Л.П.АНДРОНОВ

ГРУЗОВЕДЕНИЕ И СТИВИДОРНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Л. П. АНДРОНОВ

ГРУЗОВЕДЕНИЕ И СТИВИДОРНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Издание второе, переработанное и дополненное

•

Утверждено Управлением учебных заведений Министерства морского флота в качестве учебника для эксплуатационной и инженерно-экономической специальностей высших учебных заведений ММФ

МОСКВА «ТРАНСПОРТ» 1975

УДК 656.614.3.073.2

Грузоведение и стивидорные операции. Андронов Л. П. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Транспорт», 1975, 376 с.

В книге изложены основы технологии перевозки грузов морем, теоретические основы рациональной загрузки морских судов, портовых складов и наземных транспортных средств, основы теории микроклимата трюмов и складов. Дано описание свойств грузов и процессов тепломассообмена грузов с окружающей средой, рассмотрены вопросы сохранности грузов при их перевозке и хранении.

При подготовке второго издания учебника привлечены иностранные публикации, результаты научных исследований, использована практика морских перевозок грузов, включая опыт работы международных организаций по регламентации перевозок грузов морем.

Книга написана в соответствии с программой курса «Грузоведение и стивидорные операции», утвержденной Управлением учебных заведений Министерства морского флота, по специальности «Эксплуатация водного транспорта», полностью охватывает программу курса «Грузоведение» по специальности «Экономика и организация водного транспорта» и в значительной степени охватывает программу курса «Технология перевозки грузов морем» по специальности «Судовождение на морских путях».

Предназначена в качестве учебника для учащихся высших учебных заведений Министерства морского флота эксплуатационной, судоводительской и экономической специальностей, а также может быть использована инженерно-техническими работниками морских пароходств, портов, судов, проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций.

Рис. 134, табл. 43, список лит. 32 назв.

$A\frac{31806—250}{049(01)—75}$ 250—75

© Издательство «Транспорт», 1975 г.

ВВЕДЕНИЕ

Основными задачами транспорта, продолжающего процессом *перемещения* процесс *производства* материальных благ, являются:

доставка грузов по назначению в количестве, по номенклатуре и в сроки, предусмотренные государственными планами и соответствующими договорами, путем рациональной организации транспортного и перегрузочного процессов;

способствование ускорению оборачиваемости оборотных средств и максимальному использованию основных средств всех отраслей народного хозяйства путем сокращения сроков доставки грузов получателю;

снижение издержек производства путем сокращения транспортных расходов и снижения себестоимости перевозки;

обеспечение сохранности перевозимых грузов, их количества и качества путем соблюдения оптимальных режимов хранения, перегрузки и перевозки грузов.

Теоретические основы рациональной организации транспортного процесса разрабатывает наука об эксплуатации морского транспорта, включающая в себя вопросы планирования и управления работой транспорта, организации движения и технической эксплуатации флота, организации и механизации грузовых работ, коммерческой эксплуатации, технологии перевозки грузов морским транспортом.

Под *технологией морской перевозки грузов* понимается совокупность способов и средств сохранной и безопасной перевозки грузов морским транспортом, обеспечивающих в данных конкретных условиях наиболее эффективное использование транспортных средств, портовых складов и перегрузочных средств.

Грузоведение и стивидорные операции, как научная дисциплина, является частью общей науки об эксплуатации морского транспорта, неразрывно связанной с остальными ее разделами и являющейся основой для разработки технологии морской перевозки грузов. Она использует достижения точных и прикладных наук, таких, как физика, химия, математика, сопротивление материалов, теоретическая механика, теория, устройство и строительная механика корабля, морская практика, метеорология и физика атмосферы, теплофизика и аэродинамика, холодильное дело и кондиционирование. Предметом грузоведения и стивидорных операций являются: вопросы транспортной характеристики и правил перевозки грузов, взаимодействие грузов с окружающей средой, складирование их в порту, рациональная загрузка

трюмов морских судов, загрузка смежных видов транспорта, обеспечение сохранности грузов при хранении, перегрузке и перевозке.

Ведущими проблемами грузоведения и стивидорных операций являются: *обеспечение сохранности грузов при морской транспортировке, безопасность перевозки грузов и рациональная загрузка транспортных средств и складских емкостей.*

Совершенствование технологии морской перевозки грузов является одной из наиболее важных проблем, стоящих перед морским транспортом, так как от успешного решения этой проблемы во многом зависит ускорение доставки грузов, сокращение эксплуатационных расходов, обеспечение сохранности грузов, эффективное использование флота в целом.

Планомерные исследования вопросов технологии морской перевозки грузов в Советском Союзе ведутся с середины 50-х годов. Головной организацией является ЦНИИ морского флота, выполняющий широкую программу исследований в этой области. Работы по этой теме выполняются в Одесском институте инженеров морского флота, Союзморниипроекте, Одесском высшем инженерном морском училище и других организациях.

Вопросам технологии перевозки грузов морем, обеспечения их сохранности и безопасности при перевозках посвящены многие работы отечественных, а также ряда зарубежных авторов.

Хорошее знание свойств грузов и технических условий их перевозки способствует увеличению провозной способности флота, позволит предотвратить порчу, повреждение или ухудшение качества грузов, а также избежать тяжелых последствий — гибели судов и людей (например, при перевозке опасных, сыпучих и разжижающихся грузов).

Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1960 г. предусматривает особые правила перевозки морем зерна насыпью и опасных грузов. Межправительственной морской консультативной организацией разработаны специальные правила перевозки таких грузов.

На морском транспорте СССР, помимо общих законоположений, действуют следующие правила, соблюдение которых обязательно как для работников транспорта, так и для клиентуры:

«Общие правила перевозки грузов, пассажиров и багажа по морским путям на судах Министерства морского флота» с включенными в них специальными правилами перевозки и хранения отдельных видов грузов;

Правила морской перевозки опасных грузов (Правила МОПОГ, 1969 г.);

Правила перевозки зерновых и других сыпучих грузов.

В каждом бассейне, пароходстве или отдельном порту могут быть разработаны и введены в действие местные правила перевозки и хранения грузов, которые учитывают специфичность условий хранения или перевозки грузов в данном районе.

Специальные правила перевозки грузов морем разрабатываются научно-исследовательскими организациями Министерства морского флота совместно с соответствующими службами пароходств, портов

и министерства и согласовываются с заинтересованными сторонами — грузоотправителями, грузополучателями, смежными видами транспорта.

Соблюдение правил перевозки грузов является основным условием обеспечения сохранности грузов и безопасности их перевозок. В эпоху бурного развития всех видов промышленности и транспорта действующие правила не всегда могут содержать предписания, касающиеся отдельных аспектов перевозки грузов, поэтому наличие правил не освобождает работников транспорта и клиентуры от необходимости принятия дополнительных и конкретных мер обеспечения сохранности грузов и безопасности их перевозки.

Сжатый объем книги при большом разнообразии номенклатуры перевозимых морем грузов, способов и технических средств их перевозки позволил изложить в ней лишь только основные вопросы. Для совершенствования знаний в рассматриваемой области необходимо изучение действующих правил перевозки грузов, а также специальной литературы по технологии перевозки отдельных видов грузов, краткий перечень которых приведен в конце книги, а ссылки даны в тексте.

Раздел первый

ОСНОВЫ ГРУЗОВЕДЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ ГРУЗОВ ПРИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКЕ

Глава I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ГРУЗАХ И ИХ ТРАНСПОРТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ

●

§ 1.1. Груз и его свойства

В отличие от товароведения, которое изучает потребительские свойства товара, грузоведение изучает только те свойства, которые связаны с процессом его транспортировки. Совокупность свойств груза, определяющих условия и технику его перевозки, перегрузки и хранения, носит название *транспортной характеристики груза*, в которую входят физико-химические свойства, тара и упаковка, объемно-массовые характеристики, режимы хранения, перегрузки и перевозки груза, некоторые товарные свойства, определяющие степень опасности и технические условия перевозки груза.

ГОСТ 15831—70 установлены следующие основные наименования видов грузов:

наливной груз — жидкий груз, перевозимый наливом;

сухой груз — любой груз, кроме наливного;

навалочный груз — сухой груз, перевозимый без тары, навалом;

насыпной груз — зерновые грузы, перевозимые без тары;

штучный груз — сухой груз, состоящий из отдельных мест;

генеральный груз — различные штучные грузы.

Между свойствами груза, способами и техническими средствами его перевозки существует взаимозависимость. Род груза определяет способ его транспортировки и хранения. Жидкие грузы в большом количестве перевозят на специализированных судах—танкерах и хранят в специальных емкостях. Тот же продукт, упакованный в тару, перевозят на обычных сухогрузных судах. Технология перевозки, хранения и перегрузки одного и того же продукта в том и другом случае совершенно различна.

Свойства и транспортный вид грузов определяют технологию их перевозки морем, порождая в ряде случаев специализацию флота (суда сухогрузные, рефрижераторные, танкеры, балкеры, нефтерудовозы, газовозы, лесовозы, контейнеровозы, трейлеровозы и т. д.), портов, складов, перегрузочной техники. В свою очередь условия и масшта-

бы транспортировки, техническая оснащенность флота и портов оказывают влияние на некоторые элементы транспортной характеристики грузов и могут приводить к изменению транспортного вида груза. Эти процессы неразрывно связаны и зависят от развития промышленного производства и торговли, общего прогресса эксплуатационной и судостроительной науки и техники.

Груз может быть сохранно и безопасно перевезен, если он находится в надлежащем кондиционном состоянии, упакован в соответствующую условиям перевозки тару, т. е. находится в так называемом *транспортабельном состоянии*.

Тара и упаковка груза необходимы для обеспечения его сохранности при перевозке. В то же время на упаковку груза расходуются огромные средства. Все это вызывает необходимость изыскания оптимального транспортного вида груза и способов его транспортировки.

Современное развитие науки и техники позволяет изменять транспортный вид груза и совершенствовать средства транспорта и перегрузочную технику в нужном для народного хозяйства направлении. В настоящее время на морском флоте успешно развиваются новые способы перевозки целого ряда генеральных грузов. Так, например, мешковые грузы — сахар-сырец и цемент — в больших количествах перевозят насыпью. В тех случаях, когда груз нельзя перевозить навалом и он упакован в мелкую тару, укрупняют отдельные места груза. Мешковые, ящичные и другие грузы помещают в контейнеры или формируют в пакеты, что дает определенный экономический эффект для народного хозяйства.

§ 1.2. Классификация грузов

Практика организации транспортного процесса требует разделения грузов по различным классификационным признакам. В то же время существует тенденция унифицировать классификацию товаров и грузов.

В СССР для всех видов транспорта существует единая тарифная номенклатура грузов, которая служит для установления тарифного класса груза и определения платы за его перевозку. В основу тарифной номенклатуры положено деление грузов по происхождению (продукты сельского хозяйства и продукты промышленности). По общественному назначению грузы делят на народнохозяйственные и грузы народного потребления. По способу и технике хранения грузы разделяют на три группы: ценные и портящиеся от подмочки и изменения температуры (грузы закрытого хранения), портящиеся от подмочки и не подвергающиеся действию температуры (грузы полузакрытого хранения), не подвергающиеся действию окружающей среды (грузы открытого хранения).

В целях нормирования погрузочно-разгрузочных работ в морских портах принята следующая классификация грузов:

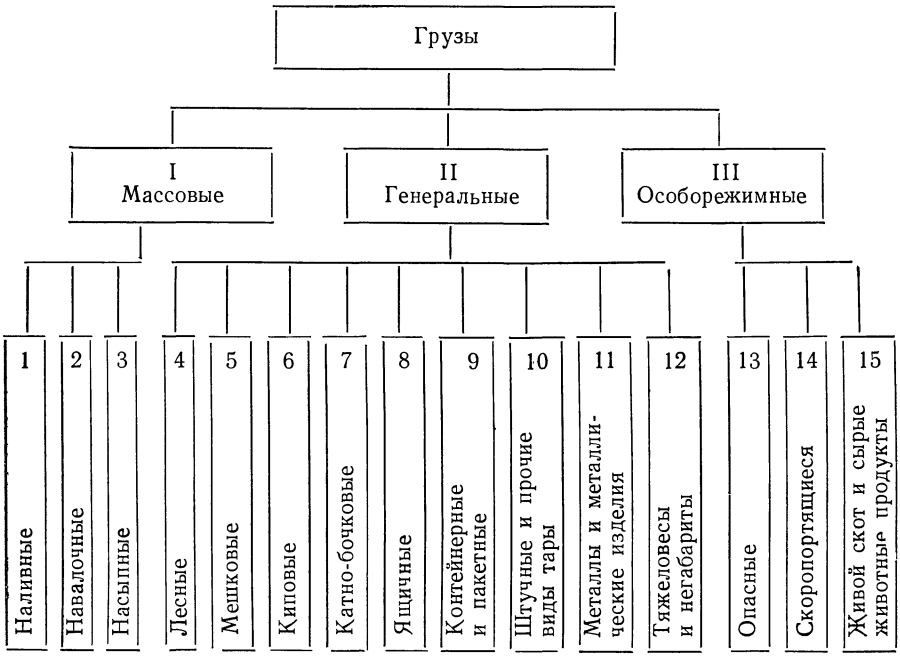
I. Тарно-упаковочные и штучные: в мешках, кулях и бумажных пакетах; в кипах и тюках; катно-бочковые; в ящиках и без упаковки; мясо и мясопродукты без упаковки.

II. Тяжеловесные.
III. Металлы и металлические изделия.
IV. Лесные.
V. Навалочные.

В каждом из указанных разделов грузы делятся на классы в зависимости от массы грузового места и погрузочного объема, которые имеют условное буквенно-цифровое обозначение. Например, Б-300 — катно-бочковые грузы с погрузочным объемом до 3,99 м³/т и массой места в пределах 166—300 кг.

