окружающую среду, рассматриваемый в данной главе, ограничивается теми элементами и факторами, которые легко поддаются количественному или качественному определению. Ясные и точные определения являются необходимым условием для понимания степени воздействия влияния транспорта на окружающую среду. Загрязнение и неблагоприятное влияние рассматриваются раздельно, так как они затрагивают разные стороны этой проблемы.

Загрязнение окружающей среды происходит при добавлении к воздуху, воде или другим элементам окружающей среды тех отходов, которые получаются в результате практической деятельности человека. Загрязнения в виде химических агентов могут быть количественно оценены, а для измерения их содержания и эффекта воздействия могут быть установлены определенные численные критерии. Загрязнение воздуха является одним из наиболее очевидных видов загрязнения окружающей среды, и для степени его загрязненности критерии могут быть легко установлены. Например, загрязнение воздуха, вызываемое работой автомобильного транспорта, может быть легко измерено с применением определенных стандартов. «Загрязнение» шумами тоже достаточно легко измерить, хотя стандарты для определения допустимого уровня шума более субъективны.

Оценка вредного влияния транспорта на окружающую среду также более субъективна. Количественные критерии оценки вредного влияния в общих условиях неприменимы. Оценка включает в себя такие различные элементы, как «визуальное загрязнение», истощение природных ресурсов, нежелательный способ использования земельных площадей, а также транспортные заторы и несчастные случаи. Хотя все эти факторы не обязательно приводят к полному нарушению баланса в природе, однако они вызывают появление определенных проблем, чувства беспокойства и озабоченности у общества.

Вредное влияние измеряется по шкале, которая изменяется от индивидуума к индивидууму. Что является удовольствием или материальной выгодой для одного, может оказаться причиной страданий или материальных потерь для другого.

Широкий круг затрагиваемых вопросов и недостаток единодушия относительно степени вредного влияния делает даже общую субъективную оценку трудной разрешимой проблемой.

¹ Президент фирмы «Граффик планинг ассошиэйтс», г. Атланта, шт. Джорджия

ТРАНСПОРТ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕННОСТИ

Загрязненность, вызываемая работой транспорта, концентрируется в первую очередь вокруг основных городских зон. Было установлено, что загрязнения, связанные с работой транспорта, составляют в среднем 60% от общего количества загрязняющих атмосферу веществ в основных городских районах США. Из этих 60% загрязнения, вызванные работой индивидуальных транспортных средств, составляют от 90 до 95%. Таким образом, автомобили, находящиеся в личном пользовании, являются причиной в среднем половины всех загрязняющих веществ в воздухе основных городских районов США.

Степень загрязненности и факторы, обуславливающие ее, чрезвычайно разнообразны. Следовательно, приведенные выше статистические данные не могут в одинаковой степени относиться ко всем районам мира.

Благодаря низкому уровню развития индивидуального транспорта в большинстве развивающихся стран он еще не стал главной причиной загрязненности атмосферы.

Виды загрязняющих веществ. Загрязняющими являются следующие вещества

Оксид углерода Этот ядовитый газ входит в состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. При вдыхании оксид углерода вытесняет кислород из крови. Высокая концентрация его даже при кратковременном воздействии может вызвать смерть; небольшие дозы могут вызвать головокружение, головную боль, чувство усталости и замедление реакции у водителя. Средний уровень концентрации окиси углерода часто возникает в туннелях, гаражах и в потоке транспортных средств при интенсивном движении. Этот газ особенно опасен для лиц, страдающих сердечными заболеваниями, астмой, малокровием и др.

Окислы серы Главным источником этих веществ являются заводы и тепловые электростанции, сжигающие уголь или нефтепродукты, содержащие серу, в результате чего образуется двуокись серы. Это загрязняющее вещество само по себе не ядовито, но в соединении с другими загрязнителями и влагой оно раздражает глаза, нос и горло, вредно влияет на легкие, убивает растения, вызывает коррозию металлов и уменьшает прозрачность атмосферы.

Окислы азота. При сжигании топлива азот и кислород могут образовывать оксид азота NO , которая непосредственно не оказывает раздражающего влияния; наиболее опасным свойством этого вещества является стремление окис-

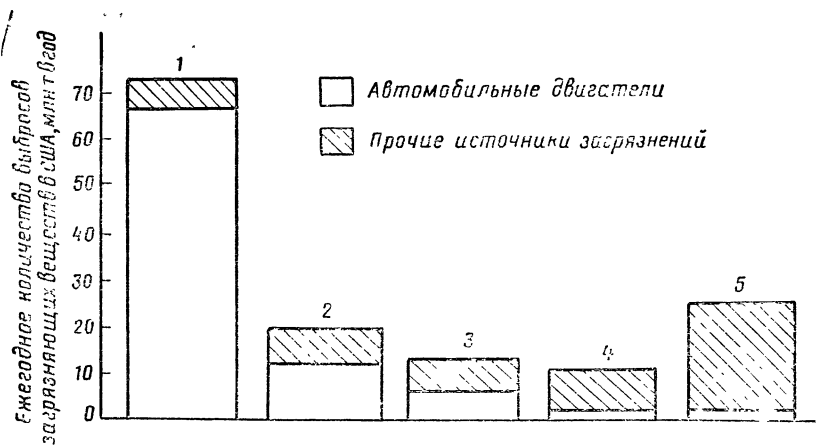


Рис. 211 Роль автомобилей в накоплении пяти основных загрязняющих веществ

1 — оксид углерода; 2 — углеводороды, 3 — окислы азота, 4 — вещества в виде частиц, 5 — окислы серы

лится до двуокиси азота NO_2 , которая при больших концентрациях действует как раздражитель легких и является основным компонентом смога.

Углеводороды. Эти вещества являются несгоревшими химическими составляющими топлива. Они реагируют с другими веществами, содержащимися в атмосфере, вызывая появление смога. Углеводороды могут вызывать рак у животных; некоторые из них, содержащиеся в сигаретном дыме, могут быть канцерогенными и для человека. Эти вещества являются одними из основных вредных веществ, так как воздействуют на формирование фотохимических окислителей.

Частицы. Дым, летучая зола, пыль и т. д. состоят из твердых и жидких частиц, поднявшихся в воздух. Они могут оседать на поверхность земли или долго оставаться во взвешенном состоянии, загрязняя одежду и окна, рассеивая свет и способствуя проникновению ядовитых газов в легкие. Эти загрязнители образуются из топлива, строительных материалов, при работе автомобильных двигателей и плавильного оборудования.

Фотохимический смог. Смог является смесью газов и частиц, получающийся при окислении под действием солнца таких продуктов, как бензин и другие виды топлива. Смог вызывает раздражение глаз, носа и горла, затрудняет дыхание и вызывает коррозию металлов и повреждение посевов.

На рис. 21.1 показано влияние автомобилей на степень загрязненности воздуха.

Влияние загрязненности воздуха. Влияние загрязненности воздуха не может быть точно оценено даже для отдельных мест. Проведенные недавно оценки дали только для одних Соединенных Штатов ежегодные потери урожая и цветов на сумму около 500 млн долл. Недавние исследования показали, что если бы загрязненность воздуха в основных городах США была уменьшена на 50%, то смертность от легочных заболеваний уменьшилась бы на 25%, заболеваемость сердечно-сосудистыми болезнями и смертность от них могла бы снизиться на 10—15%, общая заболеваемость и смертность были бы снижены на 4,5% в год, а ежегодные сбережения средств для нации достигли бы величины 2 млрд долл. Было установлено, что 50%-ное сокращение загрязненности воздуха способствовало бы сбережению приблизительно такого же количества материальных средств и человеческих жизней, которое произошло бы в случае полного излечения рака. Таковы некоторые из выгод, получаемых от уменьшения загрязненности воздуха.

Примерами видов деятельности, которые влияют на уровень загрязненности, являются сельскохозяйственное производство (пыль при обработке посевов и сборе урожая), промышленное производство (плавильные предприятия), добыча ископаемых (дробление породы) и транспорт (выхлопные газы автомобилей). Выхлопные газы автомобильных двигателей явились причиной приблизительно 80% всех загрязнений воздуха в 1970 г. в г. Атланте, но составили всего 10% всех загрязнений в г. Лунсвилле (шт. Кентукки). Это означает, что не загрязнение воздуха автомобилями является незначительным, а то, что загрязнение от других нерегулируемых источников гораздо интенсивнее.

В табл. 21.1 приведены данные в масштабе США о степени влияния различных источников на загрязнение воздуха. Из табл. 21.1 видно, что транспорт является источником 42% всех загрязнений воздуха.

Эта величина достаточно близка к величине 60%, которую составляют загрязнения в основных городских районах, вызываемые работой автомобильного транспорта.

Автомобильный транспорт является источником максимального количества загрязнений в виде окиси углерода и углеводородов, составляя от 50 до 60% от общего количества этих веществ.

Два фактора наиболее существенно влияют на загрязненность воздуха. Это — увеличение населения городских районов и увеличение потребления энергии на душу населения. Два основных источника загрязнений — автомобильные двигатели и тепловые электростанции развиваются гораздо быстрее общего роста численности населения из-за совместно действующих факторов — увеличения концентрации населения в городских районах и увеличения потребления энергии на душу населения.

Основной мерой по уменьшению загрязненности воздуха должно являться регулирование состава выхлопных газов двигателей автомобилей. Шаги в этом

Таблица 21.1

Загрязненность воздуха в США, 1968 г. (в среднем по стране)

Источник	Ежегодные выбросы млн. т					Процент от общего количества
	CO	Частицы	SO ₂	Углеводороды	NO _x	
Транспорт	63,8	1,2	0,8	16,6	8,1	42,3
Стационарные установки сжигания топлива	1,9	8,9	24,4	0,7	10,0	21,4
Промышленные процессы	9,7	7,5	7,3	4,6	0,2	13,7
Удаление твердых отходов	7,8	1,1	0,1	1,6	0,6	5,2
Прочие источники	16,9	9,6	0,6	8,5	1,7	17,4
Общий итог	100,1	28,3	33,2	32,0	20,6	100,0

направлении предпринимались ранее и предпринимаются в настоящее время в виде принятия стандартов на состав выхлопных газов (в пределах отдельных штатов и всего государства).

Определение качества воздуха. Для определения степени загрязненности воздуха различными государственными учреждениями для своих нужд было разработано несколько методов определения качества воздуха. Качество воздуха при исследованиях, проводимых Службой общественного здравоохранения США, устанавливается в частях загрязнителей, приходящихся на миллион частей воздуха (млн⁻¹).

В общем случае было установлено, что самые высокие концентрации всех загрязняющих воздух веществ наблюдаются в зимние месяцы. Например, в Вашингтоне (округ Колумбия) уровень содержания окиси углерода зимой составил от 8 до 12 млн.⁻¹ по сравнению с величиной от 5 до 8 млн.⁻¹, приходящейся на лето. Содержание углеводородов изменялось от 3 млн.⁻¹ зимой до 2 млн.⁻¹ летом. При определении общего влияния загрязненности воздуха такая тенден-

Таблица 21.2

Содержание окиси углерода в потоке транспортных средств в некоторых городах США (концентрация — в объемных частях на миллион, млн⁻¹)

Город	Средние значения для всех проб			Полный диапазон измерения
	Скоростная автострада	Деловой центр города	Основные магистрали	
Атланта (штат Джорджия)	28	25	33	37—96
Балтимор (штат Мэриленд)	13	28	20	10—95
Чикаго (штат Иллинойс)	26	25	25	20—100
Цинциннати (штат Огайо)	12	28	22	10—85
Детройт (штат Мичиган)	29	28	30	13—120
Луисвилл (штат Кентукки)	12	27	20	10—66
Чью-Йорк (штат Нью-Йорк)	22	40	32	19—95

дия позволяет провести параллель между загрязнением воздуха и статистикой заболеваний и смертности.

Уровни загрязненности транспортных коридоров. Имеется большое количество исследований, касающихся уровня окиси углерода на скоростных автострадах и автомагистралях. Для человека, находящегося в течение 8 ч в спокойном состоянии, не считается опасным содержание окиси углерода в воздухе, достигающее 80 млн.^{-1} . Уровень содержания окиси углерода в транспортном коридоре, как показано в табл. 21.2, обычно не превышает указанной допустимой величины, хотя этот уровень и значительно выше, чем содержание окиси углерода в целом для города.

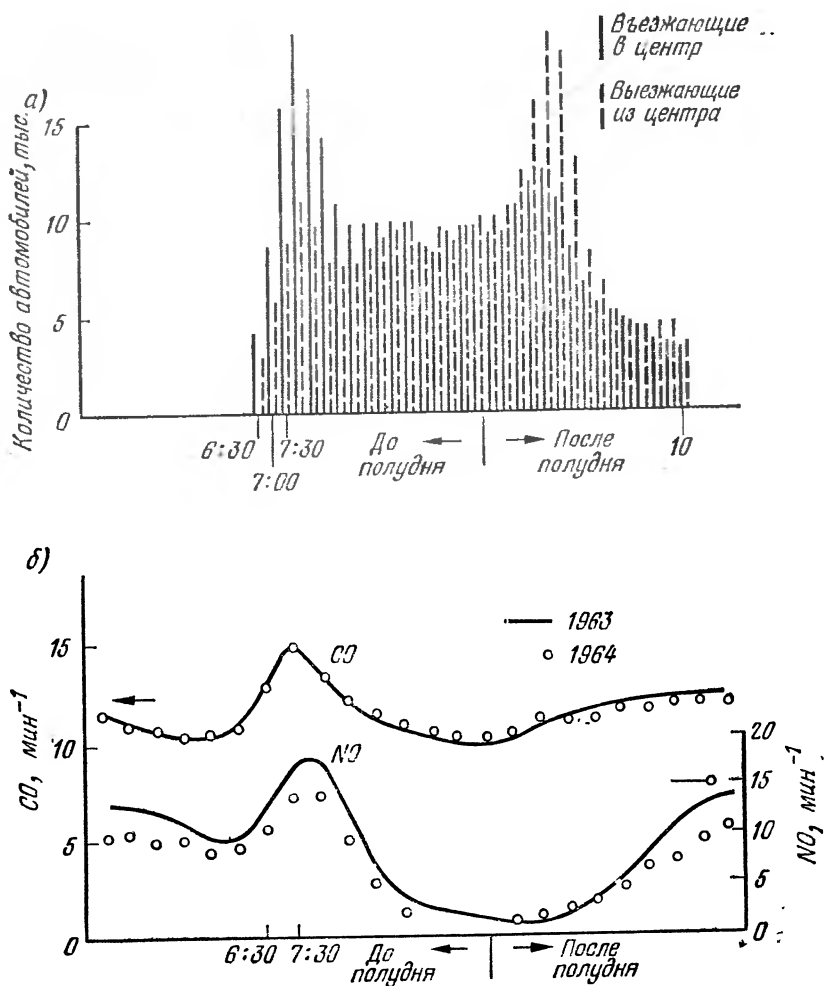


Рис. 21.2 Концентрация окиси углерода и двуоксида азота в зависимости от интенсивности движения автомобильного транспорта в деловой части г. Лос-Анджелеса:

а — количество автомобилей, въезжающих в деловую часть г. Лос-Анджелеса и выезжающих из нее (г. Лос-Анджелес, май 1963 г.); б — почасовая концентрация окиси углерода CO и окислов азота NO₂

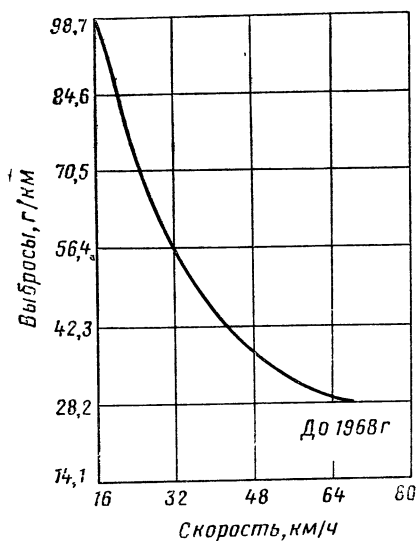


Рис. 21.3. Выбросы окиси углерода автомобильными двигателями в зависимости от скорости движения автомобиля

Концентрация окиси углерода на скоростных автострадах колеблется от 12 до 26 млн⁻¹, в то время как для главных улиц города эта величина достигает от 20 до 33 млн⁻¹. В атмосфере улиц центра города и его главных транспортных артерий содержится в основном такое же количество окиси углерода

Основной причиной колебаний максимальных величин концентрации окиси углерода являются различные условия вождения и различная интенсивность движения транспортных средств

Уровень загрязненности воздуха автомобильным транспортом в зависимости от времени суток. Загрязненность воздуха в сильной степени зависит от режима работы автомобильного транспорта, времени суток и атмосферных условий в пределах городской территории. В некоторых городах пиковые значения в содержании окиси углерода очень близко совпадают по времени с моментом достижения максимальной интенсивности движения автомобильного транспорта в часы пик, в других городах такой зависимости не наблюдается

На рис. 21.2 показано почасовое изменение интенсивности движения автомобильного транспорта въезжающего в центральную деловую часть города Лос-Анджелеса и покидающего ее, и концентрация двуокиси азота и окиси углерода в атмосфере в этой же зоне в соответствующие часы. Максимальное содержание обоих указанных загрязняющих веществ отмечается между 7.30 и 8.00 утра. Уровень концентрации их достигает значений 15 и 18 млн⁻¹ соответственно. Затем уровень концентрации их падает в течение последующих часов (для двуокиси азота — до величины, равной только 1—2 млн⁻¹). В течение этого периода имеется тенденция к разложению двуокиси азота под действием солнечных лучей. Уровень содержания двуокиси азота вновь повышается к вечеру: концентрация окиси углерода снижается до величины 10 млн⁻¹ приблизительно к 2 ч дня и затем постепенно возрастает до 12 млн⁻¹, и этот уровень с небольшими изменениями поддерживается в течение всех вечерних и ночных часов до следующих утренних часов пик

Скорость как фактор, влияющий на загрязненность. Имеется значительная разница в величинах концентрации окиси углерода на основных автомагистралях и скоростных автострадах. Исследование, проведенное Калифорнийской лабораторией загрязненности воздуха [3], показало, что уровень содержания углеводородов изменяется в зависимости от величины средней скорости движения автомобилей. Испытания показали, что для средних условий вождения на автострадах содержание углеводородов составляло от 350 до 400 млн⁻¹, в то время как для тех же условий на основных магистралях города эта концентрация составила от 580 до 590 млн⁻¹.

Приведенные данные были получены до широкого внедрения средств регулирования состава выхлопных газов автомобильных двигателей и поэтому могут не совпадать с данными, получаемыми в настоящее время.

Выбросы углеводородов составили: 100 млн⁻¹ при работе двигателей на холостом ходу, 540 млн⁻¹ при разгоне, 485 млн⁻¹ в условиях экономичного режима движения и 5000 млн⁻¹ при замедлении движения. Трогание с места и остановка автомобиля оказывали самый сильный эффект на увеличение содержания углеводородов и окиси углерода в воздухе.

Увеличение выбросов углеводородов на отдельных участках автомагистралей по сравнению с автострадами составило от 34 до 40%.

На рис. 21.4 показана интенсивность выброса углеводородов автомобильными двигателями при скорости движения от 16 до 64 км/ч. На скорости 64 км/ч этот выброс составляет около 2,54 г/км, а на скорости 16 км/ч он становится равным уже около 7,05 г/км, что составляет увеличение выброса более чем в 2,5 раза по сравнению с движением со скоростью 64 км/ч.

На рис. 21.3 показана зависимость между скоростью и интенсивностью выброса автомобилями окиси углерода CO. Кривая этой зависимости подобна кривой для углеводородов, причем выбросы окиси углерода на скорости 16 км/ч приблизительно в 4,5 раза превышают соответствующую величину при скорости 64 км/ч.

В отличие от тенденции к уменьшению выбросов окиси углерода и углеводородов с увеличением скорости движения выбросы окислов азота при этих условиях увеличиваются. Для автомобилей, оборудованных средствами регулирования состава выхлопных газов, выбросы окислов азота (рис. 21.5) находятся в пределах от 0,7 г/км для скорости 16 км/ч до 2,54 г/км для скорости 64 км/ч.

Более высокие скорости движения и улучшенные условия вождения, обеспечиваемые на автострадах, не приводят все-таки к снижению количества выбросов окислов азота. Эти выбросы могут быть уменьшены введением рециркуляции отработавших газов через карбюратор. Это приводит, однако, к снижению мощности и удорожанию эксплуатации автомобиля.

Возраст и тип автомобиля как факторы, влияющие на загрязненность воздуха. Возраст автомобиля влияет на уровень загрязненности воздуха в первую очередь потому, что на более новых автомобилях введено оборудование, предназначенное для снижения загрязненности выхлопных газов, а не из-за различий в уходе. Прорыв газов из-за неправильных процессов карбюрации, неполное сгорание и выброс картерных газов вместе составляют приблизительно 7% от общих выбросов углеводородов. Установка специального оборудования для устранения прорывов газов на всех автомобилях, как требовалось для штата Калифорния с 1961 г, обеспечила почти полное устранение этого источника загрязнения атмосферы углеводородами.

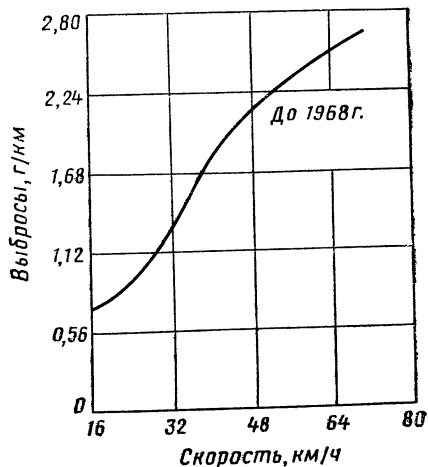
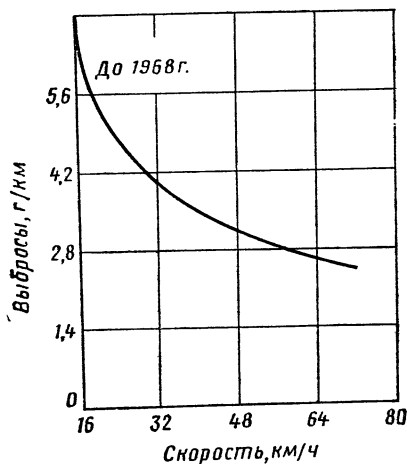


Рис. 21.4. Выбросы углеводородов автомобильными двигателями в зависимости от скорости движения автомобиля

Рис. 21.5. Выбросы окислов азота автомобильными двигателями в зависимости от скорости движения автомобиля

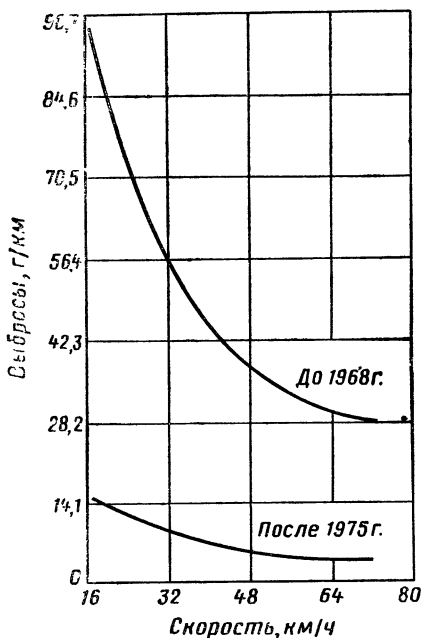


Рис. 21.6. Выбросы окиси углерода автомобильными двигателями в зависимости от скорости движения автомобиля

Время началась интенсивная работа в национальном масштабе в направлении создания устройств, снижающих загрязненность воздуха, которые могли бы способствовать уменьшению выбросов в атмосферу выхлопных газов двигателей, паров топлива и газов, прорывающихся через различные неплотности.

Для того чтобы оценить то влияние, которое эта техника сможет оказать на очистку выхлопных газов автомобилей, необходимо рассмотреть стандарты на состав выхлопных газов, которые были разработаны Министерством здравоохранения, просвещения и социального обеспечения США и (недавно) Управлением по защите окружающей среды для обеспечения качества воздуха, необходимого для сохранения здоровья людей. Общее влияние стандартов можно видеть на рис. 21.6, 21.7 и 21.8. Если требования этих стандартов будут удовлетворяться к 1975 г., то выбросы окиси углерода для одних и тех же скоростей движения автомобилей будут составлять приблизительно одну седьмую от того количества, которое имело место до 1968 г. Количество выбросов углеводородов, приходящееся на одну милю пробега автомобилей, после 1975 г. будет равно одной десятой от величины этих выбросов до 1968 г. для тех же скоростей движения. Количество окислов азота будет уменьшено с 0,7 до 0,2 г/км, или до одной трети от уровня, существовавшего до 1968 г.

Типовые источники шума. В данном разделе рассматриваются в первую очередь те шумы, которые вызываются работой наземных транспортных средств, и сравниваются уровни шумов, обычных для нашего непосредственного окружения. В табл. 21.3 приведены примеры типичных источников шума. Уровни показывают относительную его громкость, имеющую место при работе различных его источников, и воздействие шума на психику человека и влияние на состояние его слухового аппарата.

Хотя пробег грузовых автомобилей в общем пробеге автопарка составляет около 20%, а количество грузовых автомобилей на основных маршрутах движения в общем транспортном потоке составляет 50%, в загрязнении воздуха эти автомобили играют сравнительно небольшую роль. Это вызвано несколькими причинами. Большинство тяжелых грузовых автомобилей снабжено дизельными двигателями. Степень загрязнения воздуха, производимого этими двигателями, значительно меньше, чем карбюраторными двигателями, так как карбюраторный двигатель выбрасывает в воздух в 13,7 раза больше загрязнений, чем дизельный двигатель того же размера (по рабочему объему).

Кроме того, движение грузовых двигателей более постоянно в течение дня при небольших максимумах в утренние и вечерние часы пик. Поэтому более равномерное распределение движения грузовых автомобилей во времени приводит к меньшему влиянию выбросов этих автомобилей.

Влияние антизагрязняющих устройств на величину выбросов. С 1965 г. основные усилия были направлены на уменьшение уровня загрязненности воздуха, вызываемого автомобильными двигателями. Эти усилия впервые были предприняты в Калифорнии в качестве реакции на плотный смог, возникший в районе Лос-Анджелеса в начале 60-х годов. С того

Сравнение транспортных средств как источников шума. Шум, возникающий при работе транспортных средств, представляет собой основной вид шума в условиях города. Значительная часть городского фонового шума состоит из отдельных звуков, издаваемых при своем движении тысячами легковых и грузовых автомобилей, самолетов и других транспортных средств, действующих в пределах городской территории. В табл. 21.4 сравниваются между собой данные, полученные при измерении силы звука от различных его источников. Грузовые автомобили и автобусы создают шум, уровень которого находится в пределах от 81 до 96 дБА. Этот уровень сравним с уровнем шума для пилота самолета, находящегося в пределах от 73 до 119 дБА. Вне самолета на расстоянии 122 м шум достигает величины 110 дБА, а в непосредственной близости от самолета он может легко увеличиваться до величины 160 дБА.

Измерение уровня шума. Измерение шума и связывание его уровня со степенью неблагоприятного воздействия на человека является достаточно сложной задачей. Для количественного определения громкости основных источников шума было проведено большое количество исследований. При этом использовались два метода: определение, как каждый человек оценивает громкость шума с психологической точки зрения, и эксперименты с группами людей для определения, как они оценивают восприятие различных звуков по определенной шкале.

Существует большое количество критериев для оценки звука, которые основываются на различных психологических и физических свойствах звука. Среди первых можно назвать «громкость», «уровень громкости», «уровень восприятия шума» (*PndB*) и «уровень помехи для речи» (*SIL*), среди вторых — «общий уровень звукового давления» (*OASPL*) и «А-взвешенный уровень звука» (*dBA*)*.

Уровни шума, вызываемого работой автомобиля. Шум при движении автомобиля возникает от двух его источников: двигателя и взаимодействия шин с поверхностью дороги. Основными источниками шума при работе двигателя являются: процесс всасывания воздуха карбюратором, работа вентилятора системы

* Термин «уровень» используется для того, чтобы указать на использование не линейной, а логарифмической шкалы. Дело в том, что психологическая реакция системы слуха характеризуется экспоненциальной зависимостью, что является одной из причин, почему для оценки шума выбрана шкала в децибелах.

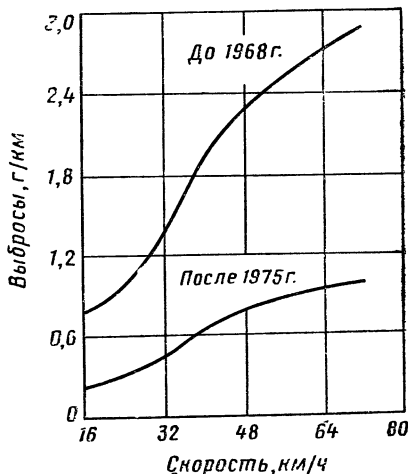
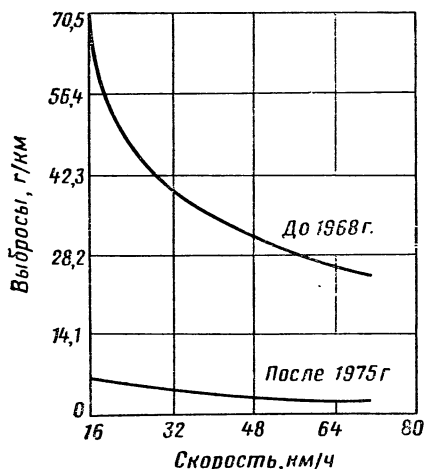


Рис. 21.7. Выбросы углеводородов автомобильными двигателями в зависимости от скорости движения автомобиля

Рис. 21.8. Выбросы окислов азота автомобильными двигателями в зависимости от скорости движения автомобиля

Уровни шума и действие их на человека

Источники шума	Уровень звука, дБА	Действие на человека	Сравнение с громкостью звука при разговоре
Палуба авианосца	150	—	—
	140	—	—
Работа реактивного двигателя	130	Болевые ощущения	Предел усиления речи
Взлет реактивного самолета (61 м)	120	—	—
Автомобильный сигнал (0,9 м) Клепальная машина	110	—	Максимальные усилия голоса при пении
Взлет реактивного самолета (610 м) Крик (0,15 м)	100	—	Крик в ухо
Станция метро	—	Очень раздражающее	—
Тяжелый грузовик (15 м)	90	Повреждение слуха (при действии в течение 8 ч)	Крик на расстоянии 0,6 м
Пневматическое сверло (15 м)	80	Раздражающее действие	Очень громкий разговор на расстоянии 0,6 м
Товарный поезд (15 м) Автомобильный транспорт на автостраде (15 м)	70*	Затруднение в пользовании телефоном	Громкий разговор на расстоянии 0,6 м
Установка кондиционирования воздуха (6 м)	60	—	Громкий разговор на расстоянии 1,2 м
Небольшая интенсивность автомобильного движения (30 м)	50	Спокойно	Нормальный разговор на расстоянии 3,6 м
Гостиная	40	—	—
Спальня			
Библиотека	30	Очень спокойно	—
Негромкий шепот			
Радиостудия	20	—	—
	10	Едва слышно	—
	0	Порог слышимости	—

* При силе звука выше этого значения начинается ухудшение слуха.

Уровень шума, возникающего при движении транспортных средств

Виды транспортных средств	Максимальная величина шума при измерении у уха водителя, дБА
	85—113
Краны	85
Стационарные двигатели	96
Подметальные машины	82—96
Автобусы	81—92
Грузовые автомобили (при частоте вращения колесчатого вала 2000—2500 об/мин)	85—113
Тракторы	97—100
Грейдеры	83—104
Моторные лодки (вблизи двигателя, работающего в экономичном режиме)	101—112
Речные баржи-катамараны грузоподъемностью 919 т (в машинном отделении)	140—160
Реактивные самолеты (на взлете)	91—107
Дизельные экскаваторы	83—91
Электроэкскаваторы	102—106
Бульдозеры	88—100
Тепловозы	

охлаждения, клапанного механизма, шестерен коробки передач и выброс отработавших газов. Шум последнего при правильно работающем глушителе (являющимся оборудованием, устанавливаемым на заводе-изготовителе) может составлять не более 10—15% от общего шума, издаваемого движущимся автомобилем.

Шум взаимодействия шины с поверхностью дороги наблюдается при движении любого автомобиля в определенных условиях и является значительной составляющей общего шума автомобиля. Взаимодействие шины с поверхностью дороги вызывает шум, уровень которого в первую очередь зависит от рисунка протектора, его глубины, шероховатости поверхности дороги, ее влажности, жесткости шины, а также нагрузки на шину и конструкции подвески автомобиля.

Насколько значительным является шум, возникающий при качении шины по поверхности дороги, можно видеть по рис. 21.9. В стороне от дороги на расстоянии 7,6 м были проведены замеры спектральных характеристик шума при движении легковых автомобилей. Более узкая заштрихованная область кривых показывает различие в спектре шумов, измеренных для автомобиля, движущегося со скоростью 105 км/ч, и автомобиля движущегося накатом с выключенным сцеплением, в области высоких и низких частот соответственно. Узкая часть этой области показывает, что шум здесь в первую очередь обусловлен взаимодействием шины с поверхностью дороги и не зависит от режима работы двигателя.

Более значительная разница расположения двух кривых в левой части показывает, что при скорости движения 104 км/ч в нормальном экономичном режиме роль шумов от выхлопной системы двигателя в диапазоне низких частот сказывается более значительной. Различие в 2—3 дБ показывает, что половина или более всех шумов во второй, третьей и пятой октаве полосы частот вызвана работой выхлопной системы двигателя.

Другая область на рис. 21.9 показывает различия в спектре частот при изменениях от нормального режима движения со скоростью 56 км/ч до максимального ускорения (представленного верхней штриховой ломаной линией). Более значительная разница в спектрах частот для этих условий движения позволяет предположить, что в условиях максимальной интенсивности работы выхлопной системы доминирует во всем спектре частот.

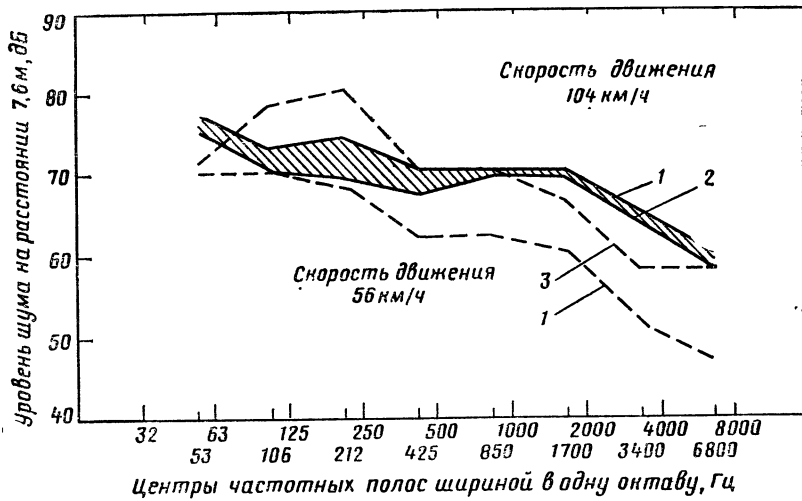


Рис. 219. Частотные составляющие шума легкового автомобиля (данные получены для шести новых легковых автомобилей (1962 г.):

1 — экономичный режим работы двигателя 2 — движение накатом (двигатель работает в холостом режиме); 3 — максимальное ускорение

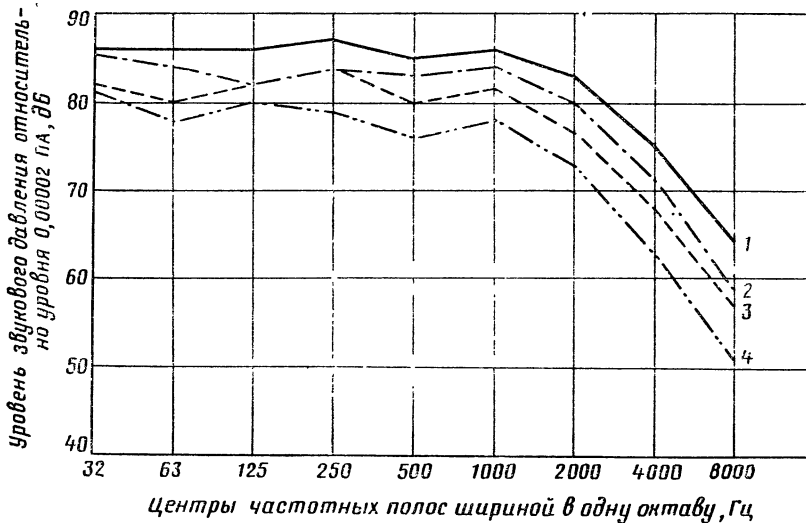


Рис. 2110. Спектр частот шума при изменении скорости движения автомобиля (тип автомобиля — грузо-пассажирский фургон выпуска 1968 г.; покрытие дороги — асфальт с шероховатой поверхностью)

1 — скорость 97 км/ч; 2 — скорость 80 км/ч; 3 — скорость 64 км/ч; 4 — скорость 48 км/ч

Скорость и шум. Изменение скорости движения вызывает изменение и уровня шума: чем выше скорость, тем сильнее шум. На рис 21 10 приведены результаты эксперимента: автомобиль проходил мимо пункта, в котором проводились измерения, со скоростями 48, 64, 80 и 97 км/ч. Спектр частот измеренного шума показал значительное возрастание всех частотных составляющих с увеличением скорости

Возраст автомобиля и шум. Эксперименты, при которых проводились сравнения новых автомобилей с автомобилями тех же моделей, но выпущенных на два года раньше, показали, что различия в уровнях шума в зависимости от возраста автомобиля в первую очередь вызываются износом деталей системы выпуска и вибрацией кузова. Средняя разница в уровне шумов (во всем диапазоне скоростей), составляющая от 3 до 5 дБ, показывает, что имеются относительно небольшие изменения в величине шумности автомобиля, обусловленные его возрастом (рис. 21 11). Данные, приведенные на рис 21 11, получены в лабораторном эксперименте с автомобилями, находящимися в хорошем состоянии, т. е. без дефектов глушителя и без конструктивных изменений в системе выпуска.

Дорожное покрытие и шум. На рис. 21 12 приведены данные, полученные при измерении случайных шумов, возникающих при движении легковых автомобилей по дорогам с различной поверхностью. Измерения проводились на расстоянии 7,6 м от полосы движения. В общем случае различие между уровнем шума, возникающего при движении в условиях различных дорожных покрытий — от самых гладких до самых шероховатых, — составило около 10 дБА во всем диапазоне скоростей движения. При скорости в 80 км/ч уровень шума при движении по шероховатому дорожному покрытию был на 10 дБА выше, чем при движении по гладкому покрытию

Тип автомобиля и шум. Спектральные характеристики шумов значительно изменяются в зависи-

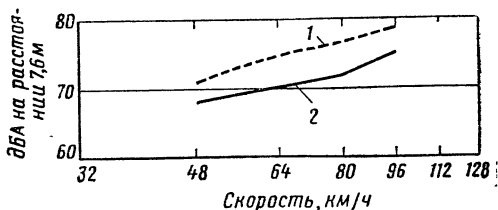


Рис. 21 11. Уровень шума, производимого движущимися автомобилями в зависимости от возраста автомобилей:
1 — автомобиль двухлетней давности; 2 — новый автомобиль

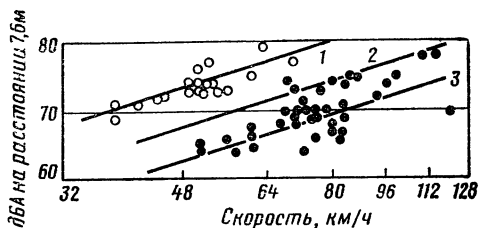


Рис. 21.12. Уровень шума в зависимости от вида поверхности дорожного покрытия:
1 — шероховатый асфальт, 2 — асфальт средней шероховатости и бетон; 3 — гладкий асфальт

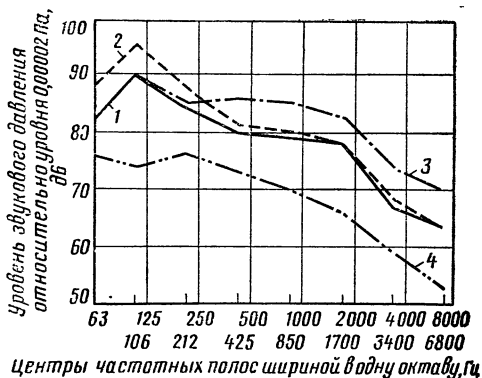


Рис. 21.13. Влияние режима движения на уровень шума:

1 — движение по прямой (частота вращения коленчатого вала двигателя 1900 об/мин), 2 — движение на подъем (частота вращения коленчатого вала двигателя 2100 об/мин) 3 — ускорение движения, 4 — движение под уклон (частота вращения коленчатого вала двигателя 1600 об/мин)

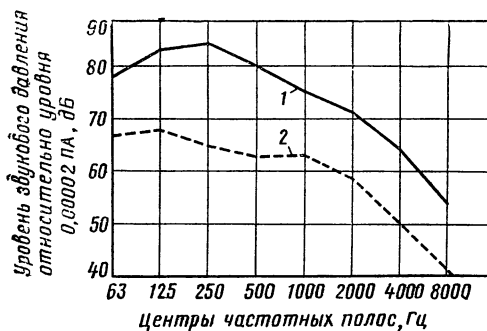


Рис. 21.14. Сравнение уровней шума, возникающего при движении грузовых и легковых автомобилей:

1 — грузовые автомобили с дизельными двигателями; уровень шума 82 дБА, измеренный на уровне дороги на расстоянии 15 м; 2 — легковые автомобили; уровень шума 67 дБА, измеренный при скорости 80 км/ч на расстоянии 15 м

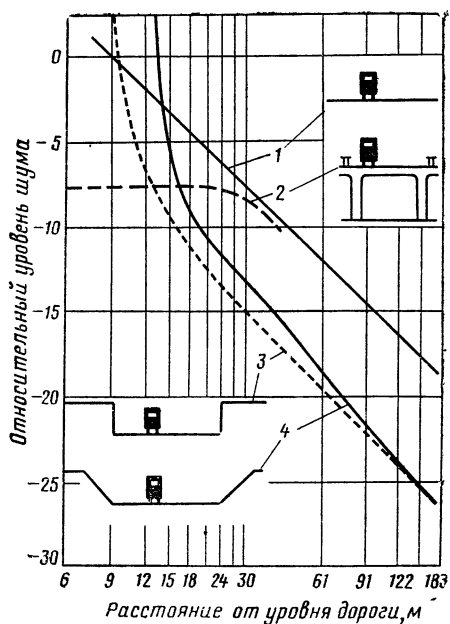


Рис. 21.15. Снижение уровня шума, вызываемое различными дорожными сооружениями, расположенными:

1 — на одном уровне; 2 — на эстакаде, 3 — в выемке с вертикальными стенками, 4 — в выемке с наклонными стенками

мости от типа автомобилей. Грузовые автомобили, особенно большой грузоподъемности, снабженные дизельными двигателями, составляют сравнительно небольшой процент во всем потоке транспортных средств, вносят очень значительный вклад в уровень шума, возникающего при их движении. Эти автомобили являются наиболее ярко выраженными источниками шума и обычно очень четко выделяются из потока автомобилей. Грузовые автомобили с дизельными двигателями существенно более шумны, чем легковые автомобили: уровень шума для них на всех режимах работы на 15 дБА выше. Источниками шума в дизельных автомобилях являются как система выпуска, так и взаимодействие шин с поверхностью дороги, причем шум в системе выпуска оказывается доминирующим на более низких скоростях движения, в то время как шум от взаимодействия шин с поверхностью дороги оказывает наибольшее влияние на высоких скоростях движения.

Роль шума, производимого шинами, в общем спектре шумов грузового автомобиля с дизельным двигателем в состоянии движения можно видеть из нижней кривой рис 21.13, относящейся к движению этого типа автомобилей на спуске при работе двигателя в холостом режиме.

Шумы от работы двигателя и системы выпуска отработавших газов характеризуются более высокими частотами, относящимися к условию движения с максимальными ускорениями. Сравнение шума легковых автомобилей с шумом грузовых показывает, что в условиях максимальных ускорений шум, производимый грузовыми автомобилями, выше по всему спектру частот на величину от 10 до 15 дБА (рис. 21.14).

Мотоциклы и спортивные автомобили считаются наиболее частыми нарушителями предписаний по уровню шумов. На основании измерений можно сделать вывод, что нет прямой зависимости между величиной развиваемой мощности (либо размером автомобиля

Относительная стоимость сооружения городских транспортных магистралей (исключая стоимость земельных участков и пр.)