Выбор признаков классификации подчинен целям классификации и не может быть произвольным. Ряд классификаций страдает односторонностью деления грузов. Так, например, из всего многообразия грузов выделены только скоропортящиеся, а остальные считаются устойчиво сохраняющимися, но опасные грузы, живой скот, хлебные и многие другие назвать устойчиво сохраняющимися нельзя. Такая неполноценность классификаций грузов мешает правильному решению вопросов организации транспортного и перегрузочного процессов.

Транспортная классификация грузов



Транспортная классификация грузов охватывает всю номенклатуру грузов и учитывает различные требования организации и технологии перевозки, перегрузки и хранения грузов. Все грузы делятся на три специфические транспортные категории: массовые, генеральные и особорежимные.

Массовый груз представляет собой определенную структурную массу, и перевозят его обычно в больших количествах. К массовым относятся грузы: наливные (нефтепродукты, растительные масла, животные жиры, спирты, сжиженные газы, жидкие химические продукты), навалочные (уголь, руда, природные соли, строительные материалы), насыпные (зерновые насыпью, порошкообразные, пылевидные). Отличительными особенностями массового груза являются: значительное количество в одной партии, требующее предоставления целого судна или отдельного грузового помещения, высокие нормы грузовых работ, потребность в специальных судах (танкеры, балкеры, нефтерудовозы, газовозы, химовозы) и специальном перегрузочном оборудовании (насосы, пневматические перегружатели, машины непрерывного транспорта, грейферы).

В коммерческой деятельности иногда массовым грузом называют груз генеральный, идущий большими партиями (хлопок, пробка, каучук, лес и т. п.) на определенной линии.

Генеральным (смешанным) называют груз, упакованный в разнообразную тару, или штучный груз без упаковки. Генеральные грузы разделяют на следующие группы: мешковые, киповые, катно-бочковые, ящичные, контейнерные, металлы и металлические изделия, тяжеловесные и негабаритные, штучные и прочие.

Грузы *особорежимные* представляют собой специфическую категорию грузов, которые хранят и перевозят на основании специальных правил с соблюдением заданных температурно-влажностных, санитарных, противопожарных, карантинных, эксплуатационных и других режимов хранения и перевозки. При перевозке этих грузов предъявляют особые требования к их состоянию, таре и упаковке, техническим условиям их перевозки, хранения и перегрузки.

§ 1.3. Методы исследования грузов

При приеме и сдаче груза, а также в процессе хранения и перевозки необходимо систематически проверять качество груза и соответствие его предъявляемым документам и стандартам и определять необходимые элементы транспортной характеристики. Эксплуатационная практика располагает тремя методами исследования свойств и качества грузов: органолептическим, лабораторным и натурным.

Органолептическим называется метод исследования грузов с помощью одних только органов чувств человека — зрения, осязания, вкуса, обоняния, слуха без использования каких-либо приборов и аппаратов. Этим методом определяются: внешний вид груза или его тары, размеры отдельных кусков навалочного груза, цвет, чистота, твердость, гибкость, шершавость, зараженность вредителями, запыленность или загрязненность груза, вкусовые качества, запах груза. Органолептический метод определения свойств груза является качественным методом, так как при его помощи можно определить лишь качественную характеристику груза, но не количественную. Применяют этот способ весьма широко, особенно в эксплуатационной практике. Часто органо-

лептический метод является единственно возможным при определении качества груза. Положительные стороны этого метода — простота, быстрота и возможность определения качества груза без затраты определенной части материала, недостаток — его субъективность и невозможность количественной оценки свойств груза.

Лабораторный метод определения свойств груза требует создания специальных лабораторий, наличия определенной аппаратуры для исследования этих свойств и затраты части самого материала для взятия пробы. Лабораторный метод обычно более длителен, но более точен, чем органолептический. Здесь применяются методы химического анализа, физико-механические методы, рентгеноскопические и т. д. Для лабораторных испытаний от партии груза должна быть соответствующим образом отобрана средняя проба. Неправильно взятая проба приводит к ошибкам в оценке свойств груза даже при самом точном лабораторном анализе. Отобранную пробу в зависимости от рода груза упаковывают в специальную посуду, в которой образец груза сохраняет свои свойства на момент отбора пробы.

Каждый образец груза снабжается ярлыком, на котором указываются наименование товара, поставщик, номер и размер партии, сорт груза, дата отбора пробы и другие данные, необходимые для производства и правильного оформления результатов анализа. На транспорте лабораторному анализу подвергают преимущественно грузы: наливные, навалочные, насыпные, скоропортящиеся, хлебные, пищевкусовые.

Работники транспорта сами, как правило, не проводят анализа свойств груза, а пользуются данными, предоставляемыми им специальными лабораториями в виде сертификатов на груз.

Натурный метод исследования грузов применяют непосредственно в производственных условиях. Этим методом обычно определяют объемно-массовые характеристики груза. Важность этого метода заключается в том, что он позволяет получать данные, необходимые для эксплуатационной работы. Для проведения исследований в натурных условиях необходимы специальные измерительные приборы: для определения размеров и массы грузов (рулетки, весы, угломеры), параметров окружающей среды и груза (термометры, барометры, влагомеры).

§ 1.4. Тара и упаковка грузов

Тарой называют изделие, предназначенное для размещения и упаковки в нем продукции. Она должна обеспечивать сохранность этой продукции при хранении и транспортировании.

Упаковкой называют комплекс мероприятий по обеспечению сохранности продукции при хранении и транспортировании посредством защиты ее тарой и упаковочными материалами и придания грузу транспортабельного состояния.

Различают тару *внутреннюю* (потребительскую), например бутылки, банки, коробки, пачки, кульки и т. д., и *внешнюю* (транспортную), например бочки, барабаны, кипы, мешки, ящики, обрешетки, бидоны.

По способности противостоять внешним механическим воздействиям различают три типа тары: *жесткая* — сохраняет свою форму, будучи наполненной или порожней, даже при сжатии давлением при перевозках; *полужесткая* — в порожнем состоянии сохраняет свою форму, не подвергаясь при этом сжатию; *мягкая* — при освобождении от содержимого принимает свою первоначальную плоскую форму.

Единица тары с содержимым или несколько таких единиц, образующих один комплект при погрузочно-разгрузочных работах, т. е. перевозимый и перегружаемый как одно целое, называется *единицей груза* или *грузовым местом*.

Для упаковки продукции применяют вспомогательные упаковочные материалы. *Прокладочным* называется материал, который располагается между отдельными внутренними упаковками или изделиями, предназначен для предотвращения перемещения упаковок или изделий внутри внешней тары и смягчает удары и сотрясения. *Поглощающим* называется материал, который при повреждении внутренней тары предотвращает или уменьшает дальнейшее распространение перевозимого вещества.

С точки зрения защиты продукции от внешнего воздействия и появления вещества вне тары материал упаковки может быть: *влагонепроницаемый* — не пропускающий влагу воздуха; *водонепроницаемый* — не пропускающий жидкость; *прочный* — не разрывающийся при нормальных условиях транспортировки; *плотный* — предотвращающий просыпание сухого вещества; *инертный* — не вступающий в опасную реакцию взаимодействия с веществом, с которым он соприкасается.

Различают укупорку тары: герметическую (паронепроницаемую), эффективную (непроницаемую для жидкости), плотную (непроницаемую для сухого вещества).

К таре, предназначенной для перевозки грузов морским транспортом, предъявляются повышенные требования, так как при морской перевозке грузы испытывают значительно бóльшие статические и динамические нагрузки, колебания температуры и влажности окружающего воздуха, чем при перевозке наземным и внутренним водным транспортом. Виды тары и требования к ней для перевозки опасных грузов изложены в ГОСТ 10.74—74 и Правилах МОПОГ [18], для других грузов — в ГОСТ 15846—70.

Тара может быть *разовая*, не подлежащая повторному использованию; *многооборотная*, рассчитанная на многократное использование; *многоцелевая* — для различной продукции и *специальная* — для определенных изделий или продукции.

§ 1.5. Стандартизация товаров, тары и упаковки грузов

Стандартизация и нормализация являются основой специализации производства, внедрения механизации и автоматизации производственных процессов и их совершенствования на базе современной технологии, позволяют резко поднять производительность труда, снизить

себестоимость продукции и улучшить ее качество, сократить расходы материальных средств на ее производство.

Стандартизация товаров, тары и упаковки грузов позволяет на морском транспорте обеспечить сохранность грузов, улучшить использование флота, складских емкостей и перегрузочной техники, ускорить обработку судов в портах, механизировать и автоматизировать погрузочно-разгрузочные работы и учет перерабатываемых грузов. При перевозке грузов в стандартной упаковке отпадает необходимость в перевеске грузов, которая требует больших затрат времени и материальных средств и вызывает задержку судов под погрузкой. Грузы в стандартной упаковке легко формируются в пакеты, хорошо укладываются в трюмах судов, чем достигается сокращение стояночного времени судов, рациональная загрузка транспортных средств и обеспечивается сохранность грузов при перевозке.

В Советском Союзе качество товаров, тары и упаковки регламентируется стандартами, т. е. документами, дающими точное представление о продукте, материале или изделии, на которое они составлены. Работу по стандартизации проводит Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР.

ГОСТ 1.0—68 устанавливает следующие категории стандартов: государственные стандарты СССР (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), республиканские стандарты (РСТ), стандарты предприятий (СТП). В случае отсутствия государственных, отраслевых или республиканских стандартов на продукцию разрабатываются технические условия (ТУ). Государственные стандарты утверждаются Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР (Госстандарт СССР) и Государственным комитетом Совета Министров по делам строительства (Госстрой СССР) и обязательны к применению всеми предприятиями, организациями и учреждениями союзного, республиканского и местного подчинения во всех отраслях народного хозяйства СССР. Общее руководство работой всех организаций и предприятий ММФ по стандартизации, нормализации и техническим условиям осуществляется Ленинградским центральным проектно-конструкторским бюро (ЛЦПКБ), которое является базовой организацией ММФ по стандартизации.

Стандартизация товаров, тары и упаковки как общегосударственное мероприятие проводится во всех социалистических странах на основе рекомендаций Совета экономической взаимопомощи (СЭВ).

Советский Союз активно участвует в работе 54 технических комитетов Международной организации по стандартизации (ИСО), в 37 комитетах ИСО является наблюдателем, возглавляет работу трех технических комитетов ИСО — по пиломатериалам, марганцевым рудам, качеству обработанных поверхностей.

Дальнейшая работа по стандартизации тары и упаковки должна идти по пути сокращения числа типоразмеров тары. Существующее в настоящее время многообразие тары мешает специализации захватных приспособлений, унификации поддонов и пакетов, что приводит к недоиспользованию грузоподъемности транспортных средств и производительности оборудования.

Работники транспорта при приеме груза к перевозке должны тщательно проверять состояние груза и тары и соответствие тары ГОСТам. Знание работниками транспорта основных признаков стандартности груза позволяет повысить качество работы транспорта за счет сокращения времени приема груза, перевозки груза только в транспортабельном состоянии, позволяет совершенствовать технологический процесс транспортировки груза.

§ 1.6. Маркировка грузов

Маркировкой называют различного рода знаки, рисунки и надписи, наносимые на груз для его опознания, указания на его свойства и способы хранения и перегрузки. Маркировке подвергаются все грузы, перевозимые морским транспортом. Маркировка наносится непосредственно на грузовые места при помощи красок, тиснения или выжигания, наклеивания бумажных, картонных, фанерных, пластмассовых или металлических ярлыков. Ярлыки из бумаги и картона приклеивают, а ярлыки из фанеры, металла или пластмассы прикрепляют шурупами, гвоздями или проволокой. Для маркировки грузов нужно применять краску, не подвергающуюся воздействию влаги, солнечных лучей, кислот и щелочей. Краска не должна стираться и портить грузы.

По происхождению и назначению маркировка делится на товарную, отправительскую, транспортную и специальную. *Товарная* (фабричная) маркировка наносится изготовителем товара и содержит название, местонахождение и марку изготовителя; название, тип, сорт, артикул товара; дату выпуска; номер стандарта, массу места брутто и нетто.

В соответствии с ГОСТ 14192—69 маркировка, наносимая грузоотправителем на транспортную тару, должна содержать отличительный текст и предупредительные знаки. Отличительный текст включает основные и дополнительные надписи. К *основным* надписям относятся: наименование получателя, место назначения, место перевалки, порядковый номер каждого грузового места (числитель), общее количество мест в партии (знаменатель). К *дополнительным* надписям относятся: масса грузового места брутто и нетто (кг); габаритные размеры грузового места (длина, ширина, высота, диаметр в метрах, или объем в кубических метрах, или емкость в литрах), если они превышают 1 м; наименование отправителя, место отправления; маркировка, ха-

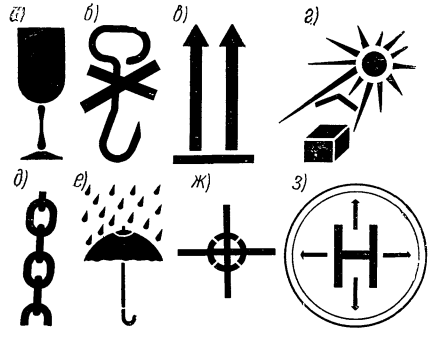


Рис. 1. Предупредительные знаки транспортной маркировки грузов:
а — осторожно, хрупкое; *б* — крюками непосредственно не брать; *в* — верх, не кантовать; *г* — боится нагрева (тепла); *д* — стропить здесь; *е* — боится сырости; *ж* — центр тяжести; *з* — герметичная тара

Таблица 1

Индекс знака	Значение	Английский текст	На какие грузовые места наносится
а	Осторожно, хрупкое	Handle with care, Fragile	Груз с бьющимися, хрупкими, ломкими, прецизионными и другими реагирующими на сотрясение изделиями
б	Крюками непосредственно не брать	Use no hooks	Груз в мягкой таре, кипах и т. д., когда при погрузочно-разгрузочных работах недопустимо употребление крюков
в	Верх, не кантовать	Top. Do not turn over	Грузовое место, которое при любых манипуляциях с ним должно находиться в указанном положении
г	Боится нагрева (тепла)	Protect from heat	Грузы, которые следует предохранять от нагрева и солнечных лучей
д	Место строповки	Sling here	Грузы, стропить которые можно только в определенных местах
е	Боится сырости	Keep dry	Грузы, подверженные действию влаги
ж	Центр тяжести	Centre of Gravity	Крупногабаритные места, когда центр тяжести груза находится вне геометрического центра тары
з	Герметичная тара	Hermetically sealed	Груз, особенно чувствительный к воздействию окружающей среды. Знак запрещает вскрывать и повреждать тару
—	Открывать здесь	Open here	Указывает место вскрытия
—	На верх не ставить	Not overstowed	На грузовых местах, на которые нельзя сверху укладывать другие грузы

рактеризующая непосредственно тару и подтверждающая ее стандартность: на бочках, барабанах, деревянных и картонных ящиках указывают в виде дроби номер стандарта (числитель), индекс прейскуранта и порядковый номер по прейскуранту (знаменатель).