Способ сооружения	Средняя величина коэффициента стоимости	Диапазон изменения коэффициента стоимости
На одном уровне с окружающей территорией	1	0,7—1,3
Заглубленные открытые выемки	1,5	—
Возвышение на дамбах	2	—
» с укреплением стенок	3	—
Заглубление » » »	5,5	—
Возвышение на путепроводах	7,5	4—10
Туннели:		
проходка обычными способами	13	10—16
заглубление трубчатых секций	25	—
проходка открытым способом	14	5—10
» под дном реки	50	18—65

или мотоцикла) и уровнем шума, создаваемого при его движении. Степень снижения уровня шума от выхлопных газов чрезвычайно изменяется от модели к модели даже одного завода-изготовителя и еще более изменяется в условиях эксплуатации различными владельцами. В частности, шум, возникающий при разгоне этих транспортных средств, продолжает оставаться нерешенной проблемой из-за низкого уровня снижения шумности стандартной выхлопной системой.

Уменьшение шума, создаваемого транспортными потоками. Для снижения нежелательного шума, исходящего от движущихся по автомагистралям и улицам транспортных средств, можно использовать ряд способов. Эффективным средством для такого снижения шума могут быть жесткие (и массивные) барьеры, отгораживающие автомагистрали. Доказано, что чем ближе барьер располагается к источнику шума, тем более высокой оказывается степень снижения уровня шума. Степень снижения шума увеличивается и с высотой барьера.

Другим способом борьбы с шумом является заглубление или возвышение проезжей части дороги. Разница в уровнях расположения проезжей части дороги обеспечивает в определенной степени экранирование шумов, создаваемых движущимися транспортными средствами, и снижение уровня шума в местах, примыкающих к дороге (рис 21.15). Стоимость строительства основных транспортных сооружений очень высока, особенно в пределах городской территории, и проектирование, чтобы уменьшить уровень шумов, может привести к значительному изменению этой стоимости, как показано в табл. 21.5.

Средства озеленения (деревья, кустарники и т. д.), примыкающие к дорогам, оказывают небольшой эффект в уменьшении уровня шума, если только они не имеют значительную плотность и ширину посадки. Результаты исследований показали, что деревья уменьшают уровень шума, но не настолько, чтобы оправдывать большие затраты на их посадку для уменьшения шума. Декоративное растениеводство, хотя оно снижает уровень шума лишь в небольшой степени, может привести к уменьшению количества жалоб на повышенную шумность.

ДРУГИЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Хотя положительное влияние транспортных сооружений превышает их отрицательное воздействие, обе эти стороны всегда должны учитываться.

Не может быть никакого сомнения в том, что автомобильный транспорт сыграл главную роль в экономическом развитии США и многих других наций

во всем мире. Однако для данного обсуждения важно обратить особое внимание на негативные стороны и напомнить инженеру-практику автомобильного транспорта, что общественность наиболее остро реагирует именно на отрицательные воздействия любых мероприятий.

Можно перечислить отдельные отрицательные моменты воздействия развития автомобильного транспорта. Некоторые из них временны, например процесс сооружения дорог, который может вызвать эрозию почвы и заиливание естественных водных потоков. Другие имеют более постоянную природу, например происходящая изо дня в день перегруженность существующих улиц и дорог, в результате чего происходят заторы, задержки в движении и возникает опасность несчастных случаев.

Вторичным явлением такого напряженного транспортного движения может явиться стимулирование такого характера застройки территории, который может оказать отрицательное воздействие на использование соседних земель, а также создать проблемы, связанные с движением потока транспортных средств по автомобильным дорогам.

Автомобильные магистрали и главные улицы городов как зоны, опасные с точки зрения дорожно-транспортных происшествий. Дорожно-транспортные происшествия нельзя рассматривать как «загрязнение» в обычном смысле слова, хотя они представляют явную опасность для общества. Установлено, что дорожно-транспортные происшествия, происшедшие на улицах и дорогах США в 1972 г., обошлись в 19,4 млрд. долл. в виде материальных потерь и потерь производительного времени. В течение этого года в автомобильных авариях погибло 56 600 чел. Большую часть человеческих страданий и материальных потерь можно было бы предотвратить улучшением конструкции автомобилей и дорожных сооружений, осуществлением программы обеспечения безопасности и других способов предотвращения дорожно-транспортных происшествий.

Наибольшее количество дорожно-транспортных происшествий оказалось сконцентрированным на основных транспортных магистралях и главных улицах городов. Было подсчитано, что в 1972 г. в США 56 600 случаев из общего числа 117 000 смертельных исходов и 2,1 млн. из общего числа 11,5 млн. случаев ранений, ведущих к нетрудоспособности, произошло на автомобильном транспорте. Это налагает большую ответственность на профессии, связанные с автомобильным транспортом, и дает им благоприятную возможность добиться улучшения в этой области.

Повышение безопасности на улицах и дорогах может привести к значительному уменьшению ранений и потерь человеческих жизней.

Автостреды. Существует проблема, связанная с внешним видом автостред и вызванная их необозримыми физическими размерами. Факторы, определяющие непривлекательность внешнего вида автостред, можно разделить на два основных вида:

1. Физические характеристики самих дорожных сооружений, таких, как наклонные въезды и выезды, разделительные барьеры, центральные разделительные полосы, подпорные стенки и другие элементы, которые дисгармонируют с окружающими условиями

2. Схема развития и застройки примыкающих земельных участков, для которых автострада служит в качестве стимулятора.

Примерами отрицательного воздействия на визуальное восприятие физических характеристик автостред могут служить в первую очередь те участки автостред, которые были сооружены в ранние годы их строительства. Некоторые из них были построены без использования существовавшего опыта в проектировании автостред. Как результат этого, такие сооружения имели конструктивные недостатки, которые превратились в плохо воспринимаемые формы. Такие устройства, как узкие центральные разделительные полосы барьерного типа, высокие подпорные стенки, мосты с массивными опорами, удлиненные возвышающиеся конструкции и перегруженные знаками переходные зоны, создают у водителей отрицательную реакцию. В противовес этому существует большое количество примеров, когда автостреды спроектированы с широкими разделительными полосами, длинными изящными мостами, имеющими ограждения, которые гармонично сливаются с конструкцией мостов, кустарниками и другими средствами ландшафтного оформления на склонах, усиливающими их привлекатель-

**Изучение помех движению транспортных средств
(повороты для подъезда к придорожным объектам)**

Объекты	Количество объектов	Количество поворотов	Среднее число поворотов на один объект	Количество мешающих поворотов	Процент мешающих поворотов
Рестораны	12	91	7,5	23	25,3
Закусочные	3	8	2,7	2	25,0
Жилые дома	12	8	0,7	2	25,0
Торговые предприятия	27	110	4,1	28	25,4
Мотели	12	49	4,1	11	22,4
Станции тех-обслуживания	11	80	7,3	12	15,0
Общее число	77	346	4,5	78	22,5
Перекрестки ¹	3	89	29,7	6	6,7

¹ Указаны пересечения только с дорогами местного значения (места их расположения выбраны вне основных пересечений)

ность и создающими положительный визуальный эффект. В общем случае этот эффект является результатом правильной оценки необходимости иметь привлекательный внешний вид.

На схему развития и застройки прилегающей к дорогам территории сильно влияет та доступность, которую обеспечивают дорожные сооружения. Интенсивное развитие многих торговых предприятий вдоль дорог часто стимулируется большой доступностью их. Происходящая в результате этого перегрузка земельных участков обычно приводит к отрицательному визуальному эффекту. «Ленточное» развитие наряду с недостаточностью мер по упорядочению размещения визуальных средств информации и доступности придорожной полосы является характерным для огромного большинства торговых зон, ориентированных на доступ со стороны автомобильных дорог. Недостаточность мер по упорядоченности визуальных средств информации и земельного пользования вдоль предполагаемых новых автострад может привести к неблагоприятным воздействиям их на правильную застройку близлежащих территорий.

«Ленточное» развитие торговых зон. Формирование торговых зон, ориентированных на размещение в придорожной полосе, обычно носит название «ленточного» развития. Отрицательный эффект преимущественной застройки территории вдоль улиц и автомобильных дорог выражается в ухудшении внешнего вида придорожной полосы, увеличении количества дорожно-транспортных происшествий и образовании транспортных заторов. Обычно с каждой стороны дороги развивается торговая зона, обслуживаемая дополнительной сетью улиц. Транспортные средства, движущиеся со стороны пересекающих автостраду улиц и крупных объектов, расположенных вдоль дороги, вливаются на автостраду через находящиеся достаточно близко друг от друга пересечения. Наиболее значительный недостаток этого — уменьшение пропускной способности транзитного транспорта, вызываемое наличием большого количества поворачивающихся транспортных средств, движущихся со стороны торговых предприятий, расположенных вдоль дороги. Исследования показывают, что рестораны, закусочные и торговые предприятия способствуют созданию сильных помех движению транзитного транспортного потока.

Общее количество поворотов в часы пик и число поворотов, которые мешают движению транзитного транспорта, приведены в табл. 21.6 отдельно по каждому из наименований мест назначения. Такое движение с частыми поворо-

Сравнение данных по эксплуатации транспортных средств при централизованном плане застройки городской территории и при бесплатном разрастании города

Показатели	Рекомендуемый план застройки земельной территории	Бесплатная застройка земельной территории
Количество часов работы транспортных средств в сутки	926 000	1 016 000
Стоимость эксплуатации транспортных средств, млрд долл	20,34	22,31
Площадь, отводимая для движения транспортных средств, км ²	172,2	245
Средняя плотность населения, чел/км ²	1700	1040
Стоимость системы, млрд. долл.	2,1	2,23

тами приводит к значительному снижению общей пропускной способности автомобильных дорог.

Транспортные расходы Главным недостатком малой плотности застройки, в результате которой происходит расплывание городов, является повышенная стоимость эксплуатации транспортных средств. Примером различий в транспортных расходах для большой и малой плотностей застройки может послужить Региональное транспортное исследование в северо-восточном Висконсине для зоны г. Милуоки. План, обеспечивающий высокую плотность застройки, или «централизованную» застройку земельной территории, дал среднюю плотность населения в черте города, равную 1700 чел/км², по сравнению с плотностью в 1040 чел/км² при бесплатной застройке этой территории. Все эти данные приведены в табл. 21.7. Затраты времени на работу автомобильного транспорта и стоимость эксплуатации его за один день для централизованного

Таблица 21.8

Площадь, отводимая под улицы при застройке территории различных городов

Территория города	Годы	Процент городской территории, отводимой под улицы
Нью-Йорк, центр	1960	34,6
Детройт	1953	30,8
Миннеаполис-Сент-пол	1960	29,1
Тусон	1960	28,3
Вашингтон, округ Колумбия	1948	27,8
Чикаго	1956	25,9
Питтсбург	1958	25,0
Чаттануга	1960	23,9
53 города (центры)	1955	28,2
33 города-спутника	1955	27,7
11 городских территорий	1955	27,6

Примечание. Приблизительно одна треть площади всех улиц используется для размещения полосы стоянок и тротуаров

Соотношение площадей, отводимых в центральной деловой части городов под улицы и стоянки транспортных средств

Город	Годы	Общая площадь, га	Доля площади делового центра, га, отводимая для		
			улиц	стоянок	улиц и стоянок
Лос-Анджелес	1960	162,3	35,0	24,0	59,0
Чикаго	1956	274,4*	31,0	9,7	40,7
Детройт	1953	279,4	38,5	11,0	49,5
Питтсбург	1958	130,1*	38,2	**	**
Миннсаполис	1958	235,0	34,6	13,7	48,3
Сент-Пол	1958	195,2	33,2	11,4	44,6
Цинциннати	1955	133,6	**	**	40,0
Даллас:					
центральная зона деловой центр	1961	139,4	34,5	18,1	52,6
	1961	551,6	28,5	12,9	41,4
Сакраменто	1960	141,7	34,9	6,6	41,4
Колумбус	1955	203,5	40,0	7,9	47,9
Нашвилл	1959	150,0	30,8	8,2	39,0
Тусон	1960	52,2	35,2	**	**
Шарлотт	1958	191,6	28,7	9,7	38,4
Чаттануга	1960	135,3	25,1	15,0	40,1

* Включая незастроенную часть.

** Данных нет.

(рекомендуемого) плана застройки составили 20,3 млрд. долл. по сравнению с величиной 22,31 млрд. долл. для бесплановой застройки, что составляет разницу приблизительно в 2 млрд. долл. за один день, причем необходимо указать, что имеются и другие достаточно большие различия в расходах на эксплуатацию транспортных средств для этих схем застройки земельной территории. Интересно заметить, что плотность населения уменьшилась с 4830 чел/км² в 1950 г. до 3090 чел/км² в 1960 г.

Эффективность использования земельных площадей. Одним из интересных аспектов при сравнении двух схем застройки земельных площадей в районе северо-восточного Висконсина является величина площади, необходимая для обеспечения движения транспорта.

Для рекомендуемого плана застройки земельной территории, включающего сеть общественного транспорта, общая величина площади, отводимой под использование транспорта, составила 172,2 км², или приблизительно 30% всей земельной площади. Для бесплановой застройки величина площади, отводимой для транспорта, оказалась равной 245 км², что составляет около 40% от всей площади городской территории.

Одним из основных аргументов против использования схемы «расползания» городов является недостаточная эффективность использования земельной площади. Сравнение данных для противостоящих друг другу схем застройки городской территории для района северо-восточный Висконсин с существующей схемой расположения улиц и дорожных сооружений (табл. 21.8) показывает, что процент земельной площади, отводимой для транспорта, в будущем при внедрении планового развития городской территории не только не увеличится, а, наоборот, будет уменьшаться. Это доказывает несостоятельность аргумента,

гласящего, что для городов в целом характерно чрезмерное использование земельной площади под транспортные сооружения

Тенденции в размещении стоянок транспортных средств в деловом центре. Расположение городов тесно связано с использованием в качестве основного вида транспорта персональных автомобилей. Это касается как территории, предназначенной для транспортных средств в центральной деловой части города, так и для всей территории города в целом.

В течение ряда лет в различных научных публикациях велась оживленная дискуссия относительно преимуществ и недостатков размещения стоянок транспортных средств в деловом центре. Нет единого мнения относительно величины территории, отводимой для стоянок и для других нужд транспорта (и, возможно, его никогда не будет), из-за чрезвычайного разнообразия в требованиях к использованию земельной площади для отдельных городов.

В табл. 12.9 приведены данные по величине центральной деловой части для каждой конкретной городской территории. Эта величина изменяется от 35% для г. Чаттануга до 59% для г. Лос-Анджелеса. Для огромного большинства городов эта величина колеблется в пределах от 40 до 50% независимо от величины города.

Относительная величина площади, отводимой для сооружения автомобильных дорог в определенных городах, изменяется в пределах от 21 до 44% — последняя цифра имеет место в плане l'Enfant для г. Вашингтона, округ Колумбия. В то же время очень незначительна площадь, предназначенная для размещения стоянок транспортных средств вне улиц. Данные, приведенные в табл. 21.9, отражают для указанных в ней городов отрезок времени в восемь лет. Из проведенных недавно исследований видно, что изменений в распределении площади для этих городов не произошло. Таким образом, очевидно, что величина площади, отводимой в центральной деловой части городов для стоянок транспортных средств, не имеет никаких тенденций к росту.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ МЕРЫ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА УЛУЧШЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Чтобы уменьшить загрязненность воздуха и улучшить таким образом окружающую среду, были предприняты усилия в виде законодательных и административных мер. Эти усилия включали в себя издание законов, установление стандартов и попытки контроля стимулирования застройки земельных площадей. Таким образом они включали в себя следующие мероприятия:

разработку стандартов на допустимую степень загрязненности воздуха; издание постановлений и указаний относительно допустимой величины шума;

контроль за застройкой земельных площадей.

Пожалуй, наиболее успешными из всех попыток в борьбе с различными загрязнениями, вызываемыми работой транспортных средств, явились меры, принятые в области снижения загрязненности воздуха.

Стандарты на загрязненность воздуха. Стандарты на допустимую степень загрязненности воздуха существуют уже в течение ряда лет в основном в виде муниципальных постановлений. Более ранней попыткой контроля загрязненности воздуха было постановление местных властей г. Ньюарка (шт. Нью-Джерси), принятое в 1958 г. Оно содержало следующие положения:

«1. Недопустима эксплуатация автомобиля, если он вызывает помехи в виде неприятных или испускаемых в больших количествах дыма, газа или паров, когда он неподвижен или перемещается на расстоянии более 30 м в любом месте в пределах территории муниципалитета.

2. Недопустима стоянка автобусов с работающими карбюраторными или дизельными двигателями в течение более 3 мин.

3. Ни один автобус, снабженный карбюраторным двигателем, принимающий или высаживающий пассажиров у края проезжей части, не должен находиться в эксплуатации через один год после ввода в действие данного постановления, если он не будет оборудован устройством для уменьшения отложений загрязняющих веществ в системе питания и впускном трубопроводе двигателя»

Изменение стандартов на выброс в атмосферу загрязняющих веществ для Калифорнии и США в целом

Загрязнитель	До введения ограничений, г/км	Количество загрязнений, г/км					
		Калифорния	США				
			1955	1958	1970	1973	1975	1976
Углеводороды	6,8	2,1	—	2,5	0,25	0,25	0,25
Оксись углерода	49,6	21,1	21,1	2,11	2,11	2,11	2,11
Оксиды азота	4,1	3,7	—	2,5	1,9	1,9	0,2

при замедлении движения. На отсутствие таких устройств должно быть разрешение, выданное мэром.

4. Ни один автомобиль, использующий для своей работы бензин или дизельное топливо и выбрасывающий отработавшие газы, образующиеся при сгорании такого топлива, в воздух через вертикальную выпускную трубу, не должен находиться в эксплуатации на улицах и дорогах города через один год после введения в действие данного постановления. Однако при условии, что на это есть разрешение мэра, такие выпускные трубы могут быть использованы на автомобилях в тех случаях, когда горизонтальная выпускная система может подвергнуть опасности водителя или пассажиров такого автомобиля».

Другие попытки в установлении контроля за загрязненностью воздуха были предприняты в городах Толедо (штат Огайо), Чикаго (штат Иллинойс) и в других местах. Основной проблемой, связанной с местными постановлениями городских властей, является трудность контроля за выполнением достаточно субъективных стандартов, содержащихся в этих постановлениях.

Количественные стандарты на степень загрязненности воздуха, принятые в законодательном порядке. Такие стандарты были приняты в середине 60-х годов в качестве реакции на смог над территорией Лос-Анджелеса и несколько раз менялись за этот период. Еще в 1963 г. были установлены пределы на количество выброса дыма. С 1966 по 1975 г. стандарты Калифорнии изменялись в сторону все более строгих ограничений. Все указанные изменения приведены в табл. 21.10.

Стандарты на степень загрязненности воздуха начали вводиться Федеральным правительством начиная с 1965 г. на основании полномочий, предоставленных ему Законом по чистоте воздуха от 1965 г., принятым конгрессом США. Стандарты на состав выхлопных газов автомобилей были введены в действие в 1968 г. для новых моделей автомобилей. С тех пор федеральные стандарты становились все более строгими. Целью ограничений было снизить содержание в выхлопных газах углеводородов и окиси углерода на 90% к 1975 г. по сравнению с содержанием этих веществ по стандарту 1970 г. и снизить содержание окислов азота на 90% к 1976 г. по сравнению с содержанием этих веществ для моделей автомобилей выпуска 1971 г., не имеющих устройств для снижения содержания окислов азота.

Закон по чистоте воздуха для Калифорнии включал в себя величину содержания окиси углерода по стандарту 1970 г., равную 14,3 г/км, по сравнению с 34,0 грамма на милли для Соединенных Штатов. Принятый в 1971 г. стандарт на содержание окиси азота 4,0 грамма на милли не будет применяться до 1973 г.

Другие законодательные меры по стандартам на загрязнение воздуха были приняты в провинции Онтарио, Канада и канадским правительством. В целом, стандарты, принятые канадским правительством, соответствуют стандартам, установленным в Соединенных Штатах.

Эффективность стандартов по отработавшим газам. Предполагается, что стандарты на отработавшие газы резко уменьшат загрязнение воздуха всеми

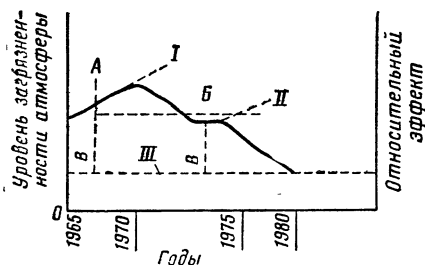


Рис. 21.16. Относительный эффект введения в США стандартов на качество воздуха:

I — при отсутствии контроля. *II* — увеличение загрязнения воздуха в результате появления новых источников загрязнения, если не будут введены стандарты 1975 г.; *III* — ожидаемый уровень загрязнения воздуха; *A* — стандарты 1968 г.; *B* — стандарты 1975 г.; *B* — введение по плану

источниками. Целью этих стандартов является снижение содержания углеводородов на 97% и углерода на 96% в отработавших газах автомобилей выпуска 1975 г. Стандарты требуют к 1976 г. снижения содержания окиси азота на 92%.

В результате введения контроля за отработавшими газами существующих моделей автомобилей снизилось поступление углеводородов в окружающую среду на 80%, углерода на 70% на автомобилях, проданных в Калифорнии и на 25% окиси азота по Соединенным Штатам. Поскольку автомобили создают основную часть загрязнения, то предполагается, что стандарты на отработавшие газы значительно улучшат положение.

На рис. 21.16 показано, что как результат законодательных актов, принятых в середине 60-х годов, уровни атмосферного загрязнения будут снижаться в начале 70-х годов. Однако это снижение в дальнейшем приостановится, если не будут введены более строгие ограничения, предлагаемые в настоящее время, так как общее количество автомобилей будет увеличиваться, как и величина выброса загрязняющих веществ другими источниками.

Если требования стандартов на выбросы загрязняющих веществ автомобилями будут удовлетворяться в 1975 г., то дальнейшее снижение загрязненности воздуха окажется возможным. Это показано на рис. 21.16 наклоном кривой после 1975 г. Ожидается, что к 1980 г. величина выбросов загрязняющих веществ снизится до ожидаемого уровня.

Правила и постановления относительно шума. Существующее в настоящее время в США законодательство относительно шума, вызываемого работой транспорта, имеет субъективный характер. В большинстве штатов и городов в качестве основы для регулирования шумности используется единый автомобильный кодекс, разработанный Национальным комитетом по унификации правил дорожного движения, хотя этот кодекс довольно неопределен относительно шумов, вызываемых автомобилями.

Соблюдение установленных правил в значительной степени оказывается зависящим от того, какой шум работники полиции будут считать чрезмерным или необычным. Это ведет к неопределенности в соблюдении установленных правил.

Недостаток объективности стандартов на чрезмерную величину шума был признан рядом административных органов, что увеличило заинтересованность в изменении существующих правил в сторону установления объективных способов измерения шума автомобилей. В основном предприняты усилия концентрировались вокруг использования измерителей уровня звука. В трех городах США были изданы муниципальные постановления, в которых для измерения шума устанавливались объективные уровни. В г. Уилмингтоне (штат Индиана) максимальный уровень шума для всех автомобилей был установлен равным 95 дБА. Измерения шума должны были проводиться прибором, установленным на расстоянии в 6,1 м от правого заднего колеса автомобиля. Подобный же стандарт был установлен и в других городах, например в Цинциннати, где максимальная величина шума на расстоянии 6,1 м также должна была составлять 95 дБА, и в г. Кливленде, где уровень шума в 95 дБА должен был быть на расстоянии 1,5 м от источника.

В городах Тоledo и Милуоки местными властями были изданы постановления, касающиеся уровня шумов автомобилей, которые также включали объективную величину. В обоих случаях законы были отменены впоследствии в основном из-за того, что они оказались практически неосуществимыми или отри-

мали слишком много времени у полицейского персонала. Попытки выделить шум, издаваемый отдельным автомобилем, из общего шума потока транспортных средств и применение указаний по максимальной величине этого шума во всех местах города представляет сложную задачу.

В 1965 г. в штате Нью-Йорк был издан закон, который устанавливал допустимым шум не более 88 дБА. Этот закон допускал величину погрешности при измерении, равную 2 дБА. Измерения должны были проводиться на расстоянии 15,2 м от осевой линии полосы движения при скорости автомобиля 56,3 км/ч. Из-за трудностей в наблюдении за выполнением данного закона он также никогда в полной мере не использовался.

В 1970 г. был принят закон о шуме и его уменьшении, который явился первым шагом в установлении мер и стандартов для уровня шума.

Корректирование проектов дорог административными органами. Эффективным средством улучшения окружающих условий является установление единого порядка рассмотрения каждого проекта строительства дорог и выявления их воздействия на окружающую среду. Законом о национальной политике в отношении окружающей среды от 1969 г. в США была установлена система административных мер, целью которой было отразить в различных проектах детальное изложение тех вопросов, которые касались качества окружающей среды. Такие вопросы должны включать:

- влияние предлагаемых мер на окружающую среду;
- альтернативные меры по отношению к предлагаемым;
- взаимоотношение между местным кратковременным использованием богатств окружающей среды и сохранением и преувеличением ее долгосрочной производительности;

любые непоправимые расширения природных богатств...

Другой административной процедурой, относящейся к сфере деятельности правительственных стандартов США, является рассмотрение проектов с точки зрения их воздействия на окружающую среду на уровне штата. При этом рассмотрение каждого проекта производится местными органами, органами штата и федеральными органами.

Некоторыми законами, потребовавшими создания в каждом штате транспортного отдела, были установлены обязанности на уровне штатов по публичному обсуждению проектов и определена процедура по выявлению их воздействия на окружающую среду. Примером этого может служить Закон, принятый Генеральной Ассамблеей штата Пенсильвания и предписывающий создание Транспортного отдела, который «...должен рассматривать влияние отдельных транспортных трасс или всей программы дорожного строительства на: размещение жилых зон и соседних с ними территорий; сохранение воздуха, почвы, посевов, диких животных и общей экологии данной территории; величину шума и степень загрязненности воздуха и воды; комплексное использование пространства; замену подлежащего сносу жилья; перемещение жилых домов и торговых предприятий; места отдыха и парки; эстетику; здоровье населения и общую безопасность планируемых мероприятий; быстрое, безопасное и эффективное движение транспорта; гражданскую оборону; экономическую деятельность; трудовую занятость; противопожарную защиту; коммунальные услуги; религиозные учреждения; руководство и финансирование правительством, включая действие, оказываемое на систему местных налогов и стоимость различных услуг; исторические места; стоимость частных владений; систему образования, включая помехи в работе школ данного района...»

Комплексное использование земельных площадей и проектирование транспортных путей может вестись согласованно. При этом:

- схема застройки земельной территории должна обеспечивать преимущественно транзитное движение транспортных средств и тем самым уменьшать выбросы вредных веществ;

- сеть транспортных путей должна проектироваться так, чтобы до минимума сократить количество времени, затрачиваемого на пробег автомобилей, тем самым уменьшая выбросы вредных веществ и шум;

- планы застройки земельной территории должны согласовываться с проектами строительства транспортных путей, чтобы уменьшить воздействие интенсивных транспортных потоков на жилую зону.

Изменения в степени загрязненности воздуха при различных конфигурациях дорожной сети

Схема города	Системы дорог	Основная сеть	Уменьшение (—) для различных видов дорожных систем по сравнению с основным вариантом сети		
			Интенсивность загрязнения до 1968 г.		
			СО	Углеродородом	Оксислами азота
А Разрастание в стороны	Автостреды по основным радиальным направлениям Дополнительные радиальные автостреды и внутреннее кольцо максимального охвата	Основная сеть артерий	—13%	—4%	+82%
		То же	—35%	—14%	+154%
В Коридоры средней величины	Основные радиальные автостреды с внешним кольцом и внутренней сетью дорог	Автостреды по основным радиальным направлениям	—11%	+5%	+30%
			Интенсивность загрязнения после 1975 г.		
А. Разрастание в стороны	Автостреды вдоль основных радиальных направлений	Основная сеть артерий	—9%	—23%	+52%
То же	Дополнительные радиальные автостреды и внутреннее кольцо максимального охвата	То же	—31%	—19%	+160%
В Коридоры средней величины	Основные радиальные автостреды с внешним кольцом и внутренней сетью дорог	Автостреды по основным радиальным направлениям	+5%	+5%	+26%

Для сохранения пропускной способности дорог и сведения к минимуму леточной застройки вдоль основных радиально расположенных транспортных магистралей должен устанавливаться контроль за застройкой земельных территорий.

Схемы застройки, обеспечивающие преимущество транзитному движению транспорта, обычно включают более высокую плотность размещения строений вдоль существующих или планируемых

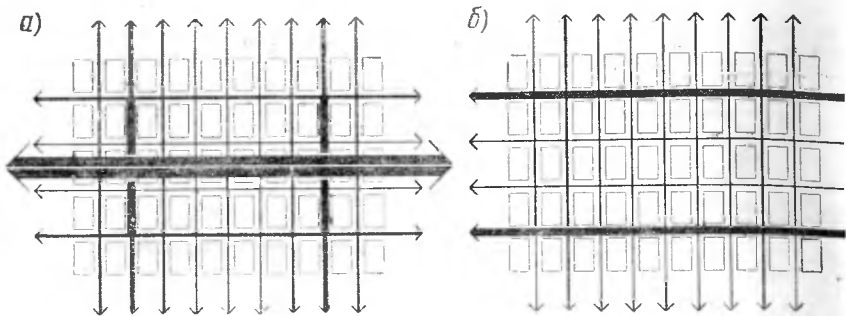


Рис 21 17. Изменения в схеме движения транспортных средств с вводом в действие автомагистралей.

а — после введения автомагистрали в действие; *б* — до введения автомагистрали в действие

транспортных коридоров. Такая увеличенная плотность позволяет организовать функционирование общественных видов транспорта в направлениях к центральному району города. В результате этого уменьшается необходимость в использовании личного транспорта, что, в свою очередь, приводит к снижению загрязненности воздуха и уровня шумов

Планирование транспортных путей для снижения времени проезда. Обычно при планировании системы транспортных путей стремятся обеспечить минимальные пробеги транспортных средств и минимальное время, затрачиваемое на проезды. Правильное соотношение между автострадами, главными улицами и использованием общественных видов транспорта может привести к созданию благоприятной ситуации, при которой пробег транспортных средств и время его движения сведутся к минимуму, что существенно повлияет на капиталовложения и эксплуатационные расходы на содержание автомобильных дорог и общественных видов транспорта. Уменьшение количества часов работы приводит к уменьшению загрязненности воздуха и уровня шумов

Защита жилых зон. Система транспортных путей должна строиться таким образом, чтобы существующие жилые зоны были достаточно защищены и были обеспечены возможности для их дальнейшего развития. Проектирование сети дорог с достаточными промежутками между ними позволяет вести застройку жилых зон в пространстве между основными дорогами. Эти дороги должны иметь достаточную пропускную способность, чтобы уменьшить транзитное движение через жилые зоны. Такое проектирование снижает до минимума уровень шума, создаваемого движущимся транспортом в жилых зонах, и приводит к снижению количества несчастных случаев.

Снижение загрязненности воздуха. Объединенный план застройки территории и сооружения дорог обеспечивает благоприятные возможности для координации сооружения дорожной сети и транзитных путей с политикой земельного использования. В результате этого в максимальной степени увеличивается эффективность транспортных систем и одновременно сводятся к минимуму так отрицательные воздействия на окружающую среду, как загрязнение воздуха выхлопными газами. Одной из целей оптимального планирования работы транспорта является уменьшение количества проездов, необходимых в пределах определенного района. При оценке различных вариантов застройки земельных площадей в пределах отдельных районов создается основа для уменьшения выбросов вредных веществ при помощи простого уменьшения пробега транспортных средств.

Метод, используемый при оценке планов сооружения транспортных путей приведен в табл. 21 11, в которой показано снижение количества выбросов вредных веществ автомобилями для двух основных схем застройки земельной территории и трех типов транспортных путей по сравнению с основным вариантом

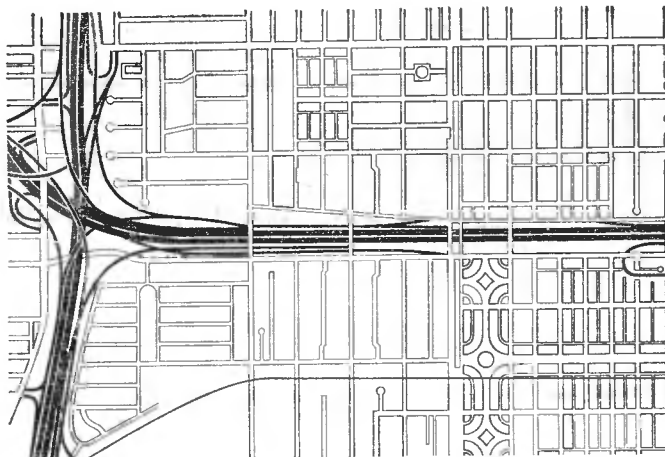


Рис. 21.18. Величины уровня шума в зоне расположения автострады

В табл. 21.11 приведены величины выбросов вредных веществ, основанные на стандартах, действующих до 1968 г. и после 1975 г. Наилучшей комбинацией является использование застройки земельных площадей по схеме А. Этот план обеспечивает снижение на 35% содержания окиси углерода, на 14% — углеводородов и на 154% — увеличение окислов азота. Эти данные основаны на интенсивности выброса вредных веществ для 1968 г. Если будут приняты новые стандарты, разработанные Управлением по охране окружающей среды, то количество выбросов, как видно из табл. 21.11, значительно уменьшится. Табл. 21.11 позволяет заключить, что критерии оценки различных вариантов транспортных путей должны включать в качестве одного из основных компонентов и загрязненность воздуха.

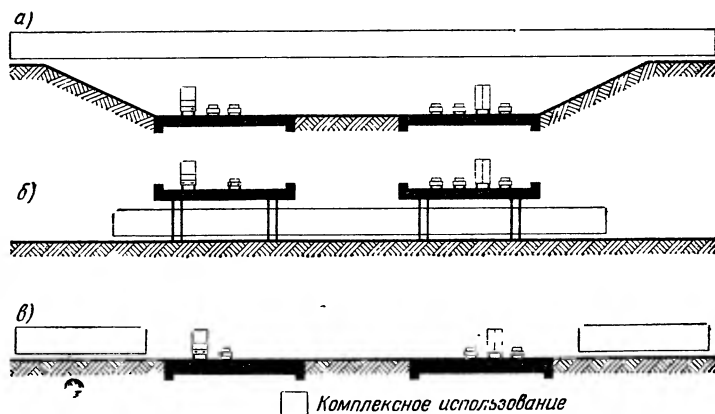
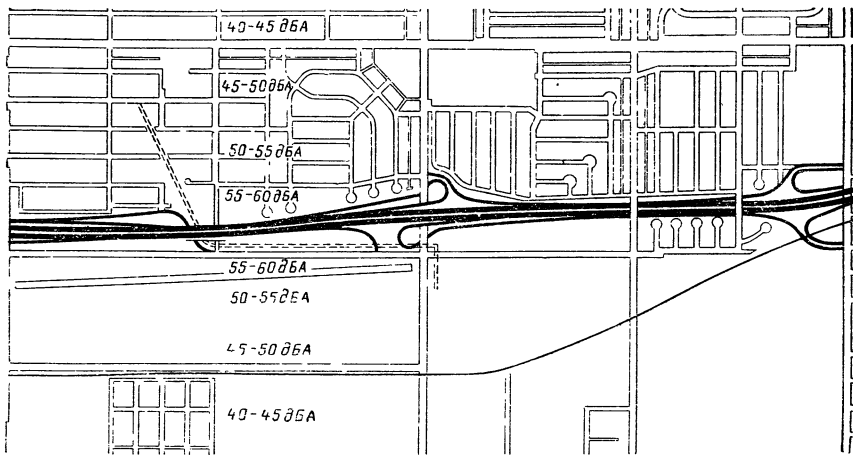


Рис. 21.19. Комплексное использование воздушного пространства:

а — заглубленный участок, б — приподнятый участок; в — участок на уровне окружающей территории



Использование при проектировании сооружений комплексной группы из специалистов различного профиля. Дорожные сооружения оказывают на окружающую среду значительное воздействие. Автострада приносит определенные выгоды и вносит изменения в жизнь людей, меняя их ритм жизни, условия сообщения с другими районами города.

Для того чтобы соответствующим образом учитывать все разнообразие возведенных сооружаемых автострад часто используется объединенная группа проектировщиков различных специальностей.

Использование комплексной проектной группы позволяет учесть на высоком профессиональном уровне все разнообразие воздействий и все благоприятные возможности, связанные с проектированием и сооружением автомобильных дорог.

При проектировании необходимо учитывать:

1. Экономическую и финансовую структуру, которая может включать потери или прибыли в местной системе налоговых сборов, а также потери и выгоды в обеспечении трудовой занятости.
2. Замену жилых зданий или их перемещение.
3. Общественные и бытовые предприятия, особенно школы и зоны их действия, так как на них непосредственно сказывается воздействие того барьера, который для них представляют автострады.
4. Циркуляцию транспортных средств. С введением в действие автострады традиционная схема движения транспортных средств может подвергнуться сильным изменениям (рис. 21.17). Кроме того, необходимо учитывать и пути передвижения пешеходов.
5. Непосредственное влияние на окружающую среду: увеличение шума и загрязненности воздуха (рис. 21.18), уменьшение шума при помощи акустических барьеров; внешний вид и эстетическое воздействие.
6. Комплексное использование территории и всего пространства. Объединенная группа проектировщиков позволяет использовать воздушное пространство под автомагистралями и над ними для расположения различных объектов (рис. 21.19).

Одной из наиболее значительных выгод от использования объединенной проектной группы является возможность комплексного решения таких вопросов, как размещение стоянок вдоль автострад, устройство полос для скоростных автобусных маршрутов и комплексная застройка территории.

Различные типы двигателей и возможности их применения на автомобилях

Тип двигателя	Источник энергии	Экземпляр примечание	Характеристика при дорожных испытаниях	Осуществимость замены карбюраторного двигателя внутренним сгорания данным двигателем	Степень загрязнения воздуха при работе данного двигателя
Дизельный двигатель	Бензин, дизельное топливо, керосин	Грузовые автомобили, автобусы, тепловозы, дополнительные силовые установки для других систем, суда	Детально исследованы фирмами «Мерседес-бенц» и «Пежо»; меньшая способность к разгону по сравнению с карбюраторным двигателем	Экономичен при больших размерах и мощностях; фирмы «Мерседес-бенц» и «Пежо» устанавливают его на некоторых моделях легковых автомобилей	Дым и сильный запах; малое количество углеродов, СО, окислов азота. Состав выхлопных газов может задаваться при проектировании
Модифицированный дизельный	Бензин или дизельное топливо	Замена карбюраторного двигателя	Фирма «Форд мотор» и Командование бронетанковых войск США в настоящее время испытывают модель этого двигателя	Основные причины ограничения использования для легковых автомобилей — шум, запахи и высокая стоимость. В модифицированном дизельном двигателе эта проблема может быть разрешена	То же
Газовая турбина	Бензин и другие нефтяные топлива	Легковые и грузовые автомобили, тепловозы, самолеты, аппараты на воздушной подушке	Фирма «Крайслер» провела полевые испытания 50 легковых автомобилей с такими двигателями; было установлено, что они достаточно экономичны в эксплуатации для новых моделей легковых автомобилей	Может заменить карбюраторный двигатель при необходимости высокой мощности — в грузовых автомобилях, автобусах, тепловозах, но недостаточен экономичен для легковых автомобилей	Малое содержание СО, углеродов и окислов азота; оно может задаваться при проектировании В будущем величина выбросов составит: углеродов — 0,3—0,7 г/км, окиси углерода — 1,7—4,3 г/км, окислов азота — 0,1—0,25 г/км

<p>Двигатель на природном газе пропане (возможна модификация карбюраторного двигателя)</p>	<p>Природное газообразное топливо</p>	<p>Замена карбюраторного двигателя</p>	<p>Худшие характеристики при разгоне по сравнению с карбюраторным двигателем. Меньше удобств на заправка топливом. Более длительный срок службы клапанов</p>	<p>Начальные затраты на производство могут быть высокими, хотя в дальнейшем при расширении масштабов производства затраты могут снизиться. Стойкость измененный двигатель в карбюраторный двигатель в связи с переводом его на газообразное топливо, составляет 500 долл.</p>	<p>Природный газ — один из наиболее «чистых» топлив. Содержание СО может быть значительно снижено. Отсутствие окислов азота, практически полное отсутствие углеводородов и серы. Содержание в выхлопных газах: углеводородов 0,9 г/км; СО — 1,9 — 3,1 г/км; окислов азота — 0,9 г/км</p>
<p>Электрический аккумуляторный</p>	<p>Электроэнергия</p>	<p>Возможна замена карбюраторного двигателя</p>	<p>Из экспериментов, проведенных к настоящему времени, установлено, что пройдет не менее 20 лет, прежде чем эти двигатели смогут составить конкуренцию карбюраторному, применяемому для легковых автомобилей</p>	<p>В настоящее время неэкономичен из-за малой величины пробега, низких скоростей, ограниченный в связи с применением в настоящее время свинцовых аккумуляторных батарей</p>	<p>Практически полное отсутствие загрязнения воздуха</p>
<p>Электрический с питанием от сети</p>	<p>Электроэнергия</p>	<p>Электропоезда, гибридные транспортные средства</p>	<p>К. п. д. приближается к 85%</p>	<p>Нет данных по использованию в автомобилях; основное применение — в новых видах общественного транспорта</p>	<p>Возможно полное отсутствие загрязняющих веществ, за исключением тех, которые могут образовываться в местах выработки электроэнергии</p>

Тип двигателя	Источник энергии	Основное применение	Характеристика при дорожных испытаниях	Осушестьмость замены карбюраторного двигателя внутреннего сгорания данным двигателем	Степень загрязнения воздуха при работе данного двигателя
Ротационный электрический	Электроэнергия	Легковые автомобили, поезда метро, электропоезда, мотонавтомобили, системы индукционного питания	Трудность осуществления, за исключением железных дорог	Неосуществимо для индивидуальных автомобилей в настоящее время и вряд ли будет осуществимо в будущем из-за общего роста потребления электроэнергии	То же
Паровой	Пар, образующийся при сгорании топлива в двигателе Ренкина	Легковые автомобили, поезда, суда	Фирма «Лиз оф джет» потратила большое количество времени и денежных средств для разработки конструкции парового легкового автомобиля, но сейчас она приостановила исследования и сосредоточила усилия на газотурбинном двигателе. Фирма «Минто» разработала фреоновый двигатель, работающий по принципу парового	Исследования показали, что паровой двигатель в настоящее время не может служить заменой карбюраторному двигателю из-за своей недостаточной экономичности для легкового автомобиля	Сгорание топлива происходит полнее, чем в двигателе внутреннего сгорания, тем самым приводя к снижению загрязненности атмосферы. В будущем возможно сохранение в выхлопных газах: углеводородов 0,1—0,45 г/км, СО — 0,6—2,5 г/км, окислов азота — 0,1—0,25 г/км

Гибридный	Объединяет возможности двигателя внутреннего сгорания и электродвигателя	Легковые автомобили, автобусы, посуда	Общая эффективность признана равной существующим двигателям Фирма «Мерседес Бенц» разработала работоспособную модель для автобусов	Начальные затраты на разработку высоки и нецелесообразно, что двигатель сможет конкурировать с другими двигателями, если не произойдет значительных сдвигов в технике и технологии	Выбрасывает меньше вредных веществ, чем двигатель внутреннего сгорания
Двигатель Ванкеля	Различные виды топлив	Легковые и грузовые автомобили	Устанавливается на некоторых моделях легковых автомобилей, выпускаемых в Европе и Японии. Данных по надежности недостаточно из-за небольшого объема производства	Форма деталей двигателя и поверхностей трения требует специальной обработки, что паряду с большим количеством уплотнений делает двигатель дорогим в производстве	Характеристики с точки зрения загрязнения воздуха наилучшие. В будущем возможно сохранение в выхлопных газах: углекислого — 1,1 г/км, СО — 1,4 г/км, окислов азота — 1,4 г/км
Двигатель Стирлинга	Воород и газели	Легковые и грузовые автомобили	В исследовательской лаборатории фирмы «Филипс» разработан современный двигатель Стирлинга с к. п. д. равным 60%	Более высокие материальные затраты, более дорогое изготовление, меньший объем производства и большие габаритные размеры являются более высокой стоимостью по сравнению с дизельным двигателем. В настоящее время для легковых автомобилей неэкономичен	Меньшее загрязнение воздуха. В будущем возможно содержание в выхлопных газах: углекислого — 0,004 г/км; СО — 0,2 г/км; окислов азота — 1,4 г/км

НОВЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Другой возможностью улучшения окружающей среды является использование новых видов транспортных средств и новых типов двигателей. В табл. 21.12 наряду с карбюраторным двигателем внутреннего сгорания, приведены и другие типы двигателей. Все одиннадцать альтернативных систем, приведенных в табл. 21.12, подвергались детальному изучению в качестве одного из этапов исследований, проводимых различными изготовителями автомобилей.