Предупредительные знаки транспортной маркировки (рис. 1) указывают на правильный способ обращения с грузом и имеют значения, указанные в табл. 1. На грузовых местах с опасными грузами наносят ярлыки опасности международного образца [32] и предписанные ГОСТ 19433.74 и Правилами МОПОГ [18]. *Специальная*, или *предупредительная*, маркировка (предупредительные знаки и ярлыки опасности) наносится на каждое место грузоотправителем. Указания этой маркировки обязательны для всех.

Маркировка грузов, поставляемых на экспорт, производится в соответствии с образцом, указанным в заказе-наряде, либо по ГОСТ 14192—69. Надписи выполняются на языке, указанном в заказе-наряде.

Место и способ нанесения маркировки должны отвечать требованиям ГОСТ 14192—69. Транспортная маркировка наносится транспортной организацией, принимающей груз к перевозке, и содержит цифровое обозначение на каждом грузовом месте в виде дроби: числитель — порядковый номер, за которым данная отправка принята к перевозке по книге отправления, знаменатель — число мест в данной отправке.

Для обеспечения сохранности и предупреждения пересортицы грузов в портах применяется так называемая складская маркировка, которая наносится на отдельное грузовое место или в паспорт штабеля. Паспорт штабеля записывается на стандартном бланке, наклеенном на фанерную бирку, прикрепляемую к штабелю.

Глава 2

ОБЪЕМНО-МАССОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУЗОВ

§ 2.1. Системы единиц измерения

Согласно ГОСТ 9867—61 в Советском Союзе введена в действие Международная система единиц измерений, сокращенно обозначаемая символом СИ. Единицы измерений, которые наиболее часто применяются в эксплуатационной практике, связанной с перевозкой грузов, приведены в табл. 2.

Международная система единиц измерений должна применяться предпочтительно перед всеми другими системами. Однако на практике часто приходится встречаться с внесистемными единицами измерения,

Таблица 2

Наименование величины	Обозначение и определяющее уравнение	Единица измерения	Наименование величины	Обозначение и определяющее уравнение	Единица измерения
Длина	L, l	м	Плотность	$\rho = \frac{m}{V}$	кг/м^3
Масса	M, m	кг	Удельный объем	$v = \frac{V}{m}$	м^3/кг
Время	T, t	с	Сила	P	Н (ньютон)
Площадь	$S = l^2$	м^2	Удельный вес	$\gamma = \frac{P}{V}$	Н/м^3
Объем	$V = l^3$	м^3	Давление	$p = \frac{P}{S}$	Н/м^2

а также с устаревшими единицами, используемыми официально в некоторых странах, например в Англии и США. Наиболее часто встречающиеся в эксплуатационной практике единицы измерений и их эквиваленты следующие:

1 дюйм = 25,4 мм
1 фут = 0,3048 м
1 ярд = 0,9144 м
1 куб. фут = 0,028317 м³
1 фунт = 0,453592 кг
1 англ. тонна (длинная) = 1016,0475 кг
1 амер. тонна (короткая) = 907,185 кг
1 галлон имперский = 4,546 л
1 галлон американский = 3,785 л
1 куб. фут /дл. тонну = 0,027869 м³/т

1 см = 0,3937 дюйма
1 м = 3,281 фута
1 м = 1,094 ярда
1 м³ = 35,314 куб. фута
1 кг = 2,2046 фунта
1 метр. тонна = 0,98421 дл. тонны
1 метр. тонна = 1,1023 ам. тонны
1 л = 0,22 имп. галлона
1 л = 0,2642 ам. галлона
1 м³/т = 35,882 куб. фута/дл. тонну

§ 2.2. Плотность жидкого груза

Плотностью (ρ) называется масса вещества в единице объема. За единицу плотности принят килограмм на кубический метр (кг/м³). В эксплуатационной практике часто используют единицу тонна на кубометр (т/м³).

Плотность жидкости ρ определяется в соответствии с ГОСТами (для нефтегрузов — ГОСТ 3900—47) при помощи ареометров (денсиметров), гидростатических весов или пикнометра. Плотность жидкости зависит от температуры, поэтому к обозначению плотности вверху добавляется числовой индекс, указывающий температуру, при которой плотность определялась, например ρ^{12}. В целях стандартизации товаров и получения сравнимых величин плотность жидких грузов приводят к стандартной, т. е. соответствующей плотности при стандартной температуре 20° С (ρ^{20}).

Пересчет плотности нефтепродуктов при изменении температуры производится по формуле

$$\rho^i = \rho^t + \Delta\,(t - i), \qquad (1)$$

где Δ — средняя температурная поправка, кг/м³·град;
t — температура, при которой плотность нефтепродукта известна, ° С;
i — температура, для которой плотность вычисляется, °С.

Относительной плотностью называется отношение массы вещества в определенном объеме к массе стандартного вещества в том же объеме (или отношение плотности данного вещества при определенных условиях к плотности стандартного вещества), т. е.

$$d = \frac{\rho_{\text{вещ}}}{\rho_{\text{ст}}}. \qquad (2)$$

В нижней части обозначения относительной плотности ставится индекс, обозначающий температуру стандартного вещества, например d_4. В качестве стандартного вещества для жидкостей обычно принимается вода, а для газов — воздух.

В практике нефтеперевозок относительную плотность нефтепродукта называют «удельным весом», что неправильно. Для определения количества (массы) груза необходимо знать плотность нефтепродукта, а для определения плотности значение относительной плотности (удельного веса) нужно умножить на величину стандартной плотности воды:

$$\rho^t = d^t \rho_{ст}. \tag{3}$$

В СССР стандартной является плотность воды при температуре 4 °С, равная 1000 кг/м³, поэтому относительная плотность (удельный вес) нефтепродукта численно равна истинной плотности $d_4^t = \rho^t$, т. е. не требует пересчетов по формуле (3).

Иногда приходится встречаться с удельным весом жидкости, отнесенным к плотности воды при температуре 15 ° С, 20 ° С, 60 ° F, т. е. d_{15}, d_{20} и d_{60}. Пересчет значения удельного веса в плотность в этом случае осуществляется по формулам:

$$\rho^{20} = d_4^{20} = 1{,}00564 d_{15}^{15} - 0{,}00908;$$
$$\rho^{20} = d_4^{20} = 0{,}99823 d_{20}^{20}. \tag{4}$$

В Англии стандартным считается удельный вес при 60 ° F (15,6 ° С), который пересчитывается в плотность по формуле

$$\rho^{20} = 1{,}00477 d_{60}^{60} - 0{,}00799. \tag{5}$$

В США принята шкала API. Перевод удельного веса по шкале API в ρ^{20} производится по формуле

$$\rho^{20} = \frac{142{,}175}{API + 131{,}5} - 0{,}00799. \tag{6}$$

Зная плотность жидкости при заданной температуре, легко определить объем определенной массы вещества или наоборот определить, например, массу нефтепродукта Q по его объему V:

$$Q = V^t \rho^t \text{ или } Q = V^t d_4^t. \tag{7}$$

Плотность твердых тел определяется гидростатическим взвешиванием или при помощи пикнометра. В эксплуатационной практике плотность твердых веществ используется редко и является лишь вспомогательной величиной, необходимой при расчете коэффициента проницаемости груза, т. е. свободного объема в грузе, который может быть заполнен водой при аварийном затоплении отсека.

§ 2.3. Плотность и насыпная масса навалочного и насыпного груза

В эксплуатационной практике плотность насыпных и навалочных грузов характеризуется величинами «удельный вес», «объемный вес» и «насыпной вес», которые в соответствии с ГОСТ 9867—61 не должны употребляться.

Насыпные и навалочные грузы представляют собой массу частиц различной величины и формы. Между этими частицами имеется сво-

бодное пространство или «скважины». Внутри самой частицы груза также имеются свободные пространства — поры и капилляры. Следовательно, объем насыпного груза в естественном состоянии зависит от величины этих свободных пространств, и можно различить несколько определений плотности насыпного или навалочного груза.

Плотность частиц груза, или *объемная масса* (часто называемая удельным весом), представляет собой отношение массы q частицы груза к ее объему V_0:

$$d_0 = \frac{q}{V_0}. \tag{8}$$

Назовем *пористостью* отношение объема пор и капилляров к объему частицы груза:

$$П = \frac{V_0 - V_{вещ}}{V_0}. \tag{9}$$

Тогда объемная масса может быть определена по известной плотности вещества (обычно постоянная величина) и значению пористости:

$$d_0 = \rho\,(1 - П). \tag{10}$$

Пористость определяет, какое количество влаги может впитать груз, если его смачивать, и является одним из факторов, способствующих слеживаемости и смерзаемости навалочных грузов.

Скважистостью называется отношение объема свободных пространств между частицами груза к объему груза:

$$C = \frac{V - V_0}{V}. \tag{11}$$

Скважистость в определенной мере характеризует воздухопроницаемость груза и является составляющей величиной при определении коэффициента проницаемости груза. Еще большее влияние скважистость оказывает на насыпную плотность груза.

Насыпной массой груза (или плотностью груза) называется масса насыпного или навалочного груза в единице его объема:

$$d = \frac{Q}{V}. \tag{12}$$

Плотность насыпного или навалочного груза зависит от плотности вещества, пористости и скважистости, что видно из следующих уравнений:

$$\begin{gathered} d = d_0\,[1 - C); \\ d = (1 - П)(1 - C)\rho. \end{gathered} \tag{13}$$

Скважистость и, следовательно, плотность груза зависят от формы, размеров и взаимного расположения частиц. Для сравнительной оценки и выполнения различных расчетов определяют так называемую стандартную плотность груза путем определения массы груза в мерном сосуде с внутренними размерами $1000 \times 1000 \times 1000$ мм. Груз засыпают в ящик осторожно. Горку над ящиком снимают рейкой. Утрам-

бовывать и встряхивать груз в ящике нельзя. Опыт повторяют не менее трех раз и выводят среднее. Для грузов с малыми размерами частиц (5÷50 мм) можно использовать алюминиевые цилиндрические баки и другие сосуды емкостью 50—100 л. Линейный размер ящика всегда должен быть больше размера частицы груза не менее чем в 10 раз. Плотность рассчитывается по формуле (12).

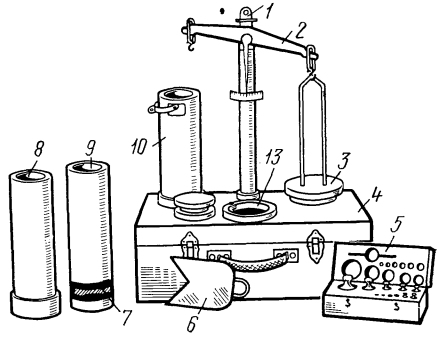


Рис. 2. Пурка литровая:
1 — подвеска; *2* — коромысло весов; *3* — чашка для гирь; *4* — укладочный ящик; *5* — гири; *6* — нож; *7* — воронка с затвором; *8* — наполнитель; *9* — цилиндр с воронкой; *10* — мерный цилиндр

Стандартная плотность зерновых грузов (натурный вес) определяется при помощи специального весового устройства — пурки (рис. 2). Наибольшее распространение имеют пурки литровые и двадцатилитровые (в морских портах). В пурках можно определить стандартную плотность пылевидных и порошкообразных грузов с размерами частиц до 5—6 мм.

Плотность насыпного и навалочного груза зависит от его свойств, влажности, способа формирования штабеля, сроков и условий хранения и перевозки груза. Изменение влажности приводит к изменению плотности груза.

Для набухающих капиллярно-пористых тел изменение насыпной массы от изменения влажности характеризуется следующей зависимостью:

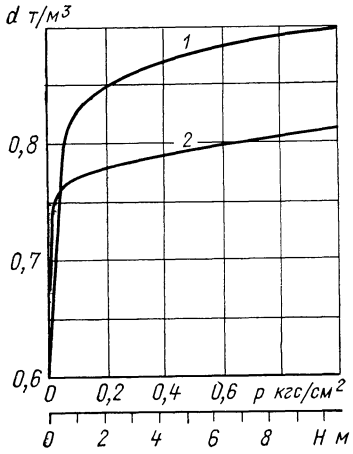


Рис. 3. Изменение плотности сахара-сырца от статической нагрузки:
1 — при влажности 0,4%; *2* — при влажности 0,2%

$$d_к = d_н \frac{100 + w_к}{100 + w_н}, \qquad (14)$$

где w — влажность груза на сухую массу, %;

н, к — индексы, относящиеся к начальному и конечному состояниям.

Отношение фактической насыпной массы $d_ф$ к стандартной $d_{ст}$ характеризуется коэффициентом уплотнения

$$\nu = \frac{d_ф}{d_{ст}}. \qquad (15)$$

Коэффициент уплотнения насыпного груза ν можно определить по формуле

$$\nu = \nu_0 + \delta p + \eta, \qquad (16)$$

где ν_0 — коэффициент начального уплотнения;
δ — коэффициент уплотнения от статической нагрузки;
p — нагрузка на слой, т/м^2;
η — коэффициент уплотнения от вибрации.

По данным ряда исследователей плотность засыпки зерна в силосы «косой струей» на 4% выше стандартной, «дождем» — на 10%. Загрузка трюмов зерном обычно производится пневматическими перегружателями «косой струей», поэтому можно принимать для судовых условий коэффициент уплотнения зерна $\nu = 1{,}04$. Характер изменения плотности насыпного груза на примере сахара-сырца (по данным В. Е. Стецюка) показан на рис. 3.