Система с электрическим двигателем наименьшим образом загрязняет воздух, но непрактична для индивидуального автомобиля в настоящее время из-за отсутствия эффективных аккумуляторов. Может быть, наиболее подходящим с точки зрения минимального количества загрязнений воздуха является модифицированный дизельный двигатель, использующий в качестве топлива бензин или дизельное топливо. Выбросы углеводородов, окиси углерода и окислов азота при его работе сравнительно невелики, но главным его недостатком, является сильный запах, дымность и шумность.

Глава 22

ДАНИЭЛЬ ДЖ. ХАНСЕН

СЛУЖБА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей главе рассматриваются проблемы, связанные с работой службы дорожного движения и автомобильных перевозок: функции, организация, потребности в персонале, законодательная власть, финансирование, принятые решения, связи с общественностью и вспомогательная деятельность.

Функции служб дорожного движения и автомобильных перевозок в городах, округах и штатах имеют много общего. Ниже речь пойдет в основном о городских службах, в которых эти функции представлены наиболее полно. Раньше функции и обязанности службы дорожного движения сводились к регулированию движения и натурным обследованиям транспортных потоков. В настоящее время деятельность службы включает много других обязанностей, которые варьируются в зависимости от особенностей законодательства, организационной структуры служб их финансовых возможностей и т. д. Типичными являются следующие функции:

1. Сбор и анализ данных об интенсивности и скорости движения, пунктах отправления и назначения.

Анализ дорожно-транспортных происшествий, изучение пешеходного движения.

2. Установление режимов движения, таких, как ограничение поворотов, стоянки и остановки, введение улиц одностороннего движения.

3. Использование технических средств регулирования движения, включая светофоры, дорожные знаки и разметку.

4. Учет потребностей дорожного движения при проектировании дорог и дорожных сооружений путем совершенствования их геометрических характеристик, разделения уровней, рационального размещения и планировки перекрестков и т. д.

5. Планирование дорожного движения, включая прогнозирование транспортных потоков и их направление, определение типов маршрутов и их экономическое обоснование.

6. Освещение улиц, включая выбор и размещение осветительных устройств

7. Организация движения общественного транспорта

8. Накопление и распространение информации о дорожном движении.

Исследование, охватившее 44 города США и Канады с населением от 50 до 200 тыс. чел., показало, что в работе городских подразделений дорожного движения наибольшее место занимает деятельность, связанная с организацией и регулированием движения и стоянками транспорта

Функции, выполняемые службой дорожного движения в городах с населением от 50 до 200 тыс. чел., и процент городов сообщивших о выполнении службой дорожного движения перечисленных функций, приведены ниже:

Обследование дорожного движения	79
Регулирование движения и помощи водителям	72
Организация стоянок и остановок	72
Обследования, связанные с планированием перевозок	68
Планирование и программирование перевозок	39
Проектирование	39
Использование улиц	23
Прочие функции	29
Средневзвешенное значение характеристик всех функций	52

АДМИНИСТРАЦИЯ

Функции службы дорожного движения могут выполняться различными органами государственного аппарата. Раньше считалось, что вся работа, связанная с регулированием дорожного движения, относится непосредственно к обязанностям полиции. Полиция несла главную ответственность за поддержание порядка, расследование ДТП, управление движением и общественную безопасность. После того как проблема дорожного движения стала более сложной, выяснилось, что ее решение в значительно большей степени зависит от применения инженерных методов. В результате выявилась тенденция возлагать эту функцию на технические подразделения, причем конкретная ее локализация зависела от существующей организационной структуры, конституции штатов и (или) других правовых положений, действующих в штатах; отношения выборных должностных лиц к проблеме организации дорожного движения; интереса, проявляемого руководителями подразделений.

Самостоятельный отдел, по-видимому, лучше способен выполнять функции службы дорожного движения. Однако в более мелких административных единицах они вполне могут быть возложены на инженерный отдел, руководитель которого знаком с вопросами о планировании и организации дорожного движения. Конечно независимо от организационных решений инженеры службы дорожного движения должны располагать правами, пропорциональными возложенной на них ответственности.

Организации штатов. После создания почти в половине штатов транспортных управлений роль инженеров службы дорожного движения претерпела некоторые изменения. Эти управления отвечают за выполнение всех основных обязанностей, связанных с транспортными перевозками, включая организацию дорожного движения.

В тех местах, где работа службы дорожного движения по-прежнему выполняется управлениями дорог или общественных работ, роль инженеров службы дорожного движения осталась без изменения. В дорожных управлениях штатов все управленческие функции по организации движения обычно сосредоточены в руках одного центрального органа. При этом могут быть найдены примеры использования различных с административной точки зрения методов комбинирования функций.

Некоторые дорожные управления создают сильные головные организации, другие больше полагаются на сильные районные организации. В первом случае практически все работы, связанные с планированием, организацией дорожного движения, проектированием, исследованиями и другими аналогичными функциями, выполняются персоналом головных организаций.

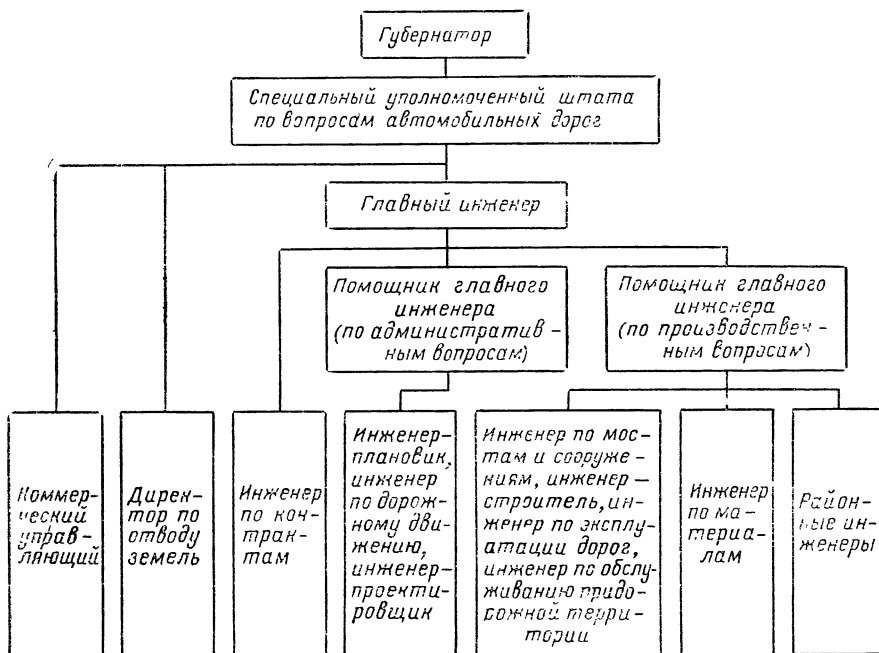


Рис. 22.1. Типичная организация дорожного управления штата с сильным головным отделением

В состав районной организации может входить очень небольшое число технических специалистов. Большинство или все функции службы дорожного движения могут осуществляться из головного отделения.

В децентрализованной организации районные инженеры службы дорожного движения несут значительную ответственность. Сотрудники головного отделения разрабатывают общую политику, критерии, нормы (стандарты) и программы, а также выполняют общие руководящие функции. Прямая ответственность за осуществление основной политики возлагается на районного инженера службы дорожного движения и его технический персонал. Для определения наиболее приемлемой организационной структуры важное значение имеют такие факторы, как размеры штата и расстояния между основными населенными пунктами.

В организации районных отделений службы дорожного движения существуют большие различия, обусловленные необходимостью учета местных условий.

На рис. 22.1—22.3 показаны типичные организационные структуры служб дорожного движения.

Инженер службы дорожного движения штата отвечает:

за работу, направленную на обеспечение безопасного, упорядоченного и быстрого движения транспортных средств по дорожной сети штата:

за координацию работы, подготовку рекомендаций, указаний и проведение консультаций для районных отделений службы дорожного движения и других районных, а также центральных отделов, деятельность которых связана с дорожным движением;

за активное участие в работе комитетов штата и национальных комитетов, занимающихся проблемами организации дорожного движения.

Основными функциями отдела дорожного движения являются:

1. Разработка или оказание помощи в разработке и реализации политики, норм и практических мер, направленных на обеспечение безопасности дорожного

движения. Это включает в себя подготовку планов и отвечающих текущим требованиям сборников инструктивных материалов, которыми должны руководствоваться работники районных отделений службы дорожного движения и все другие лица, имеющие отношение к организации движения.

2. Непрерывный контроль за всеми дорогами штата для выявления мест концентрации ДТП, изучение таких мест в соответствии с требованиями и разработка рекомендаций или принятие немедленных мер, направленных на улучшение условий дорожного движения.

3. Подготовка рекомендаций или принятие мер, направленных на устранение заторов и упорядочение дорожного движения на основе результатов натуральных наблюдений, определения интенсивности движения и транспортных задержек.

4. Осуществление действенных программ исследований и разработок в целях постоянного пополнения существующих знаний о безопасном и эффективном дорожном движении.

5. Использование или участие в использовании знаний, полученных в процессе опыта работ и исследований, для планирования и проектирования новых дорог и их оборудования.

6. Подготовка основных данных о дорожном движении для целей планирования, финансирования и проектирования, включая данные о фактических и ожидаемых в будущем объемах движения, распределении транспортных потоков, возвратном движении, дорожно-транспортных происшествиях и другой необходимой информации.

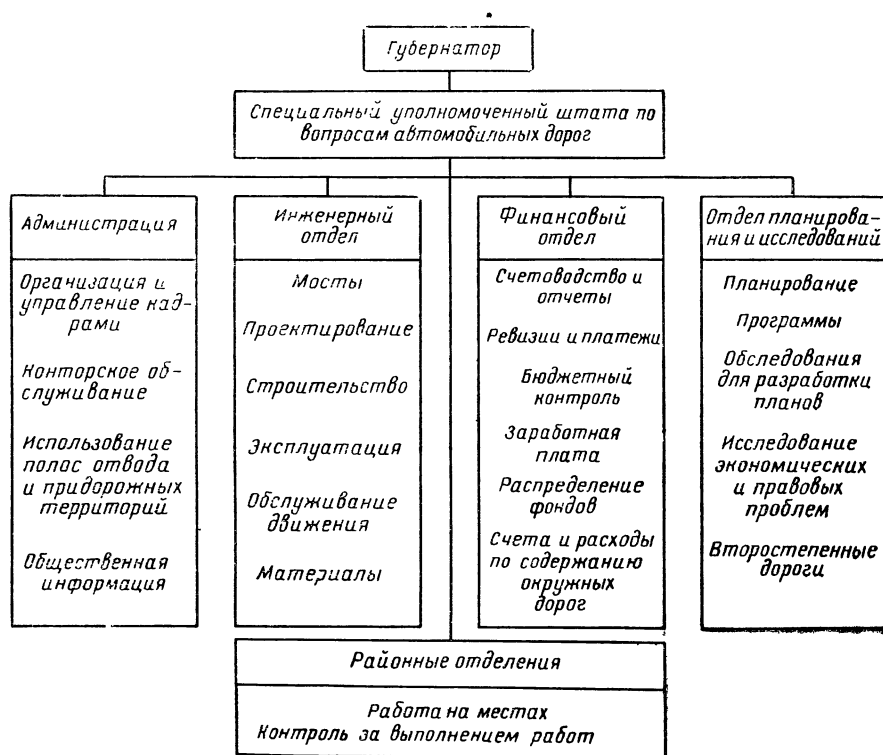


Рис. 22.2. Типичная организация дорожного управления штата с сильным районным отделением.

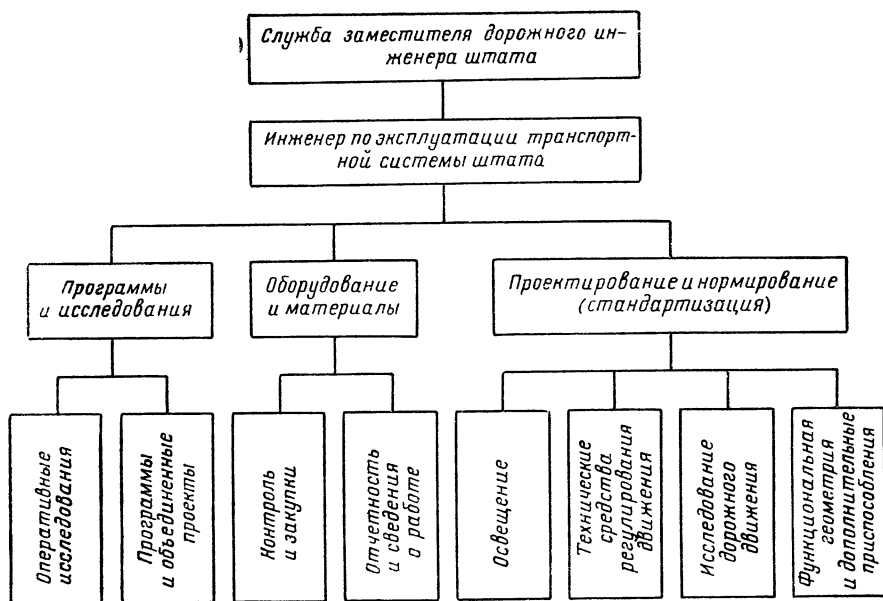


Рис 22.3. Пример организации службы дорожного движения в управлении транспорта штата

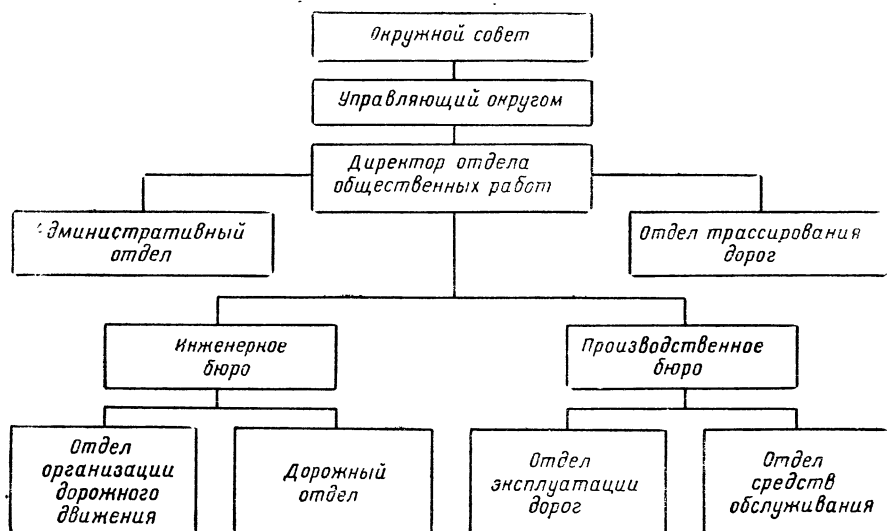


Рис. 22.4. Типичная организация окружного отдела общественных работ, демонстрирующая положение службы дорожного движения

7. Сотрудничество с представителями местных властей для создания рабочих отношений между ними и отделом как основы для решения общих проблем и обеспечения высокого уровня транспортного обслуживания в рамках местной административной единицы.

8. Поддержание тесных рабочих связей и постоянного сотрудничества с исполнительно-правовыми местными органами и органами штата.

9. Сотрудничество с отделом строительства по вопросам организации движения в местах производства строительных работ, обзор, оценка и разработка рекомендаций, касающихся документации на производство работ, влияющих на функциональные характеристики дорог. Отдел дорожного движения должен инспектировать новые дороги и дорожные сооружения до их открытия, проверяя их безопасность и завершенность.

10. Информирование общественности о деятельности службы. Хотя это и не относится к его непосредственным функциям, инженер службы дорожного движения обязан заботиться о том, чтобы общественность была незамедлительно и полно информирована о всех режимах движения, средствах регулирования и прочих мерах, от которых зависит безопасное и быстрое дорожное движение. Принимать на себя инициативу в обеспечении информационного отдела фактическими данными, необходимыми для того, чтобы общественность была полностью осведомлена в вопросах дорожного движения, — обязанность службы.

11. Разбор жалоб и запросов. Запросам и жалобам со стороны организаций и частных лиц должно уделяться большое внимание. Они должны расследоваться, после чего на них должны быстро даваться ответы, составленные в понятной форме. Служба дорожного движения часто получает заслуживающие внимания конструктивные предложения. Во многих случаях крайне желательным является личный контакт для обсуждения проблемы или изучения ее на месте.

Согласно переписи в 44 штатах службы дорожного движения наделены такими же правами, как и отделы проектирования, строительства и эксплуатации, входящие в управления дорог штатов. Почти две трети штатов имеют самостоятельные подразделения службы дорожного движения:

	<i>Число штатов</i>
Организации дорожного движения	15
Дорожного движения	14
Дорожного движения и планирования	7
Обслуживания движения	2
Планирования и исследований	1
Планирования	1
Службы безопасности движения	1
Обеспечение безопасности движения инженерными методами	1
Регулирования и безопасности движения	1
Эксплуатации транспорта	1
Эксплуатационного обслуживания	1
Всего	45

Окружные организации. Округи США, особенно те, в которых расположены крупные города, имеют самостоятельные службы дорожного движения.

Типичный окружной дорожный отдел показан на рис. 22.4. Такие отделы в действительности могут превосходить по своим размерам небольшие отделы штатов или городские отделы. По-видимому, по мере роста численности населения, проживающего в пригородах, все большее и большее число округов будут создавать специальные подразделения службы дорожного движения.

Городские организации. Встречается множество вариантов организационной структуры городских служб дорожного движения. Это объясняется широкими различиями в численности населения, размерах и географических особенностях городских ареалов.

На рис. 22.7 показана административная форма городского управления, включающая самостоятельный отдел дорожного движения.

В данной схеме отдел организации дорожного движения занимает равное положение с другими важными отделами, такими, как отдел общественных работ, пожарная служба и полиция. Этот отдел несет полную ответственность и руко-

годит всеми инженерными аспектами работ, связанных с обслуживанием дорожного движения. Установка и обслуживание светофоров и осветительных устройств осуществляются отделом общественных работ в соответствии со спецификациями и техническими условиями, разработанными отделом организации дорожного движения. В некоторых крупных городах служба дорожного движения выполняет такие работы собственными силами.

На рис. 22.6 показана служба организации дорожного движения, входящая в отдел общественных работ. В этом случае служба обычно отвечает за планирование дорожного движения, геометрическое проектирование, установку и обслуживание технических средств регулирования дорожного движения. Инженер службы дорожного движения определяет также необходимость установки светофоров и готовит планы их размещения. Расчет программ работы светофорной

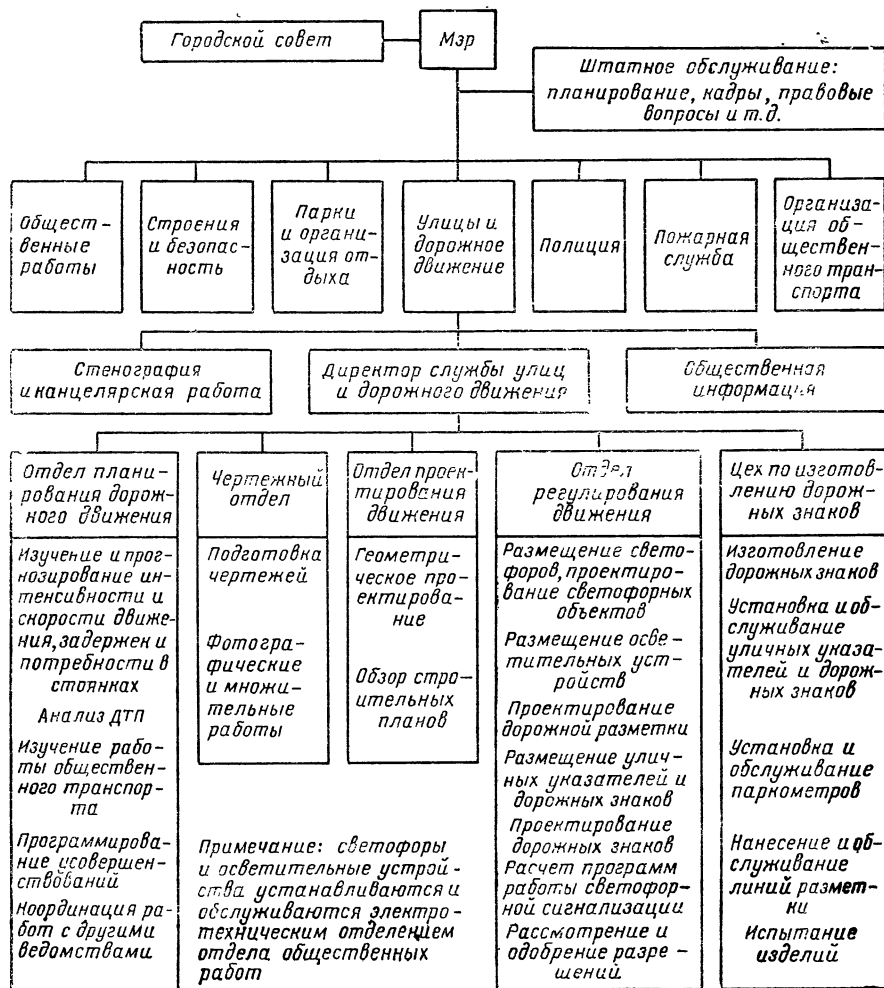


Рис. 22.5. Типичная организация управления крупным городом с самостоятельным отделом организации дорожного движения

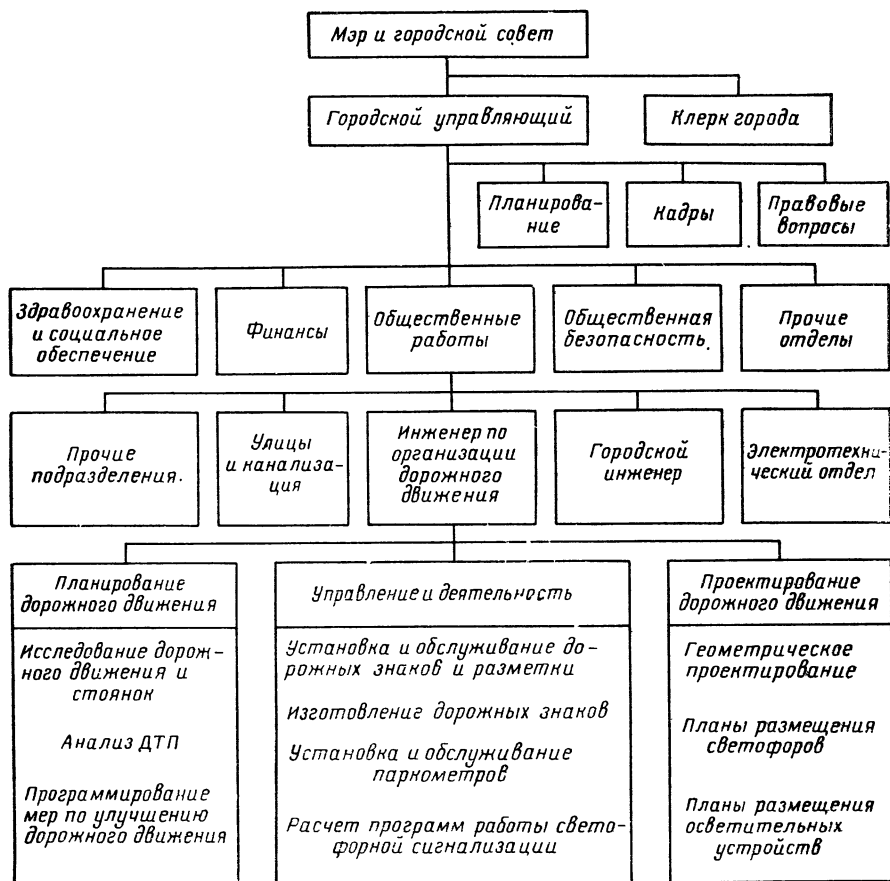


Рис 226 Типичная организация административного аппарата небольшого города со службой организации дорожного движения, входящей в отдел общественных работ

сигнализации также входит в обязанности службы дорожного движения, хотя ее обслуживание может выполняться другим подразделением отдела общественных работ.