Как указывает проф. Н. Е. Пестов, плотность удобрительных веществ на глубине штабеля 10—12 м выше, чем у поверхности, на 4—33%. Коэффициент статического уплотнения на основании этих данных можно определить для азотсодержащих удобрений $\delta = 0{,}004 \div 0{,}021$; суперфосфатов $\delta = 0{,}002 \div 0{,}014$; калийных удобрений $\delta = 0{,}006 \div 0{,}016$; многосторонних удобрений $\delta = 0{,}004 \div 0{,}032$.

Средняя плотность груза в штабеле, имеющем форму обелиска, определяется по формуле

$$d_{ср} = d_f + (d_F - d_f)\left[\frac{1}{3} + \frac{1}{2\left(1 + \frac{F}{f} + \sqrt{\frac{F}{f}}\right)}\right], \qquad (17)$$

где d_F, d_f — плотность у подошвы и у поверхности штабеля соответственно;
F, f — площадь нижнего и верхнего оснований штабеля.

Коэффициентом проницаемости груза называется отношение объема воды, которая может проникнуть в груз при затоплении отсека, к объему самого груза. В первом приближении коэффициент проницаемости может быть определен по формуле

$$x = 1 - \frac{d}{\rho}. \qquad (18)$$

Удельным объемом навалочного и насыпного груза u называется объем 1 т груза в естественном состоянии. Удельный объем навалочного и насыпного груза равен обратной величине насыпной массы груза. Удельный объем каменных углей колеблется в пределах 0,8—1,1 м^3/т. Руды и другие полезные ископаемые имеют очень малый удельный объем, в пределах 0,2—1,2 м^3/т. Зерновые грузы в зависимости от удельного объема разделяются на «тяжелые» — пшеница, рожь, ячмень, рис, горох, кукуруза в зерне (1,13÷1,54 м^3/т) и «легкие» — овес, подсолнух, арахис, конопляное и льняное семя (1,5÷3,7 м^3/т).

§ 2.4. Удельный объем и удельный погрузочный объем груза

Отдельное грузовое место характеризуется следующими размерениями: длина l, ширина b, высота h, объем v, масса брутто q. В эксплуатационных расчетах всегда принимаются габаритные размеры грузо-

вого места, а объем места представляет собой объем описанного параллелепипеда.

Удельным объемом груза (м³/т) называется объем единицы массы груза, он определяется как отношение суммарного объема грузовых мест к суммарной массе брутто грузовых мест:

$$u_{\text{м}} = \frac{\Sigma v}{\Sigma q}. \tag{19}$$

Для груза, состоящего из грузовых мест одинаковых размеров и с одинаковой массой, можно определить удельный объем как отношение габаритного объема места к массе брутто.

Габаритный объем места $v_{\text{м}}$ определяется как произведение его максимальных геометрических размеров — длины l, ширины b, высоты h — с учетом всех выступающих частей — планок, накладок и т. п. Фактический объем места удобно определить при помощи коэффициента формы $k_{\text{ф}}$ по формуле

$$v_{\text{ф}} = k_{\text{ф}} v_{\text{м}}, \tag{20}$$

где для:

кипового и мешкового груза $k_{\text{ф}} = 0{,}88 \div 0{,}98$;

груза цилиндрической формы $k_{\text{ф}} = 0{,}785$;

круговой бочки

(клепка имеет вид дуги окружности) $k_{\text{ф}} = 0{,}2618\left[2 + \left(\frac{d}{D}\right)^2\right]$;

параболической бочки

(клепка имеет вид параболы) $k_{\text{ф}} = 0{,}05236\left[8 + 4\frac{d}{D} + 3\left(\frac{d}{D}\right)^2\right]$,

D, d — диаметры бочки максимальный и у доньев соответственно.

При укладке груза в штабель объем штабеля будет превышать сумму объемов мест, так как между местами груза неизбежно остаются свободные пространства. Учесть это приращение объема можно путем введения *коэффициента укладки* $K_{\text{ук}}$, которым называется отношение объема штабеля к сумме габаритных объемов мест груза:

$$K_{\text{ук}} = \frac{V}{\Sigma v}. \tag{21}$$

Удельный объем штабеля определится:

$$u = \frac{V}{Q} = K_{\text{ук}} u_{\text{м}}, \tag{22}$$

где Q — масса груза в штабеле, т.

Коэффициент укладки зависит от величины ящиков и кип и при складировании принимается равным $K_{\text{ук}} = 1{,}1 \div 1{,}3$. Коэффициент укладки зависит от формы и размеров мест, от способа и плотности укладки груза. Для грузов прямоугольной формы и катно-бочковых,

уложенных ровными рядами, коэффициент укладки равен произведению линейных коэффициентов укладки:

$$K_{\text{ук}} = K_i K_\beta K_\sigma. \tag{23}$$

Линейным коэффициентом укладки называется отношение линейного размера штабеля к соответствующей сумме размеров мест. Он зависит от отношения линейного размера свободного пространства между местами к соответствующему размеру места:

$$K_i = \frac{L}{\Sigma l} = 1 + \frac{i}{l}; \tag{24}$$

$$K_\beta = \frac{B}{\Sigma b} = 1 + \frac{\beta}{b}; \tag{24а}$$

$$K_\sigma = \frac{H}{\Sigma h} = 1 + \frac{\sigma}{h}, \tag{24б}$$

где i, β, σ — размеры свободного пространства между местами по длине, ширине и высоте соответственно, м;

l, b, h — длина, ширина, высота места, м;

L, B, H — длина, ширина, высота штабеля, м.

Коэффициент укладки может быть вычислен с достаточной точностью по формуле

$$K_{\text{ук}} = 1 + \frac{i}{l} + \frac{\beta}{b} + \frac{\sigma}{h}. \tag{25}$$

Для катно-бочковых грузов, уложенных тройником или пятериком, и ящиков, уложенных со смещением на ширину планки (см. гл. 20), коэффициент укладки может оказаться меньше единицы, так как высота штабеля в этом случае меньше суммы высот грузовых мест.

При укладке мелкоштучных грузов на поддоны потери полезной кубатуры грузовых помещений возрастают. По исследованиям П. Р. Дубинского, при пакетировании грузов их объем возрастает за счет неплотности укладки отдельных мест в пакете от 1 до 11%, за счет поддона — от 13 до 40, за счет зазоров между пакетами — от 14 до 16%. Удельный объем пакетированного груза больше удельного объема того же груза при обычной укладке в 1,4—1,6 раза. Коэффициент укладки пакетированного груза с увеличением высоты пакета уменьшается (рис. 4).

Удельным погрузочным объемом u ($м^3/т$) называется объем, который занимает 1 т груза в трюме судна в среднем:

$$u = \frac{W}{Q}, \tag{26}$$

где W — объем (грузовместимость) трюма, занятый грузом, масса которого равна Q.

Удельный погрузочный объем является одной из важнейших характеристик груза, необходимой для различных эксплуатационных расчетов, проектирования судна и транспортного процесса.

В большинстве случаев в справочниках и литературе приводится удельный объем места груза либо ориентировочный удельный погру-

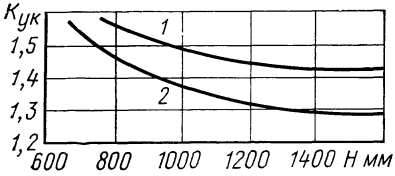


Рис. 4. Зависимость коэффициента укладки пакетированного груза от высоты пакета поддон 1600×1200×180 мм):

1 — неплотная укладка ящичных грузов либо неполное использование площади поддона; *2* — плотная укладка мешковых грузов

зочный объем без дифференциации внутри категорий грузов и по типам грузовых помещений.

Как следует из формулы (26), в величину удельного погрузочного объема включается не только объем самого груза, но и пустоты, образующиеся между местами в результате неплотной укладки, и пустоты между грузом и набором корпуса судна, возникающие от искривлений набора корпуса. Таким образом, удельный погрузочный объем есть не только характеристика груза, но и характеристика грузового помещения. Более того, удельный погрузочный объем изменяется в зависимости от квалификации и других характеристик бригады грузчиков и стивидора, от применяемой трюмной механизации, что выражается в различной плотности укладки грузов.

Приращение удельного объема груза при размещении его в трюме судна характеризуется коэффициентом трюмной укладки $K_{тр}$, который представляет собой отношение грузовместимости трюма к суммарному объему грузовых мест, уложенных в трюме,

$$K_{тр} = \frac{W}{\Sigma v} . \tag{27}$$

Коэффициент трюмной укладки зависит от формы и размеров грузовых мест, кратности размеров грузовых мест и грузовых помещений, формы, размеров и конфигурации грузовых помещений судна, плотности укладки груза.

Трюмный коэффициент укладки для мешковых и мелких киповых грузов невелик и практически не зависит от типа грузового помещения. Трюмный коэффициент укладки растет с увеличением габаритов места, его значение увеличивается для кормовых и концевых трюмов, где имеется наибольшее число выступающих частей корпуса и неровности обводов грузовых помещений.

Зная коэффициент трюмной укладки конкретного груза в конкретном грузовом помещении, легко определить удельный погрузочный объем груза:

$$u_{ij} = u_{мi} K_{ij}. \tag{28}$$

П. Я. Панарин предложил аналитический метод расчета коэффициента трюмной укладки, основанный на определении так называемой чистой грузовместимости трюма (эквивалентна суммарному объему грузовых мест Σv).

В общем виде чистая грузовместимость трюма может быть определена из выражения

$$W_{\text{ч}} = \Sigma v = lbh \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} E\left(\frac{B_{ij}}{b}\right), \tag{29}$$

где $m = E\left(\frac{L}{l}\right)$ — число целых отрезков по длине трюма L, равных длине грузового места l (число мест по длине трюма);

$n = E\left(\frac{H_i}{h}\right)$ — число целых отрезков по высоте i-го поперечного сечения H_i, равных высоте грузового места h (число мест по высоте трюма);

$E\left(\frac{B_{ij}}{b}\right)$ — число целых отрезков j-го сечения по высоте на i-м поперечном сечении, равных ширине грузового места (число мест по ширине);

B_{ij} — ордината ширины j-го сечения по высоте на i-м поперечном сечении.

Чистую грузовместимость трюма (твиндека) можно определить из выражения

$$W_{\text{ч}} = (L - \Delta L)(B_{\text{ср}} - \Delta B)(H_{\text{ср}} - \Delta H) - \Sigma \Delta W_{\text{к.э}}, \tag{30}$$

где L — длина грузового помещения;

$B_{\text{ср}}$, $H_{\text{ср}}$ — средняя ширина и средняя высота, которые равны:

$$B_{\text{ср}} = \frac{W}{LH_{\text{ср}}};$$

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2}, \tag{31}$$

$H_{\max}$, $H_{\min}$ — наибольшая и наименьшая высота помещения;

ΔL; ΔB, ΔH — недоиспользованные части длины, ширины и высоты помещения;

$\Sigma \Delta W_{\text{к.э}}$ — суммарные потери грузовместимости от наличия выступающих конструктивных элементов.

В грузовом помещении, имеющем прямоугольную форму и не имеющем выступающих частей (рис. 5, *а*), потери грузовместимости возникнут только в результате некратности размеров грузовых мест размерам грузового помещения. Величины недоиспользованных L, B, H составляют: $\Delta L < l$; $\Delta B < b$; $\Delta H < h$ и могут быть, как это показал П. Я. Панарин, приняты равными: $\Delta L = \frac{l}{2}$, $\Delta B = \frac{b}{2}$, $\Delta H = \frac{h}{2}$. Учитывая, что грузовые места в целях лучшего использования грузовместимости могут быть уложены и поперек трюма, можно принимать $\Delta L = \frac{b}{2}$.

Найдем значение ΔB для трюма, имеющего продольную и вертикальную остроту. Назовем отношение приращения ширины к длине помещения коэффициентом продольной остроты:

$$k_{\text{п}} = \frac{B_{\text{к}}^{\text{ср}} - B_{\text{н}}^{\text{ср}}}{L}, \tag{32}$$

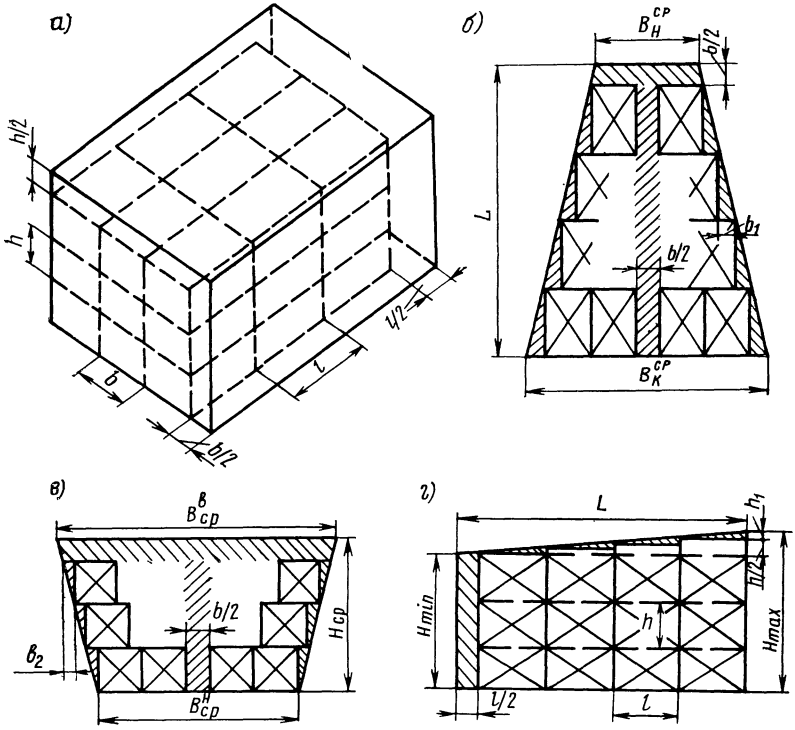


Рис. 5. Схемы неиспользованного объема трюма

где $B_к^{ср}$, $B_н^{ср}$ — средняя ширина грузового помещения в наибольшем и наименьшем поперечных сечениях.

Из рис. 5, *б* следует:

$$\frac{b_1}{l} = \frac{B_к^{ср} - B_н^{ср}}{2L}.$$

Легко показать, что b_1 есть средняя величина недоиспользования ширины от наличия продольной остроты помещения и равна

$$b_1 = \frac{1}{2} l k_п. \tag{33}$$

Аналогичным путем можно показать на основе рис. 5, *в*, что недоиспользование ширины от наличия вертикальной остроты составит

$$b_2 = \frac{1}{2} h k_в. \tag{34}$$

Коэффициент вертикальной остроты $k_в$ равен

$$k_в = \frac{B_{ср}^в - B_{ср}^н}{H_{ср}}, \tag{35}$$

где $B^{в}_{ср}$, $B^{н}_{ср}$ — средняя ширина грузового помещения в верхнем и нижнем горизонтальных помещениях.

Суммарная величина недоиспользования ширины от некратности размеров, наличия продольной и вертикальной остроты определится по формуле

$$\Delta B = \frac{1}{2}(b + lk_{п} + hk_{в}). \tag{36}$$

Аналогичным образом (рис. 5, *г*) можно получить величину недоиспользования высоты помещения от некратности размеров и наличия седловатости:

$$\Delta H = \frac{B^{в}_{ср}}{2B_{ср}}(h + lk_{с}). \tag{37}$$

Коэффициент седловатости равен

$$k_{с} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}. \tag{38}$$

Потери грузовместимости от влияния конструктивных элементов определяются по формулам для:

пиллерсов $\Delta V_{пл} = \frac{1}{2} lbH_{п}n_{п}$;

переборки $\Delta V_{п.п} = \frac{1}{2} bF_{п.п}$;

скуловых и бимсовых книц $\Delta V_{кн} = hb_{кн}L$;

усиленных элементов набора (рамные шпангоуты, бортовые стрингеры, усиленные бимсы, карлингсы и т. п.) $\Delta V_{у.э} = \frac{1}{2} lbL_{у.э}$,

где $H_{п}$ — высота пиллерсов;

$n_{п}$ — количество пиллерсов;

$F_{п.п}$ — площадь продольной переборки;

$b_{кн}$ — горизонтальный размер кницы;

$L_{у.э}$ — длина усиленного элемента набора.

При расчете чистой грузовместимости трюмов для катно-бочковых грузов при прямой горизонтальной укладке и для мешковых грузов, трудно меняющих свою форму, вместо коэффициента вертикальной остроты $k_{в}$ следует использовать коэффициент, вычисленный по формуле

$$k_{б} = \frac{\sqrt{(B^{в}_{ср} - B^{н}_{ср})^2 + 4H^2_{ср}}}{H_{ср}} - 2. \tag{39}$$

Для мешковых грузов, форма которых меняется легко, коэффициенты $k_{п}$, $k_{в}$ и $k_{с}$ равны нулю.

Коэффициент трюмной укладки для конкретного размера грузового места в конкретном грузовом помещении вычисляется по формуле

$$K_{тр} = \frac{W}{W_{ч}} K_{ук} K_{сеп}, \tag{40}$$

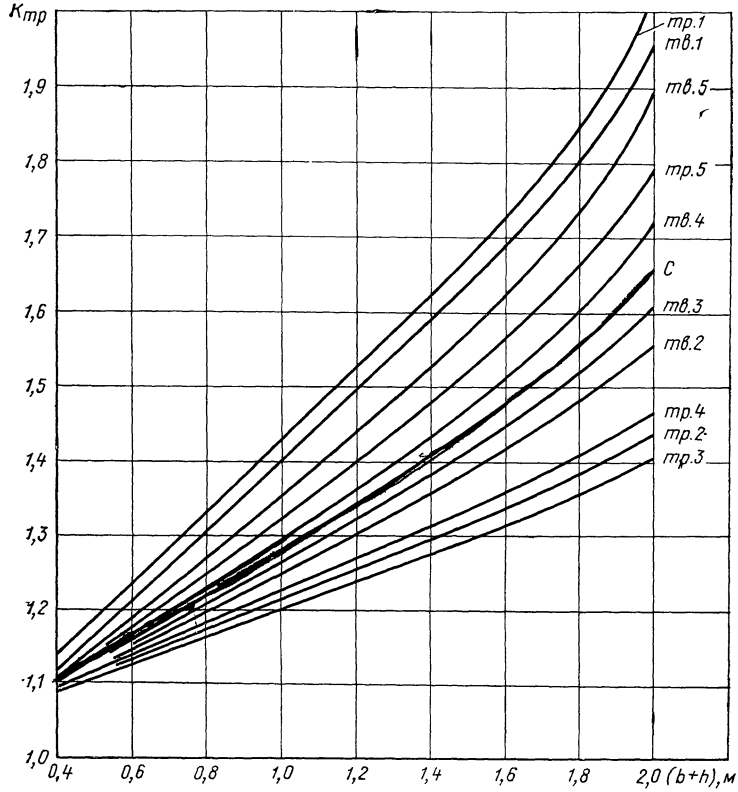


Рис. 6. График коэффициентов трюмной укладки

где $K_{\text{ук}}$ — коэффициент укладки, учитывающий потери кубатуры от наличия зазоров между грузовыми местами; принимается равным: для ящичных грузов — 1,08, катно-бочковых — 1,06, мешковых — 1,04;

$K_{\text{сеп}}$ — коэффициент, учитывающий потерю грузовместимости от наличия сепарации; обычно равен 1,02.

Если при расчете $W_{\text{ч}}$ учитывать зазоры между грузовыми местами, то $K_{\text{ук}}$ можно опустить.

В практической обстановке вычислять коэффициенты трюмной кладки затруднительно. Поскольку $K_{\text{тр}}$ зависит от размеров грузового места и параметров конкретного грузового помещения, целесообразно эти величины вычислять заранее и оформлять результаты в виде графиков коэффициентов трюмной укладки (рис. 6). Входным элементом для определения $K_{\text{тр}}$ при помощи графика является сумма размеров грузового места (ширина плюс высота).

Ниже приводится программа расчета коэффициентов трюмной укладки на ЭЦВМ «Проминь» для разных грузов (до 20 типоразмеров)

в одном грузовом помещении по формуле (40) без учета величины $K_{\text{сеп}}$. Чистая грузовместимость рассчитывается по формуле

$$W_{\text{ч}} = \left(L - \frac{l}{2}\right)\left(B_{\text{ср}} - \frac{b_i + l_i k_{\text{п}} + h_i k_{\text{в}}}{2}\right)\left(H_{\text{ср}} - \frac{B^{\text{в}}_{\text{ср}}(h_i + l_i k_{\text{с}})}{2B_{\text{ср}}}\right) - \\ - \frac{l_i M + F_{\text{п.п}}}{2} b_i - h_i b_{\text{кн}} L, \qquad (41)$$

$$i = 1, 2, 3, \ldots, m \leqslant 20,$$

где $M = H_{\text{п}} n_{\text{п}} + L_{\text{у.э}}$ — суммарная протяженность усиленных элементов набора (пиллерсов, рамных шпангоутов, карлингсов и т. д.).

Программа расчета $K_{\text{тр}}$ на ЭЦВМ «Проминь» для 20 грузов в одном грузовом помещении

20А →	04	
40А →	05	
$(m+20)$ А →	06	
60А →	07	
L →	08	
$B_{\text{ср}}$ →	09	
$B^{\text{в}}_{\text{ср}}$ →	10	
$H_{\text{ср}}$ →	11	
W →	12	
$k_{\text{п}}$ →	13	
$k_{\text{в}}$ →	14	
$k_{\text{с}}$ →	15	
M →	16	
$b_{\text{кн}}$ →	17	
$K_{\text{ук}}$ →	18	
$F_{\text{п.п}}$ →	19	
l_i →	20÷39	
b_i →	40÷59	
h_i →	60÷79	

00	чт II	04
01	ум	13
02	зп	01
03	чт II	07
04	ум	14
05	сл	01
06	зп	01
07	чт II	05
08	сл	01
09	ум	88
10	выч II	09
11	зп	01
12	чт II	04
13	ум	15
14	зп	02
15	чт II	07
16	сл	02
17	ум	10
18	дел	09
19	ум	88
20	выч II	11
21	ум	01
22	зп	02
23	чт II	04 (или 05)
24	ум	88
25	выч II	08
26	ум	02
27	зп	02
28	чт II	04
29	ум	16
30	сл	19
31	ум	88
32	зп	03
33	чт II	05
34	ум	03
35	выч II	02
36	зп	02
37	чт II	07
38	ум	08
39	ум	17
40	выч II	02
41	зп	03
42	чт	12
43	дел	03
44	ум	18
45	ост	01
46	чт	07
47	сл Ф	90
48	зп	07
49	чт	05
50	сл Ф	90
51	зп	05
52	чт	04
53	сл Ф	90
54	зп	04
55	выч Ф	06
56	уп I	00
57	ост	00

Величиной удельного погрузочного объема следует пользоваться при расчете количества груза в трюме только при условии, что линейные размеры грузового места не превышают одной десятой линейных размеров трюма. В противном случае неизбежна большая (50—100%) ошибка.

Глава 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГРУЗОВ

§ 3.1. Способы определения количества груза

Массу груза проверяют в случаях и порядке, предусмотренных правилами и инструкциями. Массу груза можно определить взвешиванием, подсчетом общей массы по указанной на каждом месте массе, по стандартной массе грузовых мест, по обмеру, по осадке судна и условно. Перечень грузов, масса которых может определяться расчетным путем, по обмеру или условно, устанавливается распоряжениями и правилами, издаваемыми Министерством морского флота СССР. Обычно перевеске не подлежат грузы, упакованные в стандартную тару, при условии целостности тары. Если тара нарушена, перевеске подлежат только поврежденные грузовые места.

При пользовании весами необходимо проверить: право пользования весами и гирями, правильность установки, тару, чувствительность, точность и постоянство показания весов. Право пользования весами и гирями проверяют по наличию на них клейма, указывающего год проверки. Клеймо, которое ставится организациями Управления по делам мер и измерительных приборов, считается действительным в течение двух лет. Весы нужно устанавливать на прочном основании, в месте, удобном для работы. Горизонтальное положение весов определяют и регулируют по отвесу.

Перед взвешиванием и во время работы следует возможно чаще проверять *тару весов*. Для этого с весов снимают весь груз и гири, а передвижную гирю ставят в нулевое положение. Затем вращением регулировочной шайбы добиваются установки рычага весов против указателя равновесия. *Чувствительность* весов проверяют после тарировки путем перемещения подвижной гири до такого положения, при котором нарушится равновесие коромысла весов, либо установкой на грузовую площадку соответствующей гири. Отношение массы гири, которая выводит коромысло из равновесия, к грузоподъемности весов называется чувствительностью. Для врезных и передвижных весов это отношение не должно быть более 1/2000. *Точность весов* проверяет заведующий складом не реже одного раза в декаду при помощи контрольных гирь. Допускаемые неточности для товарных весов с гиредержателями: 10^{-4} — при проверке весов без нагрузки и при проверке дополнительной шкалы; $5 \cdot 10^{-3}$ — при проверке весов с нагрузкой; 10^{-3} — при проверке весов с максимальной нагрузкой.

Для достижения максимальной точности взвешивания на весах необходимо: загрузку весов производить только при закрытом арретире; не допускать ударов и толчков; размещать груз равномерно по всей площадке либо по центру ее; не взвешивать тяжестей, превышающих грузоподъемность весов, а также грузов, масса которых менее 10^{-2} грузоподъемности весов; следить, чтобы груз не касался колонки весов, пола и посторонних предметов; проверять массу выведением коромысла из первого состояния равновесия.

Взвешивание грузов вместе с транспортной единицей производится при передаче в порту груза с автомобильного и железнодорожного транспорта на морской и обратно. Автомашины и вагоны взвешивают до и после погрузки и выгрузки на автомобильных или железнодорожных весах. Масса груза равна разности общей массы и массы самой транспортной единицы. При этом необходимо следить за тем, чтобы масса транспортной единицы за время погрузки или выгрузки не изменялась. В автомобиле не должно быть при взвешивании никого, кроме водителя. Не допускается заправка машины между взвешиваниями, принятие или сбрасывание посторонних нагрузок (буксирных цепей, баллонов).

Взвешивание грузов в процессе грузовых операций является наиболее желательным методом определения массы груза. Простейшим весовым устройством для определения массы груза при производстве грузовых операций являются бункерные весы. Цикличность работы, требующая прекращения погрузки на некоторый промежуток времени, препятствует достижению высокой производительности прогрузочных работ при пользовании этими весами. Автоматические бункерные весы дают возможность несколько увеличить производительность работ. При перегрузке насыпного груза ленточными транспортерами применяют транспортерные весы, которые позволяют постоянно фиксировать массу груза, находящегося на раме, а также массу перегруженного транспортером груза в целом.

В настоящее время используют также крановые весы двух типов. Крановые весы без компенсации динамических нагрузок для точного взвешивания требуют остановки механизмов, что замедляет работу кранов. К этому типу относятся весы с механической или гидравлической передачей усилия к взвешивающему аппарату. Ошибка взвешивания на весах без компенсации динамических нагрузок может превышать допустимую (0,5%). Для уменьшения вероятной ошибки взвешивания необходима остановка механизмов крана на 5—10 с. Эти весы, ввиду большой погрешности, применяют только для определения суммарного количества груза (более 40 взвешиваний). К крановым весам с компенсацией динамических нагрузок, наиболее применимым для взвешивания различных грузов, относятся электрические крановые весы, датчиками которых являются тензометрические силоизмерительные элементы. Весы дают отсчет массы отдельного подъема и суммарную массу. Погрешность весов не превышает 0,5%, и они могут быть приспособлены для взвешивания как генеральных, так и навалочных грузов.