В 90% городов с населением более 100 000 чел. имеется один или более инженеров службы дорожного движения. Имеются также данные о том, кто из официальных представителей отвечает за службу дорожного движения в менее крупных городах. В исследование были включены только города с населением 10—50 тыс. чел. Лишь 7% городов сообщили, что за деятельность службы отвечает инженер дорожного движения. Свыше 60% лиц, приславших сведения, указали, что они либо официально зарегистрированы в качестве инженеров, либо имеют законченное инженерное образование, либо имеют и образование и официальную регистрацию. Фактическая доля таких специалистов может быть несколько большей, так как многие города не ответили на запрос о наличии таких данных.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ПРАВА

Как самостоятельная единица или подразделение государственного аппарата любое подразделение службы дорожного движения должно иметь юридически обоснованные права с тем, чтобы оно могло выполнять свои общественные функции как административного, так и регулятивного характера

Единый дорожный кодекс. Единый дорожный кодекс представляет собой показательный свод автотранспортных законов, предназначенный для того, чтобы служить исчерпывающим руководством для транспортного и дорожного законодательства штатов. Он разработан с учетом законодательной практики штатов и направлен на обеспечение крайне желательной унификации законоположений о дорожном движении на всей территории США. В гл. 15 Кодекса особо рассматриваются соответствующие права официальных представителей штатов и округов и подчеркивается, что предписания, касающиеся управления дорожным движением, должны иметь силу и единое применение в пределах всего штата. Никакие местные органы власти не должны располагать правом введения или практического применения каких-либо местных правил движения, если они прямо не санкционированы. Некоторые из наиболее важных прав, обязанностей и правил, приведенных в гл. 15, включают следующее:

§ 15—102 Права местных властей

А. Не следует считать, что положения данного закона ограничивают действия местных властей на улицах и дорогах, находящихся в их юрисдикции и подведомственных полицейской службе в отношении:

- 1) ограничения или запрещения остановки, стоянки или паркования транспортных средств;
- 2) регулирования движения сотрудниками полиции или с помощью официальных технических средств регулирования;
- 3) регулирования или запрещения процессий или скопления людей на дорогах;
- 4) введения одностороннего движения на определенных улицах и дорогах в соответствии с § 11—308;
- 5) введения ограничения скорости движения транспортных средств на территориях общественных парков независимо от положений § 11—803 (а) 3,
- 6) придания той или иной дороге статуса главной дороги, а тому или иному перекрестку — статуса неравнозначного перекрестка.
- 7) введения ограничений пользования дорогами в соответствии с § 14—113;
- 8) регулирования велосипедного движения и требования регистрации и технического контроля велосипедов, включая введение регистрационного сбора;
- 9) регламентации или запрещения поворота всех транспортных средств или их определенных видов;
- 10) изменения или установления ограничений скорости в соответствии с § 11—803;
- 11) введения правила требующего представления письменных рапортов о дорожно-транспортных происшествиях, в соответствии с § 10—115;
- 12) введения зон запрещения обгона в соответствии с § 11—307,
- 13) введения для любой категории транспортных средств ограничения или запрещения пользования дорогами с контролируемым доступом в соответствии с § 11—313;
- 14) введения ограничения или запрещения проезда любой категории транспортных средств по перегруженным улицам для обеспечения нормального и безопасного дорожного движения;
- 15) введения минимальной скорости движения в соответствии с § 11—804 (б);
- 16) обозначения опасных железнодорожных переездов в соответствии с § 11—702;
- 17) обозначения улиц, где разрешена игра детей, и ограничения движения по ним;
- 18) запрещения перехода улиц пешеходами в деловых районах или на определенных дорогах, за исключением специально обозначенных переходов, в соответствии с § 15—107;

19) ограничения пешеходного перехода через улицы в неуказанных местах в соответствии с § 15—108.

20) ограничения движения лиц с ручными тележками;

21) ограничения передвижения на коньках, самокатах, санях или других развлекательных средствах передвижения.

22) принятия и введения временных или экспериментальных правил и ограничений в связи с чрезвычайными обстоятельствами или особыми условиями;

23) введения других дорожных предписаний, предусмотренных данным кодексом;

Б. Никакие местные власти нигде не должны устанавливать или вводить какие-либо официальные средства регулирования движения, требующие остановки транспортных средств, движущихся по дорогам штата перед любой пересекающей дорогой до получения письменного одобрения этого мероприятия от дорожной комиссии штата

В. Никакие постановления или правила, принятые в соответствии с пунктами 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17 или 19 параграфа А данного раздела, не могут быть введены в действие до установки в начале дороги или той ее части, на которую они распространяются, официального средства регулирования, оповещающего об этих местных правилах.

§ 15—103. Принятие постановлений о дорожном движении

Местные органы власти по закону могут принимать в результате самостоятельного рассмотрения типовое постановление о дорожном движении штата или любую его часть без полного его опубликования или рассылки при условии, что вводимое в действие постановление ранее опубликовано и имеется в количестве не менее трех экземпляров для общего пользования и изучения в специально отведенном для этой цели помещении¹.

§ 15—104. Об утверждении дорожной комиссией штата руководства по техническим средствам регулирования

Дорожная комиссия штата должна утвердить руководство по применению технических средств регулирования дорожного движения, которые в соответствии с положениями данного закона, должны использоваться на дорогах данного штата. Единая система таких технических средств должна соответствовать системе, описанной в последнем издании Руководства по применению технических средств регулирования дорожного движения и другим стандартам, выпущенным или введенным в действие управляющим федеральных дорог.

§ 15—105. Об установке знаков на всех дорогах штата (и округа)

А. На всех дорогах штата (и округов) Дорожная комиссия штата должна устанавливать и обслуживать такие средства регулирования движения, соответствующие Руководству и спецификациям, которые она сочтет необходи-

¹ Этот раздел следует рассматривать совместно с конституционными и правовыми требованиями, касающимися принятия и опубликования муниципальных постановлений. Кроме того, следует учитывать, что многие штаты уже имеют законы относительно самостоятельного принятия кодексов муниципалитетами. Необходимо также решить, как будут приниматься последующие изменения нормативных постановлений — автоматически или в результате отдельного рассмотрения. Если штат не имеет и не планирует принять официальный или неофициальный нормативный автодорожный кодекс для использования муниципалитетами, то следует рассмотреть целесообразность принятия опубликованного свода постановлений о дорожном движении, составленного какой-либо общенациональной организацией, например Типового постановления о дорожном движении, разработанного Национальным комитетом по разработке единых законов и постановлений о дорожном движении. Если рекомендации национального комитета будут приняты и такие нормативные постановления утверждены законодательным органом штата, то этот раздел должен будет войти как часть принятого законодательства.

мыми в целях осуществления положений закона либо регулирования, предупреждения или направления движения.

Б. Никакие местные власти ни на каких дорогах, находящихся в ведении комиссии, не должны устанавливать какие-либо средства регулирования движения без разрешения последней.

§ 15—106. Местные средства регулирования движения

А. Местные власти в соответствии со своей юрисдикцией должны устанавливать и обслуживать такие технические средства регулирования дорожного движения на подведомственных им дорогах, которые они сочтут необходимым для реализации положений данного закона или местных постановлений о дорожном движении и в целях регулирования предупреждения и направления движения. Все такие средства должны соответствовать Руководству и спецификациям, действующим в штате¹.

Б. Факультативно выборные местные органы должны выполнять функции, указанные в предшествующем параграфе, под руководством и контролем дорожной комиссии штата².

§ 15—107. Право ограничивать пешеходное движение через улицы

Уполномочиваются местные органы власти путем постановлений, а дорожная комиссия штата путем установки соответствующих средств регулирования движения запрещать в пределах своей юрисдикции пешеходам переходить любые улицы в деловых районах и определенные дороги во всех местах, за исключением переходов.

§ 15—108. Право закрывать необозначенные переходы

Дорожная комиссия штата и местные органы власти в пределах их юрисдикции после проведения обследований представителями службы дорожного движения могут запрещать пешеходам пользоваться необозначенным переходом или вводить порядок, при котором пешеходы должны уступать преимущественное право движения транспортным средствам. Такие ограничения приобретают силу только после установки соответствующих технических средств регулирования.

§ 15—109. Право определять главные дороги и неравнозначные пересечения

Дорожная комиссия на дорогах штата (и округа) и местные органы власти на дорогах, находящихся под их юрисдикцией, могут устанавливать знаки «Проезд без остановки запрещен», «Пересечение с главной дорогой» или другие технические средства, выделяющие главную дорогу или обозначающие перекресток, на котором движущиеся по одной или нескольким дорогам транспортные средства должны уступать дорогу или останавливаться и уступать дорогу другим транспортным средствам при въезде на этот перекресток.

¹ Параграф 15—106(А) оставляет местным властям полное право определять количество и размещение всех средств регулирования движения на дорогах, находящихся в их ведении, требуя лишь того, чтобы все эти средства отвечали Руководству и спецификациям, принятым в штате.

² Факультативный параграф (Б), если он будет принят, отдаст комиссии штата право направлять и контролировать местные органы власти в отношении количества и размещения подлежащих установке средств регулирования. Это может вызвать возражение представителей властей, хотя известно, что в некоторых случаях местные власти, имея «свободные руки» в этом вопросе, устанавливают такое количество регулирующих знаков и сигналов, что это без нужды задерживает движение и провоцирует водителей не соблюдать правила.

Типовое постановление о дорожном движении. Типовое постановление о дорожном движении представляет собой предназначенный для муниципалитетов¹ специальный сборник законоположений об автомобильном транспорте и дорожном движении соответствующих «Единому дорожному кодексу». Его статьи сформулированы таким образом чтобы они могли служить руководством для муниципалитетов. Для администратора, ведающего службой движения, типовое постановление может быть полезно в зависимости от того, насколько хорошо скоординированы основные функции, и при условии, что его права установлены законом.

Отсутствие единообразия действующих законов и постановлений является источником неудобств и затруднений для пешеходов и водителей. Имея в виду эту проблему, Типовое постановление о дорожном движении для муниципалитетов и Единый дорожный кодекс, предназначенный для штатов, разработаны в расчете на принятие их всеми административными единицами. Наиболее важные положения Типового постановления о дорожном движении включают следующие

§ 2—10. Инженер городской службы дорожного движения

А Этим учреждается ведомство инженера городской службы дорожного движения. Инженер городской службы дорожного движения должен иметь необходимую квалификацию и должен при назначении наделаться правами и обязанностями, предусмотренными этим постановлением и городскими постановлениями о дорожном движении.

А. (Альтернативный вариант). Этим учреждается ведомство инженера городской службы дорожного движения. Данный (городской инженер) должен выполнять функции инженера городской службы дорожного движения в дополнение к другим своим функциям и должен обладать правами и обязанностями в области дорожного движения, предусмотренными этим постановлением.

Б Общие обязанности инженера городской службы дорожного движения должны заключаться в решении вопросов, связанных с установкой, наладкой и обслуживанием технических средств регулирования дорожного движения, в проведении технического анализа ДТП и в разработке мер по их устранению, в изучении условий дорожного движения, в планировании дорожного движения на улицах и дорогах города, в совместных действиях с другими городскими официальными лицами, направленными на разработку путей и средств улучшения условий движения, и в реализации дополнительных прав и обязанностей, налагаемых городскими постановлениями.

§ 2—11. Регулирование движения в чрезвычайных или в особых условиях

А. Этим уполномачивается начальник полиции с одобрения инженера городской службы дорожного движения вводить правила и предписания, необходимые для реализации городских законоположений о дорожном движении, а также вводить и обеспечивать выполнение временных или экспериментальных правил и предписаний в связи с возникновением чрезвычайных обстоятельств или особых условий. Никакие временные или экспериментальные правила не могут сохранять силу в течение более чем 90 дней¹.

Б Инженер городской службы дорожного движения имеет право проводить испытания технических средств регулирования движения в реальных условиях городского движения.

В Начальник полиции может санкционировать временную установку средств регулирования движения когда этого требуют чрезвычайные обстоятельства. Начальник полиции должен уведомить инженера городской службы дорожного движения об этих мерах сразу же, как только это станет практически возможным (Новое, 1971 г.)

¹ Этот раздел предусмотрен параграфом 15—102(А)22 Единого дорожного кодекса.

§ 4—1. Право устанавливать технические средства регулирования движения

Инженер городской службы дорожного движения должен обеспечивать установку и обслуживание официальных средств регулирования движения, когда это требуется в соответствии с городскими постановлениями о дорожном движении, с тем, чтобы реализовать положения указанных постановлений, а также может устанавливать и организовывать обслуживание дополнительных официальных средств регулирования движения, которые он сочтет необходимыми для регулирования, предупреждения или направления дорожного движения в соответствии с принятыми городскими постановлениями о дорожном движении или Дорожным кодексом штата (Пересмотрено, 1968 г.).

§ 4—6. Право устанавливать на улицах игровые зоны

Инженер городской службы дорожного движения должен иметь право назвать любую улицу или часть ее игровой зоной и установить соответствующий знак или устройство на проезжей части, обозначающие и ограждающие эту зону.

§ 4—8 О праве инженера городской службы дорожного движения обозначать места пешеходных переходов и островков безопасности

Этим инженер городской службы дорожного движения уполномочивается:

1. Выбирать места и обозначать с помощью соответствующих устройств, указателей или линий разметки на поверхности дороги пешеходные переходы на перекрестках, где, по его мнению, особенно высока опасность для пешеходов, пересекающих проезжую часть, а также в любом другом месте, где он сочтет нужным.

2. Устранять островки безопасности такого типа и характера и в таких местах, как он сочтет нужным, для защиты пешеходов.

§ 4—9. Полосы движения

Этим уполномочивается инженер городской службы дорожного движения обозначать полосы движения на проезжей части любой улицы или дороги, где необходимо упорядочение движения транспортных средств в рядах.

§ 15—1. Об определении инженером городской службы дорожного движения местоположения погрузочно-разгрузочных зон

Этим инженер городской службы дорожного движения уполномочивается определять местоположение погрузочных зон и зон посадки пассажиров, устанавливать и содержать соответствующие знаки, а также определять время, в течение которого действуют положения данной статьи. (Пересмотрено, 1971 г.)

§ 15—5. Об определении инженером городской службы дорожного движения мест стоянок и остановок средств общественного транспорта

Этим инженер городской службы дорожного движения уполномочивается и обязывается определять места автобусных остановок и автобусных стоянок, стоянок автомобилей-такси и стоянок прочих видов транспортных средств общего пользования на таких общественных улицах, в таких местах

и в таком количестве, чтобы это обеспечивало наибольшие выгоды и удобства для граждан. Каждая такая автобусная остановка, автобусная стоянка, стоянка автомобилей-такси или другие стоянки должны быть обозначены соответствующими знаками. (Расширено, 1952 г.)

Правовые полномочия организаций штата. Управления дорог штатов обычно осуществляют все основные связанные с транспортом функции планирования, проектирования, строительства, эксплуатации и обслуживания. Главный административный уполномоченный (руководитель управления) обладает поэтому широкой свободой в распределении функций по организации дорожного движения, если он располагает широкими исходными правами. Например, в некоторых штатах организацией движения занимается отдел проектирования дорог, поэтому руководитель отдела должен быть одновременно инженером-дорожником и инженером по организации движения.

Геометрическое проектирование может относиться к обязанностям проектного отдела, а эту работу могут выполнять инженеры, получившие подготовку в области основных принципов управления движением. Это может быть организовано наилучшим образом в учреждениях, обладающих широкими, установленными законом правами.

Правовые полномочия окружных организаций. Правовые полномочия окружных организаций могут иметь ряд источников. Одним из примеров этого может служить округ Уэйн (г. Дейтройт) штата Мичиган. Совет попечителей по конституции представляет собой законодательный орган округа, обладающий законодательными и административными правами, которые могли быть на него возложены в соответствии с законодательством и конституцией штата. В соответствии с Гражданским кодексом штата Мичиган и внесенными поправками гражданам округа Уэйн учредили Систему окружных дорог и, тем самым, Совет уполномоченных по вопросам окружных дорог. Этот совет стал официальным учреждением, известным под названием Общественный корпоративный совет. Совету вверено право распоряжаться дорожными денежными фондами, образующимися за счет приходящихся на долю округа установленных от налога на бензин и налога на частные транспортные средства, поступающего в зависимости от массы автомобилей. Окружной дорожный отдел осуществляет свою деятельность под управлением указанного совета.

Другой тип правовых полномочий может быть представлен на примере округа Монтгомери штата Мэриленд (сопредельного с Вашингтоном, округ Колумбия). Хартия округа Монтгомери, принятая в 1969 г., устанавливает исполнительную форму организации окружного правительства, законодательная власть в котором принадлежит окружному совету, а главным административным лицом которого является управляющий — исполнитель. Хартией особо предусмотрено законодательное учреждение ряда отделений, бюро и отделов. На основе этих правовых полномочий в составе Отдела общественных работ создано Бюро службы дорожного движения.

Правовые полномочия городских организаций. От правовой основы, на которой базируется деятельность службы дорожного движения, во многом зависит эффективность ее работы. Существуют три формы правового обеспечения положения этой службы в городах: постановления о дорожном движении; внесение поправок в уставы; административное урегулирование или распоряжение.

Постановления о дорожном движении. Наиболее распространенный метод в практике большинства городов заключается во введении перечня обязанностей службы дорожного движения в свод постановлений о дорожном движении в качестве составной его части. Эти постановления должны как можно больше соответствовать положениям, рекомендованным для общенационального использования в Типовом постановлении о дорожном движении.

Внесение поправок в уставы. Наиболее эффективный метод создания в городе службы дорожного движения заключается во внесении поправок в уставы. Часто существующие уставы особо оговаривают распределение сфер деятельности между существующими управлениями, и без отмены этих постановлений невозможно бывает перераспределить обязанности. Это приводит к распылению ответственности за выполнение отдельных аспектов программы. Хотя внесение поправок в устав города является наиболее эффективным и ста-

бильным методом, иногда он оказывается наиболее сложным и требует наибольших затрат времени

Административное урегулирование или распоряжение. Распространенный метод создания службы дорожного движения в более мелких общинах заключается в вынесении соответствующих распоряжений исполнителем или административным органом. При определении обязанностей службы дорожного движения полезным руководством могут служить положения Типового постановления о дорожном движении

Передача обязанностей. При выполнении многих функций службы дорожного движения бывает необходимо устанавливать различные правила, регламентирующие, например, стоянку транспортных средств, управление движением на перекрестках, ограничение скорости. Природа дорожного движения такова, что эти правила должны носить скорее не статичный, а динамичный характер, допускающий их пересмотр при изменении внешних условий. Слишком часто, однако, ограничения и предписания в отношении дорожного движения носят именно статичный, законодательный характер и для их изменения требуется сложная процедура вынесения законодательных решений или решений городского совета.

Многие местные органы власти в настоящее время ищут методы передачи распорядительной функции власти административным работникам.

Эта тенденция находит поддержку в высших судебных органах.

В штатах, где судебные инстанции еще не обеспечивают полной передачи прав, представители округов и городов ищут другие методы создания условий для прямого выполнения службой дорожного движения своих обязанностей.

ФИНАНСИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЛУЖБЫ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Бюджет служб дорожного движения штатов За последние 25 лет бюджетные ассигнования в штатах на технические средства регулирования дорожного движения резко возросли. В 1955 г. было израсходовано 70 млн долл., в 1965 г. — 144 млн. По прогнозу Национального совета безопасности (1966 г.) в 1975 г. ожидалось затраты 250 млн долл.

В 1968 г. министерство транспорта определило необходимые затраты для приведения всех технических средств регулирования в соответствие с требованиями Руководства по применению технических средств регулирования. Требующиеся денежные суммы и десятилетняя программа удовлетворения этих потребностей представлены на рис. 22 7

Городские и окружные бюджеты. При рассмотрении вопросов финансирования мероприятий по организации дорожного движения необходимо учитывать

Таблица 22 1

Расходы на организацию движения, долл.

Город	Расходы в 1957—1958 гг., в расчете на			
	душу населения	на 1,6 км протяженности улиц	на 2,6 км ² городской площади	на один зарегистрированный автомобиль
1	3,92	1 645	18 188	10,79
2	4,30	1 347	20 450	10,74
3	3,57	1 476	21 522	12,26
4	3,01	1 136	14 331	10,43
В среднем	3,70	1 401	18 623	11,05

различия в функциях, выполняемых собственно службой дорожного движения. Инженер по организации дорожного движения может служить лишь в руководящем звене, в то время как практическая работа по установке и обслуживанию технических средств регулирования движения осуществляется другими подразделениями, имеющими самостоятельный бюджет. В этом случае бюджет службы дорожного движения не будет отражать истинную величину затрат, связанных с организацией и регулированием движения. Себурн и Марш провели изучение ряда городов для определения фактических расходов, связанных со всеми видами деятельности по организации дорожного движения, выполняемыми всеми городскими службами. Результаты этого анализа на материалах четырех городов, в которых хорошо поставлена бюджетная практика, представлены в табл. 22.1.

Согласно отчету 1972 г. потребность страны в расходах на совершенствование организации дорожного движения во всех городских зонах США за период с 1970 по 1990 г составляет 2,2 млрд. долл.

Федеральное финансирование. Размеры финансовых потребностей только в области средств регулирования движения могут быть определены на основании представленного конгрессу в 1968 г. отчета министерства транспорта, озаглавленного «Оценка затрат, связанных с выполнением закона о безопасности дорожного движения 1966 г»

Технические средства регулирования движения. Федеральное правительство финансировало многочисленные исследования в этой области. Однако обязанность выделения средств на установку новых или модернизацию старых технических средств лежит в основном на органах власти штатов и округов. Некоторые проекты, касающиеся дорог, частично финансируются федеральным правительством, предусматриваются на принципах равного долевого участия, однако стоимость этих проектов составляет лишь небольшую часть общих финансовых потребностей следующего десятилетия.

В 1967 г. расходы штатов достигли 39,9 млн. долл. Администрацией штатов было израсходовано 19,3 млн. долл., местными органами власти — 20,6 млн. долл.

Программа мероприятий в области повышения пропускной способности и безопасности дорожного движения (TOPICS). Бюро общественных дорог (ныне Федеральная дорожная администрация) объявила в 1967 г. программу, цель которой заключается в том, чтобы направить внимание на повышение эффективности использования существующих улиц и дорог. Позднее была утверждена программа мероприятий в области повышения пропускной способности и безопасности дорожного движения, известная под названием «ТОПИКС» (далее ТОПИКС), являющаяся частью Закона о частично финансируемых федеральным правительством дорожных мероприятиях от 1968 г. Эта программа обеспечивала финансирование федеральным правительством на принципах равного долевого участия (50 на 50%) мероприятий по устранению «узких мест» и снижению опасности для движения на дорогах в городских зонах. Предусматривалось распределение фондов между штатами, которые должны были затем распределять средства по местным территориям под контролем Федеральной дорожной администрации.

Закон 1968 г. устанавливал расходы специально по программе ТОПИКС в годовом размере 200 млн. долл. на 1970 и 1971 финансовые годы. Эти средства должны были быть дополнены по принципу равного долевого участия средствами штатов и местных органов власти. В соответствии со специальной статьей закона о частично финансируемых федеральным правительством дорожных мероприятиях от 1970 г. на 1972 и 1973 финансовые годы выделялось по 100 млн. долл.

Основная цель программы ТОПИКС заключается в использовании инженерных методов для улучшения условий и повышения безопасности дорожного движения. Строительство новых крупных сооружений в основном не относится к проблемам, охваченным этой программой. Средства, выделенные под программу ТОПИКС, должны расходоваться на следующие мероприятия, в основном сосредоточенные в полосах отвода дорог:

- канализирование перекрестков;
- создание дополнительных полос движения на подъездах к регулируемым перекресткам;

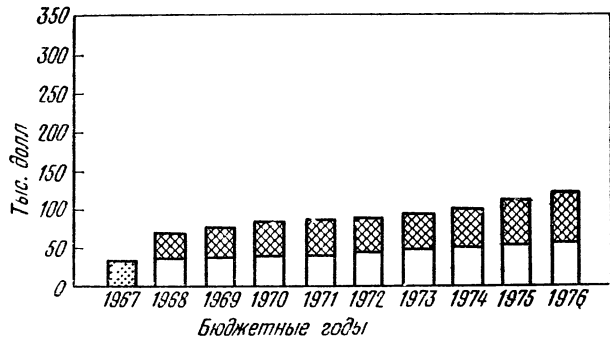
улучшение систем светофорной сигнализации;
 создание реверсивных полос и систем светофорной сигнализации для них;
 создание отдельных полюсов для посадки и высадки пассажиров общественного транспорта,
 внедрение систем контроля за движением;
 расширение и улучшение системы освещения дорог;
 строительство подземных пешеходных переходов и железнодорожных путепроводов;
 создание зон разгрузки и погрузки грузовых автомобилей

Для получения финансовых средств по программе ТОПИКС требуется соблюдение ряда условий.

1 Программа ТОПИКС является программой работ, поддерживаемых на федеральном уровне, но не программой прямого субсидирования городов. Поэтому для получения средств должны быть разработаны и представлены через дорожные управления штатов проекты и графики работ так же, как это предусматривается по любым другим проектам, поддерживаемые федеральным правительством.

2. Осуществление программы ТОПИКС должно начинаться с разработки общетерриториальных программ улучшения дорожного движения. Эти программы должны включать инвентаризацию и анализ всех элементов, связанных с планом.

Технические средства регулирования движением



	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
<i>Общая потребность тыс. долл</i>	39885	69247	77110	85087	89519	92178	95723	103700	112654	122313
<i>Обеспеченная финансированием потребностью</i>	39885	41281	42677	44073	45469	46865	48261	49657	51053	52449
<i>Необеспеченная финансированием потребностью</i>	0	26966	34433	41014	44050	45313	47462	54043	61511	69864

Условные обозначения:

1 (дotted) 2 (white) 3 (cross-hatched)

Рис. 22.7. Оценка потребностей в средствах на осуществление программ обеспечения безопасности движения в штатах и местных административных единицах: 1 — фактические расходы местных властей и властей штатов в 1967 г.; 2 — обеспечение финансированием потребности: экстраполяция расходов в расчете на поддержание программ на уровне 1967 г.; 3 — не обеспеченные финансированием потребности — подсчитанные дополнительные затраты на расширение программ и введение новых программ для достижения уровня, соответствующего оценкам штатов

3 Включенные в этот план определенные магистральные улицы и дороги, не входящие в систему дорог, частично финансируемых федеральным правительством, должны быть обозначены как федерально поддерживаемые основные маршруты II типа

4 После того как план разработан и система II типа определена, проекты могут быть включены в программу. В нее могут входить не только проекты, относящиеся к системе дорог II типа, но и проекты, касающиеся дорог, входящих в основную дорожную систему I типа и в систему второстепенных дорог.

3. В рамках программы ТОПИКС объектом оказания федеральной помощи могут оказаться проекты, относящиеся к ареалам с населением свыше 5000 чел. По ареалам с численностью населения менее 50 000 чел. дорожным управлением штатов и местным властям необходимо также совместно обеспечить разработку процесса планирования транспортных перевозок.

Для внедрения программы ТОПИКС может потребоваться дополнительный квалифицированный персонал. Город может в этом случае увеличить персонал своей службы дорожного движения или поручить квалифицированным консультантам, специалистам в этой области выполнение работ. Консультационные фирмы могут разработать для города план организации дорожного движения.

Прочие федеральные фонды. Существуют другие пути получения федеральных фондов. В составе министерства транспорта потенциальными распределителями субсидий и прочих фондов федерального долевого участия являются федеральная дорожная администрация, Национальная администрация по безопасности дорожного движения и Управление массовых городских перевозок. Эти деньги могут быть использованы на такие цели, как улучшение дорожных условий, проекты повышения безопасности движения, развитие автобусного транспорта и автовокзалов, оборудование стоянок, средства регулирования движения, совершенствование обустройства железнодорожных переулков и на другие инженерные проекты в области дорожного движения, являющиеся объектами федерального регулирования и стандартизации. Большинство таких федерально поддерживаемых программ финансируется на принципах равного долевого участия. Местная доля участия в финансировании обычно может покрываться за счет средств штата, округа или города. Помимо этого, федеральные средства могут поступать также от министерства жилищного строительства и городского развития. В большинстве случаев эти деньги должны расходоваться на осуществление проектов реконструкции городских улиц в рамках проектов развития городов. Средства этого министерства могут использоваться также на строительство гаражей-стоянок для разгрузки улиц, на внедрение систем светофорной сигнализации, оптимизирующих пропускную способность перекрестков, и на проекты развития общественного транспорта, обслуживающего городские центры.

Увязка бюджетов с тенденциями изменения аварийности. Из числа погибших при ДТП 30% приходится на городские территории. На каждые 160 млн. авт-км пробега в городах регистрируется 3,6 погибших, за городом — 7,5. Однако в последние годы положение меняется в сторону некоторого ухудшения обстановки в городах (табл. 22 2).

Более того, за последние 10 лет заметно изменились виды дорожно-транспортных происшествий, ведущих к смертным исходам (табл. 22.3). Наиболее существенным является большее различие между городами и сельской местностью в изменении количества смертных случаев в результате столкновения двух автомобилей и количества смертных случаев, не связанных со столкновениями. Увеличение числа ДТП такого типа в городах далеко превосходит соответствующие показатели для сельской местности. Именно быстрый рост числа таких ДТП в городах послужил причиной того, что удельная смертность в городах в течение рассматриваемого периода оставалась почти неизменной, в то время как в сельской местности она сократилась более чем на 12%.

Дорожно-транспортные происшествия со смертельным исходом распределяются неодинаковым образом. Наименьший прирост удельного показателя смертности наблюдался в городах с населением свыше 750 тыс. чел. Число погибших в расчете на 10 тыс. зарегистрированных автомобилей в больших городах даже сократилось за 10 лет (с 1953 по 1963 г.), хотя оно по-прежнему больше, чем в городах меньшего размера. Наибольший прирост этого показателя был в го-

Число погибших при ДТП и удельный показатель смертности
в расчете на 160 млн. авт-км (1955—1965 гг.)

Место совершения ДТП	Количество погибших			Количество погибших на 160 млн. авт-км		
	1955 г.	1965 г.	Изменение, %	1955 г.	1965 г.	Изменение, %
Городская зона	9 390	15 000	+60	3,5	3,6	+3
Загородные дороги	29 030	34 000	+17	8,6	7,4	-14
Всего	38 420	49 000	+28	6,4	5,6	-12

родах с населением от 100 до 750 тыс. чел. В городах с численностью населения до 100 тыс. чел. он также возрос, но в меньшей степени. Абсолютное число раненых при ДТП в городах больше, чем в сельской местности.

Возможно, что работа по предупреждению ДТП проводится неодинаково интенсивно в различных по величине городах. До сих пор не было ни одной успешной попытки скоррелировать данные о фактических дорожно-транспортных происшествиях с общедоступными измерителями, характеризующими условия в области их предупреждения. Поэтому нет возможности проверить предположение относительно того, что крупные города возможно осуществляют более совершенные программы обеспечения безопасности движения.

В исследовании, базирующемся на применении метода множественной регрессии, было показано наличие корреляции между удельными показателями смертности и некоторыми отдельно взятыми мероприятиями по обеспечению безопасности движения. Один из неоспоримых выводов, который вытекал из этого исследования, заключался в том, что многие из наиболее логичных мер не обнаруживают какой-либо корреляции. Существуют два возможных объяснения этого: либо делается не то, что нужно, либо нет надежных измерителей выполненной работы.

Для того чтобы выяснить фактическое положение дел в городах, десяти муниципалитетам были разосланы вопросы касающиеся ряда таких проблем. Было выбрано при этом три города с населением от 50 до 100 тыс. чел., три города с населением от 100 до 200 тыс. чел., два города с населением от 500 до

Таблица 22.3

Виды дорожно-транспортных происшествий со смертельными исходами
(1955—1965 гг.)

Виды ДТП	Число погибших в городских зонах			Число погибших в сельской местности		
	1955 г.	1965 г.	Изменение, %	1955 г.	1965 г.	Изменение, %
Наезды на пешеходов	5 200	5 700	+10	3 000	3 100	+3
Столкновения двух автомобилей	1 900	4 700	+148	12 600	16 000	+27
Прочие столкновения	1 290	1 800	+40	2 330	2 800	+20
ДТП, не связанные с столкновениями	1 000	2 800	+180	11 100	12 100	+9
Всего	9 390	15 000	+60	29 030	34 000	+17

700 тыс. чел. и два города с населением от 700 тыс. до 1 млн. чел. В каждом случае выбирался город, в котором по сообщениям на службе состояли инженеры дорожного движения с полным рабочим днем. Среди выбранных были города с высокими и низкими показателями активности работы службы дорожного движения по оценкам ежегодной переписи Национального совета безопасности.

Ответы сведены в табл. 22 4.

Полученные данные ясно показывают, что за последние пять лет количество ДТП в городах значительно возросло. Лишь в одном городе, самом малом из обследованных, число погибших в расчете на 10 тыс. зарегистрированных автомобилей увеличилось меньше чем на 25%. В некоторых городах прирост этого показателя составил 75% и более.

Штаты профессиональных работников, которые должны иметь дело с этой проблемой, крайне малы. По данным десяти городов в них на 100 000 чел. в среднем приходится 1,6 профессионального инженера службы дорожного движения. Максимум составляет 3,5 инженера на 100 тыс. населения. В двух городах этот показатель составляет менее единицы. Недостаточны и бюджеты служб дорожного движения. В среднем на душу населения приходится 1,72 долл.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Хотя работа по обеспечению безопасности дорожного движения велась и ранее, четкие требования в этом отношении впервые введены законом о безопасности движения от 1966 г. Выполнение этих требований в штатах является условием получения ими федеральных фондов, выделенных на указанные цели. Для реализации стандартов и требований закона 1966 г. нужны квалифицированные кадры.

В сфере организации дорожного движения не хватает как инженеров, так и техников. По данным Института автодорожных инженеров в дополнение к ныне работающим в этой области 7500 специалистам США требуется еще 1900 инженеров дорожного движения. Нехватка техников достигает еще больших размеров вследствие того, что существует мало возможностей получить соответствующую подготовку. Наличие хорошо подготовленных техников и их правильная расстановка позволяют инженеру дорожного движения уделять больше времени творческой работе.

Инженер службы дорожного движения — это человек, имеющий техническую подготовку и работающий самостоятельно. Требования к его квалификации приведены в одном из документов:

«Инженер по организации дорожного движения — это профессиональный специалист, несущий ответственность за упорядоченное и безопасное движение транспортных средств на улицах и дорогах. Он должен иметь основательную подготовку в области математики, физических наук и инженерного проектирования. Для того чтобы быть готовым к выполнению указанных обязанностей, он должен иметь по меньшей мере степень бакалавра технических наук. От все большего и большего числа специалистов, занятых в критически важных областях, требуется получение степени магистра технических наук. В дополнение к официальной подготовке инженер по организации дорожного движения должен иметь достаточный профессиональный опыт и удовлетворять определенным требованиям в качестве зарегистрированного профессионального инженера».

Инженер службы дорожного движения отвечает за разработку полной системы дорожного движения в административной единице, за осуществление долгосрочных программ, за социальные аспекты программы организации движения и за руководство службой дорожного движения.

Молодые инженер дорожного движения и техник службы дорожного движения часто имеют дело с повторяющимися задачами, включающими сбор и анализ данных, а также подготовку всесторонних рекомендаций, касающихся улучшения условий движения на сложных и опасных участках дорог.

Учитывая, что многие инженеры дорожного движения переводятся на административную работу уже на сравнительно ранних стадиях своей карьеры,

Данные о состоянии дорожного движения в выбранных городах

Показатель	Горо							
	А		В		С		D	
Численность населения, 1966 г.	53 000		72 000		72 500		172 000	
Число зарегистрированных автомобилей, 1966 г.	17 858		39 754		28 891		72 335	
Протяженность улиц, м/ми:								
автомагистралей	—		7,7 (3%)		—		21,1 (5%)	
магистральных улиц	?		73,4 (25%)		29,2 (16%)		103,2 (23%)	
прочих дорог	?		213,4 (72%)		157,3 (84%)		330,7 (72%)	
Общая протяженность	140		294,5		186,5		455,0	
	1962	1966	1961	1966	1961	1966	1961	1966
Данные о ДТП:								
со смертельным исходом	2	2	4	9	1	4	6	14
с не смертельными ранениями	376*	696**	260	395	?	?	825	1 207
только с материальным ущербом	?	?	1 371	1 779	?	?	3 212	4 382
Всего	1 263	1 365	1 635	2 183	2 135	2 540	4 043	5 603
Количество погибших в расчете на 100 тыс. чел. населения	4,0	3,7	9,7	17,9	1,5	5,9	4,7	8,9
Количество погибших в расчете на 10 тыс. зарегистрированных автомобилей	0,9	0,8	2,0	3,1	0,3	1,0	1,0	1,8
Подчиненность службы дорожного движения	Городскому управлению				Городскому инженеру		Директору общественных работ	
Численность профессионального состава службы дорожного движения	1		2		1		6	
Операционный бюджет службы дорожного движения, долл.	41 258		233 870		30 600		885 351	
Бюджет капитальных усовершенствований, долл.	850		1 140 000		30 000		119 000	

*1 На стадии строительства.

**2 Несмертельные ранения.

**3 По оценке.

да											
Е		F		G		H		I		J	
142 130		131 000		500 000		670 000		713 214		940 000	
81 000		37 000		230 000		207 000		377 498		238 000	
23*1 (7%) 55,3 (15%)		15,2 (2%) 109,3 (16%)		15 (1%) 200 (20%)		9 (1%) 265 (19%)		98,5 (4%) 223 (10%)		17 (1%) 450 (32%)	
294,7 (78%)		555,6 (82%)		800 (79%)		1 126 (80%)		1 963 (86%)		933 (67%)	
378		691,1		1015		1400		2285		1400	
1960 1966		1961 1966		1961 1966		1961 1966		1961 1966		1961 1966	
10	21	15	31	42	73	58	89	50	89	84	118
771	715	653	1 233	2 114	2 634	4 458	8 121	2 910	4 537	5 952	8 708
?	?	2 475	3 140	19 796		15 174		11 602		11 504	
				23 029		23 215		16 422		15 357	
4 362	5 031	3 143	4 404	21 952		19 690		14 562		17 540	
				25 736		31 425		21 048		24 183	
6,7	14,8*3	11,5	25,4	8,8	15,7	9,6	13,3*3	9,5	14,1	9,7	13,3
1,7	2,6*3	2,5	5,3	2,0	3,4	3,2	4,3*3	2,4	3,4	2,7	3,4
Директору обслужива- ния насе- ления		Мэру		Директору предприя- тий ком- мунального обслужива- ния		Директору службы улиц		Городскому управляю- щему		Мэру и го- родскому совету	
2		4		12		4		6		17	
259 152		275 000		320 000		436 284		478 890		3 000 000	
49 865		30 000		300 000		110 000		51 105		160 000	

программы первоначального образования и текущей переподготовки должны обеспечивать квалифицированное осуществление следующих видов деятельности:

1) общее деловое управление (общий надзор, административные процедуры, политический аспект управления, связи с общественностью и планирование координации работ с другими учреждениями);

2) управление кадрами (прямой надзор, подготовка персонала, найм и увольнение, индивидуальная подготовка служащих);

3) деловое финансирование (заключение контрактов, подготовка спецификаций, закупка и разработка бюджетов);

4) управление производственной деятельностью (разработка графиков работ, программ и эксплуатационное обслуживание)

Одна из потенциальных областей приложения труда представителей данной профессии — это быстро растущие пригородные зоны. Эти районы, транспортные и дорожные проблемы которых по своей сложности не уступают проблемам, стоящим перед собственно городскими зонами, часто не располагают квалифицированными и компетентными специалистами, способными их решать. Ввиду нехватки подготовленных инженеров в таких зонах следует привлекать к работе по организации дорожного движения техников, которые могли бы работать под руководством городского управляющего или директора общественных работ.

Другими учреждениями, потенциально нуждающимися в таком техническом персонале, являются региональные плановые комиссии, секторы дорожного движения полицейских управлений, отделы городских и пригородных пассажирских перевозок, консультационные, сбытовые и посреднические фирмы, публичные общеобразовательные школы.

Таблица 225

Учебный план первого года подготовки в области организации дорожного движения

Название курса	Число часов		
	аудиторных занятий	лабораторных занятий	зачетных занятий за семестр
<i>Первый семестр</i>			
Введение в организацию дорожного движения	1	3	2
Черчение	1	6	3
Математика I	4	0	4
Физика I	3	3	4
Навыки общения	3	0	3
	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>1</u>
Физическая подготовка	12	14	17
<i>Второй семестр</i>			
Принципы руководства дорожным движением и обеспечения безопасности движения	2	0	2
Рисование	1	6	3
Математика II	4	0	4
Физика II	3	3	4
Навыки общения	3	0	3
	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>1</u>
Физическая подготовка	13	11	17

Учебный план второго года подготовки в области организации дорожного движения

Название курса	Число часов аудиторных занятий	Число часов лабораторных занятий	Число часов зачетных занятий за семестр
<i>Третий семестр</i>			
Обследование дорожного движения	3	3	4
Технические средства регулирования	3	0	3
Геометрическое проектирование	3	3	4
Статистика	3	0	3
	3	0	3
Общественные науки (факультативно)	15	6	17
<i>Четвертый семестр</i>			
Изучение дорожного движения	3	3	4
Законодательство и правила дорожного движения	3	0	3
Планирование городских транспортных перевозок	3	3	4
Обработка данных	2	3	3
	3	0	3
Общественные науки (факультативно)	14	9	17
Итого за четыре семестра	54	40	68

Для подготовки техников в области дорожного движения был разработан двухгодичный учебный план. Курсы изучения дисциплины, приведенные в табл. 22.5 и 22.6, представляют собой вариант учебного плана подготовки в области организации дорожного движения, а не конкретные программы.

КООРДИНАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Является очевидным, что ввиду тесной взаимосвязи между многочисленными направлениями деятельности в области обслуживания дорожного движения существует настоятельная потребность в обеспечении эффективной горизонтальной и вертикальной координации работы учреждений, занимающихся проблемами дорожного движения на территории данного арсенала или района. В тех местах, где руководство осуществляется только одним органом государственного управления, важным фактором достижения этой цели является сосредоточение всех видов такой деятельности в одном основном отделе.

Координация на уровне штатов. На уровне штатов или на провинциальном уровне все инженерные аспекты работы, как правило, сосредоточиваются в управлении или отделе дорог. Координация осуществляется поэтому самим начальником отдела. Однако при этом по-прежнему необходимо взаимодействие между указанным управлением (отделом) и подразделением полиции, занимающимся административной практикой и службой выдачи водительских удостоверений. В некоторых штатах координация обеспечивается в настоящее время созданием транспортных управлений. Во многих штатах координация достигается через официально существующие комиссии по безопасности дорожного

движения или координационные комитеты. В других штатах координация базируется на личной или добровольной основе.

Координация в городах. Усилия по координации работы на городском уровне предпринимаются в различных формах. В основном координационная работа выполняется:

официальными представителями власти, лично отвечающими за выполнение некоторых аспектов общей программы,

лидерами представляющими население и деловые круги,

официальными лицами и общественными лидерами совместно.

Обычно такие комитеты или комиссии располагают лишь совещательными правами. В основном они занимаются координацией деятельности по организации дорожного движения, а также помогают в распространении знаний, касающихся безопасности движения, и содействуют осуществлению надзора за дорожным движением и административной практикой.