При переработке липких навалочных грузов оставшиеся на грейфере частицы груза приводят к завышению показываемой весами массы груза. Тензометрические весы соответствующей конструкции исключают эту ошибку.

При отсутствии крановых весов определяют массу груза по количеству подъемов или мест груза. Массу партии груза определяют умножением числа подъемов на массу груза в подъеме.

Емкость грейфера зависит от рода груза, его влажности, размеров кусков, характера и условий работы крановщика. Средняя масса груза

в грейферах устанавливается комиссионным порядком путем определения массы порций груза, высыпанных из грейфера на автомашину и взвешенных на автомобильных весах.

Массу подъема, составленного из стандартных мест, определяют произведением числа мест в подъеме на стандартную массу места. Общая масса партии груза равна произведению общего числа стандартных мест на массу места брутто либо произведению числа подъемов на массу груза в подъеме.

§ 3.2. Определение массы груза по осадке судна

При перевозке массовых грузов количество груза часто определяют по осадке судна. При этом необходимо учитывать ряд факторов и особенностей этого метода, который является приближенным, так как возможны большие погрешности в определении осадки, учете различных посторонних нагрузок и т. п. В принципе необходимо знать водоизмещение судна до и после погрузки (выгрузки), а также количество различных хозяйственных и прочих грузов, израсходованных или принятых судном за время грузовых операций. Искомая масса груза Q равна

$$Q = (D_к - \Sigma q_к) - (D_н - \Sigma q_н), \qquad (42)$$

где $D_к$ — водоизмещение по окончании грузовых операций, т;
$D_н$ — водоизмещение до начала грузовых операций, т;
$\Sigma q_н$; $\Sigma q_к$ — сумма переменных хозяйственных нагрузок судна (судовых запасов) в начале и в конце грузовых работ соответственно, т.

Для большей точности расчетов администрация судна должна самым тщательным образом учитывать прибывающие и убывающие хозяйственные материалы и снабжение. Массу топлива, воды, снабжения и материалов определяют по судовому и машинному журналам, инвентарным и материальным судовым книгам. Массу экипажа принято исчислять из расчета 12 человек с багажом — 1 т.

Водоизмещение судна определяют при помощи грузовой шкалы, имеющейся на каждом судне. Для точного определения водоизмещения необходимо знать плотность воды в порту в момент расчета, которую определяют ареометром. Плотность забортной воды нужно определять как среднюю из трех: у поверхности воды, у днища и по середине осадки.

Водоизмещение судна определяют по формулам:

$$D = V\rho_ф; \quad D = D_т \frac{\rho_ф}{\rho_т}, \qquad (43)$$

где V — объемное водоизмещение судна по грузовой шкале, м³;
$D_т$ — водоизмещение судна по грузовой шкале, т;
$\rho_ф$ — фактическая плотность забортной воды, т/м³;
$\rho_т$ — табличная плотность воды, указанная на грузовой шкале, т/м³.

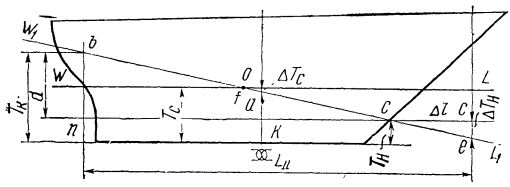


Рис. 7. Поправка осадки носом и поправка средней осадки на дифферент

Наибольшие трудности вызывает определение средней осадки судна, что связано с конструктивной формой подводной части, изгибом и дифферентом судна. При вычислении средней осадки необходимо вводить поправки на отклонение штевней от перпендикуляров, дифферент и изгиб корпуса судна.

При определении осадки судна носом фиксируется отсчет по форштевню, а не по носовому перпендикуляру, который является расчетной линией. Вследствие этого в значении осадки носом появляется ошибка (рис. 7). Из подобия треугольников *nbc* и *ecc'* поправка осадки носом определится:

$$\Delta T_{\text{н}} = \frac{d}{\dfrac{L_{\perp\perp}}{\Delta l} - 1}, \tag{44}$$

где d — дифферент судна, м;

$L_{\perp\perp}$ — длина судна между перпендикулярами, м;

Δl — отстояние шкалы углубления форштевня от носового перпендикуляра, м.

Поправка осадки носом увеличивается с ростом дифферента и уменьшением осадки носом (так как растет Δl). Величина этой поправки может достигать 5—7 см. Поправка отрицательна при дифференте на корму и положительна при дифференте на нос. В случае, если шкала углублений кормы не проходит по линии кормового перпендикуляра, такую поправку необходимо вводить и для осадки кормой.

При очень небольшом дифференте средняя осадка может быть вычислена как полусумма осадок носом и кормой. При наличии дифферента такой метод нельзя считать приемлемым. Рассмотрим схему рис. 7. Допустим, судно имело осадку на ровный киль по ватерлинии WL. При перемещении груза на судне будет новая ватерлиния W_1L_1, которая пересечется с исходной ватерлинией не в точке o на миделе, а в точке f (центр тяжести площади ватерлинии). Средняя осадка для данного водоизмещения определится величиной OK, в то время как полусумма осадок носом и кормой равна величине aK. Поправка на дифферент $\Delta T_{\text{с}} = aO$, которая имеет положительный знак, если и дифферент, и положение точки f имеют один знак (например, оба в корму), определится:

$$\Delta T_{\text{с}} = \frac{d}{L_{\perp\perp} - \Delta l} X_f, \tag{45}$$

где $X_f = Of$ — отстояние центра тяжести ватерлинии от миделя, м.

Таким образом, средняя осадка судна по штевням равна

$$T_{\text{с.ш}} = \frac{T_{\text{н}} + \Delta T_{\text{н}} + T_{\text{к}}}{2} + \Delta T_{\text{с}}, \tag{46}$$

или в развернутом виде

$$T_{\text{с.ш}} = \frac{T_{\text{н}} + T_{\text{к}}}{2} + \frac{d}{L_{\perp\perp} - \Delta l}\left(\frac{\Delta l}{2} + X_f\right). \tag{46а}$$

По вычисленной средней осадке на грузовой шкале определяется водоизмещение судна. Поправка водоизмещения на изгиб корпуса вычисляется по формуле

$$\Delta D_{\text{и}} = 80q\left(T_{\text{м}} - \frac{T_{\text{н}} + \Delta T_{\text{н}} + T_{\text{к}}}{2}\right), \tag{47}$$

где q — число тонн на один сантиметр осадки, т/см;

$T_{\text{м}}$ — средняя осадка судна по миделю, которая определяется как полусумма осадок по миделю правым и левым бортами, м.

Метод учета изгиба корпуса и дифферента судна, который обычно применяют в Японии, заключается в следующем. Измеряют углубление штевней и миделя с каждого борта, вычисляют среднее углубление штевней и миделя как полусумму углублений правого и левого бортов. Расчетную среднюю осадку в этом случае определяют по формуле

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{н}} + 6T_{\text{м}} + T_{\text{к}}}{8}. \tag{48}$$

Более точные результаты дает формула

$$T_{\text{ср}} = \frac{3(T_{\text{н}} + \Delta T_{\text{н}} + T_{\text{к}}) + 14T_{\text{м}}}{20}. \tag{48а}$$

Снять отсчет углублений на миделе обычным порядком почти невозможно из-за неудобства. В ряде случаев для замера осадок судна специально спускается рабочая шлюпка. Обычно углубление по миделю определяют при помощи рулетки (или лота). Можно измерить расстояние от любой точки (например, планширя) до главной грузовой ватерлинии $h_{\text{гвл}}$ и до воды $h_{\text{в}}$ и, зная осадку судна в полном грузу $T_{\text{г}}$, вычислить осадку борта у миделя:

$$T_{\text{м}} = T_{\text{г}} - h_{\text{гвл}} + h_{\text{в}}. \tag{49}$$

Однако пользование рулеткой неудобно и приводит к ошибкам, особенно если в порту имеется волнение. В. Егоров рекомендует применять для этих целей специальный прибор (рис. 8), который состоит из пустотелого цилиндра, закрытого сверху крышкой. В отверстие крышки вставляется металлическая линейка, проходящая по всей длине цилиндра. К крышке цилиндра прикрепляется эластичная лента рулетки так, чтобы нулевые отсчеты рулетки и линейки совпадали. В днище цилиндра устанавливается штуцер, к которому крепится резиновая трубка длиной не менее 2 м с грузиком. Цилиндр медленно погружают в воду примерно до середины его высоты. Приемный конец

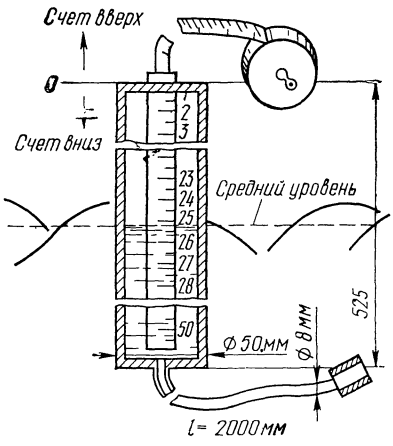


Рис. 8. Прибор для определения осадки судна

резиновой трубки погружается в воду на глубину более 2 м, что обеспечивает практически постоянное давление воды в трубке при небольшом волнении. Таким образом, уровень воды в цилиндре будет соответствовать среднему уровню воды за бортом. Сняв отсчет на ленте рулетки у какой-либо выбранной точки (кромка планширя, марка надводного борта судна), цилиндр поднимают на палубу. Из него извлекают линейку, на которой снимают отсчет уровня воды. Этот отсчет добавляют к отсчету рулетки. Для более точного опознания уровня воды линейку следует натирать мелом. На судах, перевозящих массовые грузы, для более точного определения осадки судна следует устанавливать стационарные приборы дистанционного измерения осадки носом, кормой и у миделя.

Точность определения водоизмещения судна зависит от точности определения осадки и величины судна. Практика показывает, что осадку судна визуально можно определить с точностью до 2—4 см. Ошибка в определении водоизмещения равна произведению ошибки в определении осадки на число тонн, приходящееся на единицу осадки, ΔTq и может составить 50—100 т. Ошибка в определении плотности воды может быть принята равной 0,001, тогда ошибка в определении водоизмещения составит 0,1%, т. е. практически 10—20 т для средних судов. Ошибка в зависимости от масштаба грузовой шкалы в среднем достигает 20 т. Ошибка в определении количества судовых запасов оценивается практиками в 30 т. Таким образом, суммарная ошибка по этим причинам может составить 90—150 т.

§ 3.3. Определение объема навалочного груза

Для определения объемов штабелей навалочного груза, имеющих правильную геометрическую форму, можно использовать два метода решения задач. Первый метод заключается в разложении сложных геометрических фигур на простейшие. В дальнейшем примем следующие обозначения:

R, r — радиус конуса по нижнему и верхнему основаниям, м;
D, d — диаметр конуса по нижнему и верхнему основаниям, м;
A, a — сторона квадрата основания пирамиды, ширина клина, м;
L, B, H — длина, ширина и высота штабеля соответственно, м;
l, b — длина и ширина верхнего основания штабеля, м;
α — угол естественного откоса;
S — окружность основания штабеля, м.

Индексы: к — конус, п — пирамида, пр — призма, кл — клин, об — обелиск, у — усеченный горизонтальной плоскостью, о — отсеченный вертикальной плоскостью.

Для определения объема навалочного груза в штабелях правильной геометрической формы используют известные из геометрии формулы. Считая навалочный груз по своему составу однородным, можно принять угол естественного откоса в различных частях штабеля одинаковым. Тогда формулы для определения объемов штабелей, имеющих форму конуса, пирамиды и призмы (рис. 9), примут вид, приведенный в табл. 3.

Таблица 3

Конус	Пирамида	Призма
$V_к = 0{,}00423\, S^3 \operatorname{tg}\alpha$	—	$V_{пр} = CL$
$V_к = 0{,}262\, D^2 H$	$V_п = \frac{1}{3} A^2 H$	$C = \frac{1}{2} AH$
$V_к = 0{,}131\, D^3 \operatorname{tg}\alpha$	$V_п = \frac{1}{6} A^3 \operatorname{tg}\alpha$	$C = \frac{1}{4} A^2 \operatorname{tg}\alpha$
$V_к = 1{,}047\, H^3 \operatorname{ctg}^2\alpha$	$V_п = \frac{4}{3} H^3 \operatorname{ctg}^2\alpha$	$C = H^2 \operatorname{ctg}\alpha$
$V_{к.у} = V_D - V_d$	$V_{п.у} = A_A - V_a$	$V_{пр.у} = (C - c)\, L$
$V_{к.у} = 0{,}131\, (D^3 - d^3) \operatorname{tg}\alpha$	$V_{п.у} = \frac{1}{6} (A^3 - a^3) \operatorname{tg}\alpha$	$V_{пр.у} = \frac{L}{4} (A^2 - a^2) \operatorname{tg}\alpha$

Общими для этих фигур являются соотношения:

$$D = 2H \operatorname{ctg}\alpha; \quad A = 2H \operatorname{ctg}\alpha; \quad H_у = \frac{D-a}{2} \operatorname{tg}\alpha; \quad H_у = \frac{A-a}{2} \operatorname{tg}\alpha. \qquad (50)$$

Для практических расчетов по определению объемов штабелей правильной геометрической формы — конуса, пирамиды, призмы, клина, обелиска — рекомендуется использовать номограмму, приведенную на рис. 10. Номограмма состоит из девяти логарифмических шкал, расположенных на пяти осях. Шкалы *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *7*, *9* имеют одну разрешающую прямую. Линия, проведенная через две точки на любых двух осях, дает возможность определить все остальные элементы. Шкалы *5*, *6*, *8* связаны также одной разрешающей прямой и предназначены для определения объема призмы.

Для определения объема груза в штабеле, имеющем форму конуса (см. рис. 9, *а*), необходимо измерить при помощи рулетки диаметр или окружность основания и угол естественного откоса. Затем найти эти элементы на шкалах *1* и *9* или *2* и *9* номограммы (см. рис. 10), провести через полученные точки прямую и на шкале *4* прочитать отсчет объема.

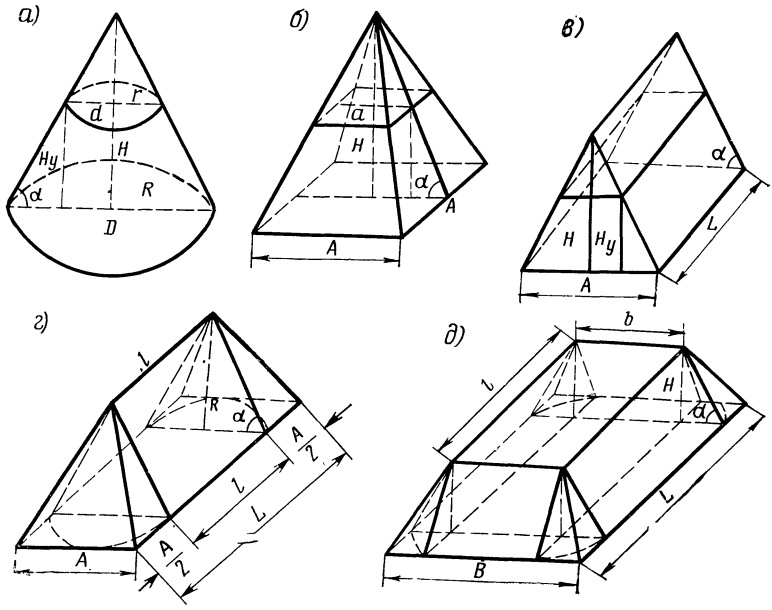


Рис. 9. Элементы штабелей навалочного груза правильной геометрической формы:
а — конус; *б* — пирамида; *в* — призма; *г* — клин; *д* — обелиск

Если величины D или S больше предельных, указанных на шкалах, то они уменьшаются в 10 раз, а результат, полученный на шкале *4*, увеличивается в 1000 раз. Попутно на номограмме можно определить недостающий элемент (H или S).

Иногда при штабелировании на причале и часто при загрузке в трюмы навалочного груза штабель ограничивается вертикальной плоскостью. Недостающая часть штабеля представляет собой фигуру, опирающуюся на сегмент конуса. Практически объем конуса с отсеченной вертикальной плоскостью частью удобно определять по формуле

$$V_{\text{но}} = (1 - \nu_{\text{сег}}) V_{\text{к}}, \qquad (51)$$

где

$$\nu_{\text{сег}} = \frac{V_{\text{сег}}}{V_{\text{к}}} = 0{,}1273a^2 \left(0{,}9428\sqrt{a} + \sqrt{2b - a^2} + 1{,}9428\sqrt{b}\right);$$

$$a = 1 - \frac{x}{R}; \qquad b = 1 - \left(\frac{x}{R}\right)^2;$$

x — расстояние от центра конуса до секущей плоскости.

Значение $\nu_{\text{сег}}$ можно определить по графику на рис. 11.

Для определения объема груза, уложенного в виде пирамиды (см. рис. 9, *б*), необходимо измерить сторону основания A и угол α и, пользуясь методикой, изложенной для конуса, определить объем пирамиды на шкале *3* номограммы (см. рис. 10).

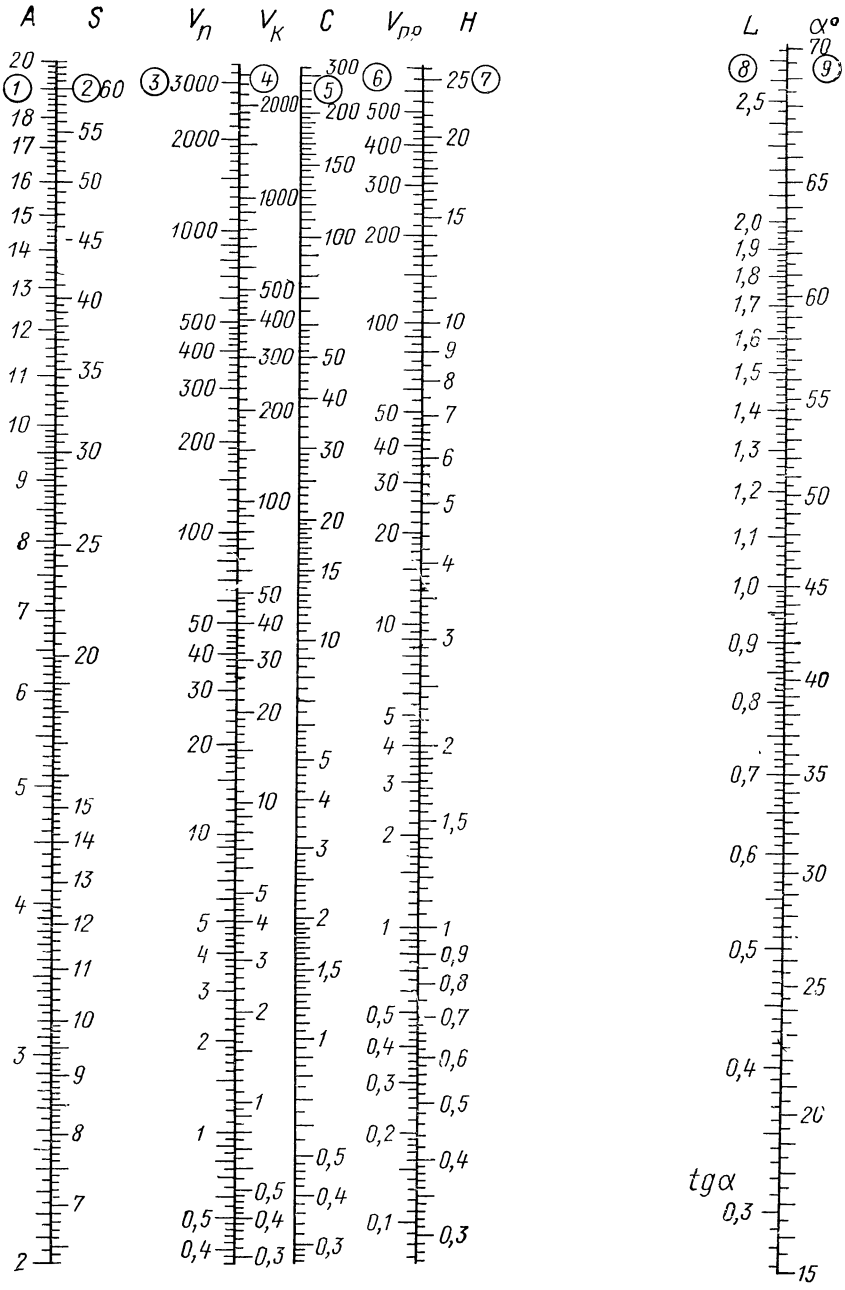


Рис. 10. Номограмма для определения объема навалочных грузов

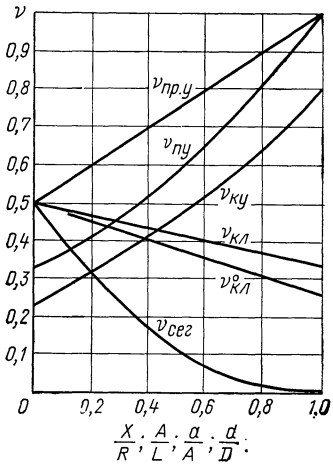


Рис. 11. Графики коэффициентов формы штабелей навалочных грузов

Для определения объема призмы (см. рис. 9, *в*) необходимо знать длину, ширину и угол отсека. На номограмме рис. 10 соединяем прямой значения A и α и на шкале *5* получаем отсчет C. Соединив этот отсчет прямой со значением L (шкала *8*), найдем значение объема призмы на шкале *6*. Если величина L больше, чем указано на шкале *8*, то эту величину уменьшаем в 10 или 100 раз, а полученное значение $V_{пр}$ соответственно увеличиваем в 10 или 100 раз.

В табл. 4 сведены формулы для определения объемов клина и обелиска по различным исходным данным.

Клин (см. рис. 9, *г*) представляет собой фигуру, опирающуюся на прямоугольное основание $L \times A$, которую можно разложить на две фигуры: треугольную призму длиной l, имеющую в сечении равнобедренный треугольник с высотой H и основанием A, и пирамиду высотой H с квадратным $(A \times A)$ основанием.

В практике углы нижнего основания клина не всегда четко выражены. Чаще можно видеть штабель с закругленным основанием. В этом случае клин можно рассматривать как фигуру, состоящую из призмы и конуса.

Таблица 4

Клин	Обелиск
Прямоугольное основание	
$V_{кл} = Cl + V_п$	$V_{об} = lbH + C(l+b) + V_п$
$V_{кл} = CL - \frac{1}{2} V_п$	$V_{об} = LBH - C(L+B) + V_п$
Закругленное основание	
$V^{o}_{кл} = Cl + V_к$	$V^{o}_{об} = lbH + C(l+b) + V_к$
$V^{o}_{кл} = CL - 0{,}91\, V_к$	$V^{o}_{об} = LBH - C(L+B) + V_к$
Общие соотношения	
$A = L - l = B - b$	$A = 2H \operatorname{ctg} \alpha$

Величины C, $V_к$ и $V_п$ определяются по известным H или A и α (см. табл. 3).

Для определения объема штабеля, уложенного в форме клина, необходимо измерить его длину L, ширину A и угол откоса α. На номограмме (рис. 10) по значениям A и α находят объем пирамиды (или конуса) и величину C, по C и L —объем призмы.

Основным свойством *обелиска* (усеченного клина) является одинаковый наклон граней к плоскости основания, который выражается углом естественного откоса груза (рис. 9, *д*). Обелиск можно рассматривать как фигуру, состоящую из трех частей, две из которых составные: прямоугольного параллелепипеда, основания которого равны верхнему основанию обелиска, а высота — высоте штабеля; призмы, состоящей из четырех боковых скосов штабеля длиной, равной полупериметру верхнего основания, и сечением $C = \frac{1}{2}AH$; пирамиды, состоящей из четырех угловых пирамид, высота которых равна высоте обелиска, стороны квадратных оснований равны полуразности соответствующих сторон верхнего и нижнего оснований обелиска, которые в сумме образуют пирамиду с квадратным основанием $A \times A$ и высотой H. В том случае, когда углы обелиска закруглены, вместо пирамиды будем иметь конус.

Объем обелиска также равен объему параллелепипеда, основание и высота которого равны нижнему основанию и высоте обелиска минус объем призмы сечением C и длиной $(L + B)$ и плюс объем пирамиды (или конуса) с высотой, равной высоте обелиска.

Для определения объема обелиска нужно знать длину и ширину нижнего и верхнего оснований и угол естественного откоса груза (либо высоту штабеля). По разности соответствующих сторон оснований определяется сторона основания пирамиды (диаметр конуса), по длине и ширине основания определяется длина призмы. Величины H, C, $V_п$ или $V_к$ определяются на номограмме (см. рис. 10) по A и α.

Объем любого усеченного штабеля, имеющего основаниями подобные параллельные многоугольники (угол откоса везде одинаков), равен сумме объемов: призмы с одинаковыми основаниями, равными верхнему основанию f и отстоящими друг от друга на расстоянии высоты H, плюс объемы прямоугольных призм, имеющих высоту H и нижнее основание $H \operatorname{ctg} \alpha$ и длину $П$, равную периметру верхнего основания и конуса с высотой H и радиусом $R = H \operatorname{ctg} \alpha$.

$$V = fH + \frac{1}{2} ПH^2 \operatorname{ctg} \alpha + 1{,}047H^3 \operatorname{ctg}^2 \alpha. \qquad (52)$$

Метод коэффициентов формы заключается в том, что объем штабелей правильной геометрической формы определяется по общей формуле

$$V = \nu LBH, \qquad (53)$$

где величина коэффициента формы ν является характерной для определенной формы штабеля и определяется по формулам:

для конуса

$$\nu_к = 0{,}2618; \quad \nu_{ку} = 0{,}2618\left[1 + \frac{d}{D} + \left(\frac{d}{D}\right)^2\right];$$

для пирамиды

$$v_{п} = \frac{1}{3}; \qquad v_{пу} = \frac{1}{3}\left[1 + \frac{a}{A} + \left(\frac{a}{A}\right)^2\right];$$

для призмы

$$v_{пр} = 0{,}5; \quad v_{пр.у} = 0{,}5\left(1 + \frac{a}{A}\right);$$

для клина

$$v_{кл} = 0{,}5 - 0{,}167\frac{A}{L}; \qquad v^0_{кл} = 0{,}5 - 0{,}2382\frac{A}{L};$$

для обелиска с прямоугольным нижним основанием

$$v_{об} = \frac{1}{6}\left[2 + \frac{b}{B} + \left(1 + 2\frac{b}{B}\right)\frac{l}{L}\right];$$

для обелиска с закругленным нижним основанием

$$v^0_{об} = 0{,}2618 + 0{,}2382\frac{b}{B} + \left(0{,}2382 + 0{,}2618\frac{b}{B}\right)\frac{l}{L}.$$

Значения коэффициентов формы для некоторых видов штабелей можно получить на графиках рис. 11.

Геометрические размеры штабелей навалочных грузов определяются при помощи рулетки длиной 10 или 20 м. Для удобства определения элементов основания штабеля рекомендуется на площадь причала или склада нанести постоянные линии параллельно и перпендикулярно основным линиям (железнодорожному пути или линии причала) складской площади. В результате получатся равные квадраты со стороной основания 5 или 10 м.

Высоту штабеля следует определять по углу естественного откоса груза и размеру основания штабеля (см. табл. 4 и 5) либо по образующей l_0, пользуясь формулами:

$$H = l_0 \sin\alpha; \tag{54}$$

$$H = \sqrt{l_0^2 - 0{,}0253S^2}. \tag{54а}$$

Высоту по углу естественного откоса α и радиусу конуса R или стороне основания пирамиды A лучше всего определять на номограмме объемов навалочных грузов (см. рис. 10).