Рекомендации в Типовом постановлении о дорожном движении. В Типовом постановлении о дорожном движении содержится следующая рекомендация о создании комиссии для координации работ:

§ 2—12. Комиссия по дорожному движению — полномочия и обязанности

А Настоящим предусматривается создание комиссии по дорожному движению, члены которой не получают специального содержания. Комиссия состоит из инженера городской службы дорожного движения, начальника полицейского управления или по его усмотрению и в качестве его представителя начальника отдела дорожной полиции, председателя транспортного комитета городского совета, одного представителя от конторы главного инженера города, одного представителя городской прокуратуры а также из такого числа официальных лиц и представителей общественных организаций, которое будет определено мэром. Председатель комиссии должен назначаться мэром и может быть им же смещен с занимаемого поста.

Б. Обязанностями комиссии по дорожному движению, в соответствии с которыми комиссия должна обладать правом использования средств в пределах предоставляемого ей фонда, являются координация деятельности по организации дорожного движения, осуществление мер по обучению участников дорожного движения, наблюдение за подготовкой и опубликованием отчетов о состоянии дорожного движения, рассмотрение жалоб, касающихся вопросов дорожного движения, и разработка рекомендаций для законодательного органа города, инженера городской службы дорожного движения, начальника отдела дорожной полиции и для других официальных лиц города, о путях и средствах улучшения условий движения, установления и контроля за соблюдением режимов и правил дорожного движения.

Сотрудничество инженеров городских служб, связанных с планированием дорожного движения. Тесное сотрудничество профессиональных групп крайне важно при разработке любой программы развития городской транспортной системы. В соответствии с рекомендациями гл. 12 «Планирование городского движения» эта координация должна осуществляться в городах с населением более 50 тыс. чел. При условии выполнения специалистами определенных функций в рамках порученных им участков работы и имеющихся полномочий существует возможность для совместных действий в таких областях, как сбор и анализ данных, разработка и осуществление программ.

Функции контроля за соблюдением правил и режимов дорожного движения. Как в городах, так и в сельской местности администрация, ответственная за осуществление программ развития транспорта, стремится достичь трех целей: создать наилучшую при имеющихся ресурсах дорожно-транспортную систему; добиться эффективного практического использования этой системы; добиться соблюдения участниками дорожного движения и другими лицами правил, обеспечивающих оптимальное функционирование системы.

Первая цель достигается: планированием, проектированием, строительством и эксплуатационным обслуживанием инженерных устройств. Вторая цель дости-

гается управлением дорожным движением. Достижение третьей цели обеспечивается работой по контролю за соблюдением правил, осуществляемой полицией и судебными органами.

Правила и режимы дорожного движения разрабатываются для того, чтобы предоставить возможность использования транспортной системой возможно большего количества участков движения на основе принципов рассредоточения их во времени и пространстве. Поэтому функция контроля или надзора за соблюдением правил является важной частью программ организации дорожного движения как в городах, так и в сельской местности.

Деятельность по надзору за дорожным движением обычно бывает целенаправленной в отношении места и времени ее осуществления, а также вида нарушений, против которых она направлена. Требуемая целенаправленность и точность действий дорожной полиции обуславливает необходимость ее хорошей общей и профессиональной подготовки. В большинстве полицейских управлений имеются отдельные подразделения дорожной полиции. Наблюдается тенденция разделения функций между штабными и оперативными подразделениями. Все больше используется труд женщины на таких работах, как контроль за соблюдением правил стоянки транспортных средств и перехода проезжей части пешеходами, эксплуатация средств связи и ведение отчетности.

Деятельность, осуществляемая подразделениями дорожной полиции, неодинакова в различных городах, но осуществляется в трех основных направлениях: регулирование движения для упорядочения пропуска транспортных потоков по дорожной сети, расследование ДТП, задержание и предупреждение нарушителей. Выполнение этих обязанностей не требует самостоятельных подразделений.

Непрактично иметь одно официальное подразделение для расследования ДТП, другое — для регулирования движения и третье — для надзора за соблюдением правил. Поскольку время и место дорожно-транспортных происшествий непредсказуемы, функции регулирования движения и контроля за соблюдением правил не могут быть разделены. Любой сотрудник полиции может быть почти в любое время направлен на выполнение любой из этих трех функций. На месте ДТП он может практически одновременно и проводить расследование, и направлять движение, и выявлять виновных в нарушении правил.

Важно, чтобы полиция, прокуратура и суды по делам о ДТП и нарушениях правил движения действовали единообразно исходя из общих целей.

Работа инженера по организации дорожного движения способна повлиять на функции полиции. Благодаря хорошему оснащению улиц техническими средствами организации движения может быть высвобождено и переведено для несения патрульной службы или выполнения других обязанностей определенное количество полицейских-регулирующих. Обычно между службой организации движения и дорожной полицией складывается тесное сотрудничество, основанное на общем понимании закономерностей дорожного движения. Ясно, что существуют физические границы пропускной способности дорог, за пределы которых нельзя выйти, несмотря ни на какое воздействие со стороны органов поддержания порядка. Тем не менее без подкрепления административными мерами средства регулирования движения неэффективны. Инженер дорожного движения получает от полиции данные о ДТП, на основании которых он разрабатывает соответствующие мероприятия.

Помощь полиции крайне необходима в сфере эксплуатации и реконструкции дорожно-уличной сети. Полицейский надзор за движением необходим в местах проведения дорожных работ и при организации временных объездов.

Оптимальная транспортная система может быть создана только на основе планирования, проектирования, строительства и эффективного использования дорожной сети. Тем не менее программа развития транспорта может оказаться неэффективной, если не обеспечивается подчинение участников дорожного движения установленным правилам. Эффективность надзора за движением частично зависит и от общественности, которую представляют советы по безопасности движения, школьные организации, а также другие учреждения и добровольные группы, связанные с подготовкой водителей и взаимодействующие с судебными органами. Чтобы обеспечить эффективность системы надзора в целом, необходимо тесное сотрудничество дорожной полиции с упомянутыми группами. Часто наиболее слабым звеном программы обеспечения соблюдения правил дорожного

движения оказывается судебное звено, в результате того, что в рамках одного суда смешиваются уголовные и дорожные дела. Аналогичный результат получается в тех случаях, когда несколько судов занимаются разбором дел, связанных с нарушениями правил дорожного движения, распространяя свои права на одну и ту же территорию. Крайне желательным является создание бюро нарушений, которое подчинилось бы суду, а также принятие мер для регистрации постоянных нарушителей.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Важным элементом программы совершенствования управления движением является исследование характеристик дорожного движения. Исследования в этой области подразделяются на прикладные и фундаментальные.

Прикладные исследования. Прикладные исследования — это применение уже апробированных методов для решения текущих проблем в области дорожного движения. Такой вид исследований лучше всего характеризуют исследования по принципу «до и после». Эти исследования полезны при изучении эффекта от внедрения новых технических средств регулирования движения и методов их применения, их влияния на пропускную способность и безопасность улично-дорожной сети.

Подробный перечень исследований и методов их проведения приведен в гл. 10 «Исследования характеристик дорожного движения».

Фундаментальные исследования. Фундаментальные исследования — это основополагающие исследования различных характеристик или элементов системы дорожного движения. Исследуемыми характеристиками являются:

- изменения интенсивности дорожного движения (часовые, суточные и т. д.);
- особенности прибытия и отправления транспортных средств в конечных пунктах маршрутов движения;
- динамические характеристики транспортных средств;
- характеристики пешеходного движения;
- характеристики стоянок;
- психология водителей.

Одними из наиболее крупных исследовательских организаций являются Совет по дорожным исследованиям США и Дорожно-транспортная исследовательская лаборатория Англии. Главное назначение и задача этих организаций и их подразделений заключается в организации, стимулировании, координации и оценке исследований в различных областях, связанных с совершенствованием дорожного движения. Прикладные исследования в основном проводятся в городах и штатах под руководством ответственных официальных органов. Повседневные обязанности обычно не позволяют инженерам по организации дорожного движения в какой-либо существенной мере участвовать в фундаментальных исследованиях. Такие работы, как правило, проводятся в университетах и колледжах или специальными исследовательскими учреждениями и консультационными фирмами. Значительная часть этих работ финансируется на федеральном уровне. Наряду с указанными организациями много исследований проводится Федеральной дорожной администрацией и Национальной администрацией по безопасности дорожного движения Министерства транспорта США.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ И ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

До того как начинается осуществление мероприятий по предложенной программе организации дорожного движения обычно проводится ее публичное заслушивание в соответствующем законодательно-распорядительном органе. График и продолжительность таких слушаний определяются законодательными требованиями, характером и содержанием проекта, а также выработанными рекомендациями (см. также гл. 14).

После окончания публичного заслушивания законодательный орган или его комиссия могут обсудить ход и результаты заслушивания с инженерно-техниче-

ским персоналом. Такие встречи могут заканчиваться внесением изменений в программу, выработанную в ходе публичного слушания. Крайне важно, чтобы тогда, когда соответствующие законодательные органы одобряют и принимают конкретные рекомендации, они выделяли бы и достаточные средства для осуществления рассмотренной программы.

СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ

Связи с общественностью в области организации дорожного движения весьма многообразны. Выступления через средства массовой информации, рассмотрение жалоб и опубликование отчетов являются лишь тремя их разновидностями.

Средства информации. Общественность хорошо знакома с различными проблемами в области дорожного движения и охраны окружающей среды и проявляет к ним большой интерес, который находит отражение на страницах газет и журналов, в передачах радио и телевидения. Во многих случаях пресса является главным средством информирования общественности о программах организации дорожного движения.

Необходимо учитывать специфику каждого из средств массовой информации. Для прессы важны свежие новости и соответствующий иллюстративный материал. Телевидению требуется динамичная подача изобразительной и текстовой информации. Материалы для радио должны быть подготовлены так, чтобы устное сообщение ярко и наглядно раскрывало затрачиваемую тему.

Важно, чтобы в каждом случае при подготовке информации учитывалась категория лиц, для которых она предназначена. Информация должна быть краткой и интересной, а также точной и доказуемой, если такое доказательство понадобится. Представители средств массовой информации должны быть участниками разработки программы совершенствования дорожного движения с самого начала. Они даже могут помочь в определении этапов долгосрочной программы. Специалисты, официальные лица и представители общественности, в той или иной мере участвующие в разработке программы, должны участвовать в ее публичных обсуждениях, интервью и т. п.

Средства массовой информации должны заранее оповещаться о необходимости передачи сообщения, например о введении системы одностороннего движения или новой автобусной линии.

Разработка оригинальных технических решений всегда представляет интерес для публикации в газетах. Всегда вызывают интерес мероприятия, касающиеся локальных групп населения. Если существует опасность неправильного понимания населением какого-либо мероприятия, то крайне желательно иметь заранее подготовленные для немедленного распространения экспресс-выпуски.

Должны быть предприняты все усилия для того, чтобы информация о новой транспортной программе излагалась не на техническом языке. Должны быть описаны все выгоды, которые получит общественность, такие, как, например, сокращение времени, затраченного на проезд, снижение смертности и травматизма, экономические преимущества, повышение комфорта и удобства. Следует глубоко рассмотреть также возможные альтернативные решения. После представления окончательного отчета об основной программе или о проекте редакции газет, студии радио и телевидения могут проявить интерес к обсуждению технических деталей программы.

Чем больше знает и чем глубже понимает общественность цели разработанных программ, тем большая готовность принять предложенные рекомендации будет проявлена с ее стороны.

Публикуемые отчеты. Постановка задачи, планирование, изучение и анализ, существующие в любом транспортном исследовании, подчинены единой цели. Эта цель заключается в разработке опирающегося на факты и реалистичного плана осуществления определенного улучшения условий и характеристик дорожного движения. Назначение самого отчета заключается в том, чтобы прямо или косвенно создать возможность для принятия административных мер. Часто для этого требуется официальное одобрение и выделение средств, необходимых для осуществления разработанных рекомендаций.

Если отчет преследует чисто информационные цели, то он может быть представлен целиком или частично в виде стандартного информационного выпуска. Научные отчеты могут предоставляться периодически по мере хода работ. Такие отчеты надо обязательно опубликовывать. Они могут докладываться устно и дополняться иллюстративными материалами. Могут издаваться периодические отчеты, отражающие ход исследования.

Окончательный отчет должен обсуждаться со всеми сотрудничающими учреждениями. Это может осуществляться подготовкой специального обзора для всех руководящих лиц. Важной предпосылкой принятия документа может служить доведение его содержания до сведения информационных агентств.

При выступлении перед аудиторией о результатах новой разработки или проекта необходимо подготовить ответы на следующие вопросы:

Когда начнется осуществление разработанного мероприятия?

Каким образом будут выбраны, получены и оплачены полосы отвода для новых или расширяемых дорог?

Как будет решен вопрос о перемещаемых лицах и предприятиях?

Когда будут улучшены условия движения на конкретной улице?

Почему все движение должно проходить перед конкретным домом или участком?

Можно ли направить движение в объезд конкретного предприятия?

Как повлияет предложенный проект на расположение школ, парков и т. д.?

Почему нельзя запретить использование автомобилей и ходить пешком?

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В 17 городах США с населением от 50 до 750 тыс. чел. было проведено большое исследование, цель которого заключалась в том, чтобы выяснить, как принимаются решения в области дорожного движения в городах, где имеются инженеры по организации дорожного движения с полным рабочим днем. На основании этого исследования были сделаны следующие выводы:

1) в городах, где выборные лица пытаются сами решать технические вопросы, связанные с организацией дорожного движения, этому делу наносится серьезный ущерб;

2) успешно работающие инженеры по организации дорожного движения осознают социальную сложность разрабатываемых ими программ и корректируют свои рекомендации с учетом этих факторов без ущерба для эффективности программ;

3) в городах, где инженер по организации дорожного движения не имеет прямого доступа к городским органам власти, успех программ в области дорожного движения ограничен;

4) инженеры по организации дорожного движения, осознающие важность сотрудничества в разработке программы с деловыми кругами, с комиссиями по дорожному движению, с руководителями общественных организаций, городскими официальными лицами, добиваются больших успехов в реализации проектов по улучшению условий дорожного движения, чем те специалисты, которые принимают во внимание только техническую сторону разрабатываемых проектов;

5) инженеры по организации дорожного движения, использующие современные методы организации и управления, эффективно руководят своими отделами и обычно успешно справляются с возникающими ситуациями, требующими принятия решений;

6) в административных единицах, где инженеры по организации дорожного движения понимают важность установления хороших взаимоотношений с общественностью и поддержания в ее глазах мнения о службе дорожного движения как о полезной и необходимой организации, они в целом добиваются осуществления разрабатываемых мероприятий.

Успешное осуществление программ в области организации дорожного движения требует наличия специалистов, занятых этой работой в течение полного рабочего дня. Должна проводиться настойчивая и кропотливая работа для создания эффективной службы организации дорожного движения в пределах имеющихся штатов, бюджета и других ресурсов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие	9
Глава 1. Автомобиль, дорога и автомобильные перевозки	11
Влияние роста населения на уровень развития автомобильного транспорта	11
Распределение автомобилей по странам и частям света	12
Пассажирские перевозки в США	13
Внутренние междугородные перевозки грузов в США	14
Протяженность улиц и дорог	14
Расходы на содержание автомобильных дорог	15
Глава 2. Эксплуатационные характеристики автомобилей	16
Силы, действующие на автомобиль	16
Тяговая динамичность автомобиля	18
Тормозная динамичность автомобиля	20
Затраты на эксплуатацию автомобиля	23
Глава 3. Характеристики водителей и пешеходов	28
Водители	28
Модель восприятия водителем дорожной ситуации	30
Влияние алкоголя и наркотиков на водителей	35
Пешеходы	36
Глава 4. Основные характеристики движения транспортных потоков	39
Основные определения	39
Закономерности изменения интенсивности движения	40
Характеристики скорости движения	48
Интервалы между автомобилями	54
Характеристики дорожно-транспортных происшествий	56
Характеристики автомобильных стоянок	73
Глава 5. Характеристики дорожного движения в городах	84
Характеристики городов	84
Транспортное сообщение с близлежащими городами	88
Генерация поездок	90
Характеристики дорожного движения в центральных деловых районах городов	102
Передвижения городского населения	104
Глава 6. Организация движения общественного транспорта	114
Классификация пассажирских транспортных средств	114
Характеристики дорог, предназначенных для общественного транспорта	114
Технические характеристики транспортных средств	116
Остановки транспортных средств	118
Характеристики транспортной системы	121
Пассажирские перевозки и окружающая среда	132
Последние достижения в организации пассажирских перевозок	133
Глава 7. Теория транспортных потоков	134
Основные определения	134
Независимые от метода измерения определения характеристик транспортного потока	143
Соотношения между характеристиками транспортного потока	145
Макромодели транспортного потока	147
Микромодели транспортного потока	154

	Соотношение между микро- и макромоделлями транспортного потока	156
	Статистические распределения в теории транспортных потоков	159
Глава 8	Пропускная способность автомобильных дорог	161
	Факторы, определяющие пропускную способность дорог	161
	Пропускная способность дороги	167
	Пропускная способность пересечений	183
Глава 9	Анализ дорожно-транспортных происшествий	212
	Изучение отдельных дорожно-транспортных происшествий	212
	Анализ ДТП в отдельных местах дорожной сети	215
	Выбор возможных мер по повышению безопасности дорожного движения	223
	Определение эффективности мер по повышению безопасности движения	225
	Вычисление экономической эффективности мер по безопасности движения	232
Глава 10	Исследование характеристик дорожного движения	236
	Исследование интенсивности движения	236
	Исследование скоростей движения автомобилей	241
	Исследование продолжительностей поездок и величины задержек	247
	Исследование плотности временных и пространственных интервалов транспортного потока	250
	Одновременное исследование нескольких характеристик	252
	Измерение характеристик транспортного потока на перекрестках	253
	Исследование работы общественного транспорта	256
	Исследование автомобильных стоянок	257
Глава 11	Применение электронно-вычислительных машин	260
	Электронно-вычислительные машины	260
	Основные элементы электронно-вычислительных машин	261
	Программы и программирование	263
	Характерные случаи применения электронно-вычислительных машин	266
Глава 12	Планирование городского движения	269
	Виды транспортных исследований	270
	Планирование	279
	Организация работы специалистов-исследователей	292
Глава 13	Планирование региональных транспортных систем	293
	Определение планирования	293
	Планирование транспортных систем штата	295
	Подготовительные работы по планированию региональных транспортных систем	295
	Основные задачи совершенствования различных видов транспорта	304
	Координация и программирование	307
Глава 14	Проектирование трассы автомобильной дороги	310
	Классификация автомобильных дорог	310
	Критерий проектирования	312
	Расчетные элементы	318
	Стадии проектирования	330
	Проектирование автомагистралей	343
	Проектирование дорог и улиц местного значения	355
	Велосипедные дорожки	357

Глава 15. Организация автомобильных стоянок, остановок общественного транспорта, погрузочно-разгрузочных площадок и герми- зации	365
Терминология	365
Характеристики стоянок	366
Паркометры	366
Размещение стоянок	367
Проект ровиние вдуллиных стоянок	368
Стоянки специального назначения	385
Резервирование территории для стоянок	395
Муниципальные программы и источники финансирования строи- тельства сети стоянок	395
Уличные стоянки	397
Характеристики стоянок грузовых автомобилей	400
Внуллиные погрузочно-разгрузочные (грузовые) площадки	404
Остановки общественного транспорта	408
Площадки для хранения велосипедов	411
Глава 16. Дорожные знаки и дорожная разметка	412
Н значение знаков и указателей	412
Виды знаков	413
Испытание и установка знаков	414
Рефлекторизация и подсветка	417
Материалы для изготовления дорожных знаков и уход за знаками	423
Дорожная разметка	425
Продольная разметка	425
Материалы для разметки дорог и уход за разметкой	434
Оборудование для нанесения разметки	436
Некоторые другие технические средства регулирования дорожного движения	438
Глава 17. Средства светофорной сигнализации	440
Применение средств светофорной сигнализации	440
Критерий введения светофорного регулирования	440
Технические средства управления светофорной сигнализацией	444
Режимы работы светофорной сигнализации	455
Специальные средства светофорной сигнализации	464
Эффективность светофорной сигнализации	465
Глава 18. Регулирование скорости и другие вопросы управления дорож- ным движением	466
Регулирование скорости и ограничение скорости по зонам	466
Контроль за соблюдением скоростного режима движения	474
Организация одностороннего движения	474
Реверсивные полосы движения и дороги	478
Специальная маршрутизация	480
Правила поворота	482
Барьеры, ограждения и закрытие улиц для автомобильного дви- жения	484
Другие методы регулирования дорожного движения	485
	486
Глава 19. Контроль и регулирование движения	486
История вопроса	486
Контроль за движением	488
Средства звуковой связи	490
Средства визуальной связи	493
Регулирование въезда на автозащитель	494
Применение промышленных телевизионных установок	499
Повышение пропускной способности улучшением геометрии дорог	500
Эффективность системы контроля и регулирования движения	501

	Стоимость проектирования систем контроля и регулирования движения	502
Глава 20	Освещение дорог и дорожных сооружений	504
	Освещение и зрение	504
	Необходимость визуальной информации для водителя	507
	Дорожное покрытие	508
	Интенсивность транспортных потоков и обоснование необходимости освещения	509
	Источники света	510
	Конструкции светильников и их размещение	512
	Проектирование системы освещения	514
	Эксплуатация систем освещения	526
	Эффективность систем освещения	527
Глава 21	Окружающая среда и автомобильный транспорт	529
	Транспорт как источник загрязненности	530
	Другие факторы воздействия автомобильного транспорта	543
	Законодательные и административные меры, направленные на улучшение окружающей среды	548
	Новые виды транспорта и их влияние на окружающую среду	560
Глава 22.	Служба дорожного движения	560
	Введение	560
	Администрация	561
	Законодательные права	563
	Финансирование деятельности службы дорожного движения	574
	Подготовка кадров в области дорожного движения	579
	Координация деятельности в области организации дорожного движения	583
	Исследовательская деятельность	586
	Законодательные и правовые аспекты деятельности по организации дорожного движения	586
	Связи с общественностью	587
	Общие замечания	588

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ
И ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Редактор С. И Белоцерковская
Переплет художника Е. Н. Волкова
Технический редактор Л. Е. Шмелева

Корректоры В. Я. Кинареевская, С. М. Лобова

ИБ № 1571

Сдано в набор 26.01.81 Подписано в печать 05.10.81 Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип № 2.
Гарнитура литературная Высокая печать Усл. печ. л. 37. Усл. кр.-отт. 37.
№ 4 изд. л. 56,25 Тираж 20 000 экз. Заказ 101 Цена 4 руб. Изд. № 2-2-1/11 № 9967
Издательство «ТРАНСПОРТ», 107174, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Москва, 12941, Б. Переяславская ул., 46