Объем штабеля неправильной геометрической формы можно определить способом параллельных вертикальных разрезов (продолговатый штабель) или способом тахеометрической съемки (округлый штабель). Способ параллельных вертикальных разрезов (рис. 12) заключается в том, что весь штабель мысленно разбивается параллельными плоскостями на ряд блоков. Объем блока определяется как произведение полусуммы сечений F на расстояние между ними L.

Объем штабеля будет равен

$$V = \Sigma v_i = \sum_{i=0}^{m-1} \frac{F_i + F_{i+1}}{2} L_i, \tag{55}$$

где F_i — площадь поперечного сечения штабеля в i-м разрезе.

Площадь сечения F_i i-го разреза определяется как сумма площадей элементарных участков (трапеций и треугольников). Площадь элементарного участка равна произведению полусуммы высот соседних пикетов h на горизонтальное расстояние между ними a:

$$F_i = \sum_{j=0}^{n} \frac{h_j + h_{j+1}}{2} a_j. \qquad (56)$$

Точки, через которые пройдут секущие плоскости, необходимо наметить и обозначить колышками на верхнем плато (ребре) штабеля в местах, где резко меняется конфигурация профиля. Между точками измеряются расстояния при помощи рулетки. На земле, параллельно осевой линии x—x, проводятся по обе стороны от штабеля две линии (a—a и b—b), на которых откладываются опорные точки (I, II и т.д.) на расстояниях, соответствующих расстояниям между аналогичными точками на осевой линии, так, чтобы точки a—x—b лежали на одной прямой, перпендикулярной осевой линии штабеля.

Съемка сечений штабеля может быть произведена при помощи нивелира, теодолита, гидронивелира.

При работе с теодолитом прежде всего необходимо произвести разбивку пикетов (точек замеров). Лучше всего для этой цели пользоваться дальномером. При отсутствии его удобно пользоваться длинным (25÷50 м) шнуром или проволокой с навязанными на них через равные промежутки (2÷4 м) узлами.

На вершине штабеля в точке a на осевой линии забивается кол, к которому привязывается один конец разбитого на отрезки шнура. За другой конец шнур натягивается в прямую вдоль скоса штабеля

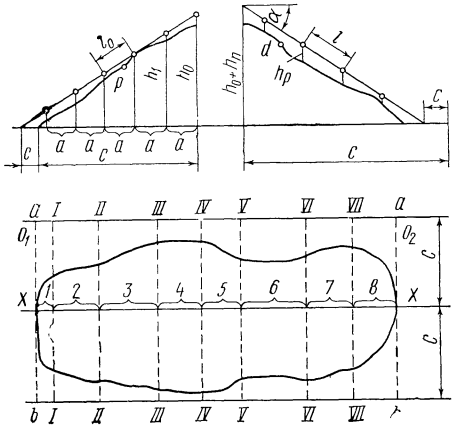


Рис. 12. Разбивка пикетажа при определении объема штабеля способом параллельных вертикальных разрезов

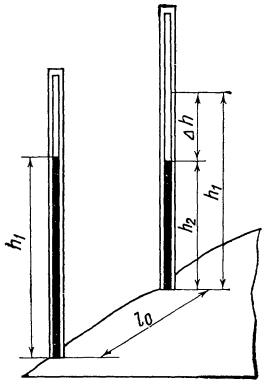


Рис. 13. Принцип работы гидронивелира

и укрепляется за колышек в земле. Вертикальная проекция узлов на поверхность штабеля даст точки пикетов. В местах, где профиль штабеля имеет резкие изменения (точки d; p), устанавливаются дополнительные пикеты. Горизонтальное расстояние между пикетами a зависит от расстояния между узлами на шнуре l_0 и угла между шнуром и горизонтом α. Величина a будет постоянной, если между узлами будет одинаковое расстояние. Горизонтальное расстояние между пикетами определится из формул

$$a = l_0 \cos \alpha; \quad a = \frac{C - c}{L} l_0, \tag{57}$$

где C — расстояние от осевой линии x—x до боковой (a—a или b—b), м;

c — расстояние от боковой линии до конца шнура на земле (вычитается, когда конец шнура ближе к штабелю, чем боковая линия, и прибавляется, когда дальше);

L — длина шнура от точки на вершине до точки на земле.

На вершине штабеля x устанавливается нивелир или теодолит, а в пикетах, последовательно, нивелирная рейка с делениями. Тогда ординаты пикетов определятся:

$$h_i = H_0 + h_п - h_р - i l_0 \sin \alpha. \tag{58}$$

где H_0 — ордината опорной точки, где стоит нивелир;

$h_п$ — высота прибора над опорной точкой;

$h_р$ — отсчет на рейке;

α — угол наклона трубы теодолита;

i — порядковый номер пикета.

Гидростатическое нивелирование производится при помощи гидронивелира (рис. 13), состоящего из двух стеклянных трубок (длиной 1,5—2 м), заключенных в металлические или деревянные футляры, на которых нанесены одинаковые шкалы. Трубки соединены между собой гибким шлангом (2÷3 м). В систему летом может быть залита подкрашенная вода, зимой — глицерин со спиртом или керосин. Жидкости в обеих трубках должно быть до середины каждой из них. При установке трубок в точки пикетов разность отсчетов уровней жидкости в трубках дает превышение одного пикета над другим. Для получения необходимой точности расчетов (ошибка в одном месте влечет за собой ошибку в ординатах всего профиля) нужно определять уровень жидкости с точностью до 1 мм, трубки устанавливать строго вертикально и не допускать смещения трубки после отсчета.

При работе с гидронивелиром при постоянной длине шланга горизонтальное расстояние между пикетами определится по формуле

$$a = \sqrt{l_0^2 - \Delta h^2}. \tag{59}$$

Так как величина l_0 постоянна, можно заранее вычислить таблицу зависимости a от Δh.

При отсутствии теодолита и гидронивелира объем штабеля можно определить пользуясь рулеткой и угломером. В этом случае штабель

также разбивается параллельными вертикальными разрезами. При помощи рулетки определяется длина образующей на участке профиля с одинаковым углом откоса, который замеряется угломером. Высоты пикетов, которые выбираются в точках наибольшего изгиба профиля, определяются последовательным сложением приращений высоты, вычисленных по формуле (54). Горизонтальные расстояния между пикетами подсчитываются по формуле (57). Расчет следует вести по схеме:

α	l_0	a_j	Δh	h_j	$\frac{h_j+h_{j+1}}{2}$	$F=\frac{h_j+h_{j+1}}{2}a_j$
						$\Sigma F=$

При съемке профиля особое внимание нужно обратить на точность определения угла естественного откоса и фиксацию точек пикетов. Рекомендуется угол измерять по туго натянутой ленте рулетки.

Описанные выше способы определения объемов штабелей навалочного груза трудоемки и не могут практически дать высокой точности определения количества груза. Большие перспективы сулит стереофотограмметрический способ съемки штабелей, который позволяет избежать непроизводительного труда в неблагоприятных условиях при замере штабелей, перенести процесс измерения в лабораторные условия и повысить точность определения объема груза. В настоящее время этот метод требует разработки и конкретизации применительно к портовым условиям, особенно в выборе фотоаппаратуры.

Процесс определения объема навалочного груза в трюме судна весьма сложен. Однако в ряде случаев необходимо определять объем груза в конкретном трюме. Для этого можно заранее составить таблицы объемов грузов для каждого трюма, пользуясь методами расчетов, приведенными в книге «Складские и стивидорные расчеты» [3].

§ 3.4. Определение количества наливного груза

Количество наливного груза на нефтебазах определяют при помощи калибровочных таблиц резервуаров и при помощи счетчиков. Уровень груза в резервуаре определяют при помощи нефтемерного стекла, рулетки или лота.

Для определения количества жидкого груза в танках судна необходимо иметь таблицы емкости танков. Объем груза находится по замерам высоты слоя груза или высоты свободного пространства над грузом. Таблицы емкости танков (калибровочные таблицы) составляются заводом—строителем судна. Если такие таблицы отсутствуют или их следует проверить, необходимо провести опытные заполнения танков пресной водой, на что для среднего танкера потребуется до пяти суток.

Таблица 5

Танк № 8 средний				Танк № 8 бортовой			
Высота уровня груза, H, м	Высота пустоты, h, м	Емкость V, м³	Количество кубических метров на 1 см Δv	Высота уровня груза, H, м	Высота пустоты h, м	Емкость V, м³	Количество кубических метров на 1 см Δv
1	2	3	4	1	2	3	4
10,815	0,197	770,1	0,72	10,504	0,430	447,1	0,49
10,8	0,212	769,0	0,72	10,4	0,534	442,2	0,49
10,6	0,412	754,6	0,72	10,2	0,734	432,4	0,49
10,4	0,612	740,3	0,72	10,0	0,934	423,5	0,49
10,2	1,012	725,9	0,72	9,8	1,134	412,7	0,49
10,0	1,212	711,6	0,72	9,6	1,334	402,8	0,49
...	...	...	...	...	...	...	...
1,0	10,012	67,9	0,72	0,6	10,334	10,3	0,28
0,8	10,212	52,0	0,65	0,5	10,434	7,5	0,24
0,6	10,412	38,9	0,70	0,4	10,534	5,1	0,18
0,4	10,612	24,9	0,69	0,3	10,634	3,3	0,18
0,2	10,812	11,1	0,69	0,2	10,734	1,5	0,16
0,1	10,912	4,2	0,42	0,1	10,834	0,9	0,09

Поскольку при дифференте судна уровень груза не параллелен основной линии, в расчеты вводят поправку на дифферент, которая для высоты пустоты определяется по формуле

$$\Delta h = \frac{l}{L_{\perp\perp}} d, \tag{60}$$

где l — отстояние замерного отверстия от центра танка по длине судна, плюс в нос, минус в корму, м;

$L_{\perp\perp}$ — длина судна между перпендикулярами, м;

d — дифферент судна, плюс в нос, минус в корму, м.

Вычисленные заранее значения поправки сводят в таблицы.

Если в груз попала вода, то объем груза определяют как разность объемов груза с водой и объема воды. Объем воды определяют по тем же таблицам. Высоту слоя груза («высота взлива» или просто «взлив») определяют при помощи специальной металлической рулетки с цилиндрическим грузом. Этой же рулеткой определяют высоту слоя воды, для чего к грузу и нижней части рулетки прикрепляют водочувствительную ленту либо ленту рулетки натирают специальной пастой или мелом. Высоту пустоты над грузом определяют металлическим штоком, который часто изготовляют на судне своими силами. При нанесении делений на шток особое внимание уделяют положению нуля шкалы, который должен соответствовать таблице емкости. Замеры уровня жидкости в танке определяют с точностью до 1 мм.

Объем жидкости в танке определяют при помощи калибровочных таблиц, пример которых приведен в табл. 5.

Зная высоту уровня груза H или высоту пустоты h в колонке 1 или 2 таблицы, находят ближайшее табличное значение $H_{тб}$ или $h_{тб}$ и оп-

ределяют для этого значения емкость танка V (колонка 3) и приращение объема на 1 см изменения высоты Δv (колонка 4).

По разности истинного и табличного значений высоты и величине Δv определяют поправку к табличному значению емкости ΔV:

$$\Delta V = (H_i - H_{\text{тб}})\Delta v;$$
$$\Delta V = (h_{\text{тб}} - h_i)\Delta v. \tag{61}$$

Объем груза в танке определяют как сумму табличного значения емкости и поправки ΔV.

Глава 4

УСЛОВИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПРИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКЕ И ХРАНЕНИИ ГРУЗОВ

§ 4.1. Свойства воздуха и их определение

В Советском Союзе действуют две температурные шкалы: термодинамическая (абсолютная) и международная практическая (стоградусная). Градус термодинамической шкалы обозначается символом К (Кельвин), а температура — буквой T. В международной практической шкале температура выражается в градусах Цельсия (°С) и обозначается символом t. В Америке и Англии широко распространены термометры со шкалой Фаренгейта (°F), у которых точка плавления льда обозначена 32°, точка кипения воды — 212°, а температура обозначается символом f. Перевод градусов одной шкалы в градусы другой шкалы производится по формуле

$$t = T - 273{,}15 = \frac{5}{9}(f - 32). \tag{62}$$

Атмосферный воздух представляет собой смесь нескольких газов и водяного пара. Согласно закону Дальтона наблюдаемое барометрическое давление атмосферного воздуха равно сумме парциальных давлений сухого воздуха $p_{\text{с.в}}$ и водяных паров $p_{\text{п}}$, т. е.

$$p = p_{\text{с.в}} + p_{\text{п}}. \tag{63}$$

При 0° С и 760 мм рт. ст. плотность сухого воздуха равна 1,293 кг/м³, а водяного пара — 0,768 кг/м³, поэтому при одинаковых условиях влажный воздух легче сухого (рис. 14).

Для характеристики влажности воздуха применяется несколько величин.

Упругость (парциальное давление) водяного пара выражается в миллиметрах ртутного столба (h мм рт. ст.), в миллибарах (e мбар) и, в соответствии с международной системой единиц СИ (ГОСТ 9867—

61), — в ньютонах на квадратный метр (e Н/м^2). Соотношение между единицами давления следующее: 1 мм рт. ст. = 133,312 Па; 1 мбар = $= 10^2$ Па, 1 даН/см^2 = 10^5 Н/м^2 = 0,1 МПа; 1 кгс/см^2 = 9,80665 $\times$ $\times 10^4$ Па = 980,665 мбар = 735,559 мм рт. ст. Максимальная упругость водяного пара E (или H) представляет собой давление водяного пара в состоянии насыщения относительно поверхности чистой воды и зависит от температуры (рис. 15). Если воздух содержит большее количество влаги, то излишняя влага находится в виде капель тумана, т. е. в жидком виде.

Абсолютной влажностью a называется масса водяного пара в 1 м^3 смеси. *Влагосодержанием* d называется отношение массы водяного пара к массе сухого воздуха. Влагосодержание обозначается через x (кг/кг), если масса пара принимается в килограммах, или через d (г/кг), если масса пара принимается в граммах ($d = 0{,}001x$).

Относительной влажностью воздуха называется отношение фактического количества водяных паров к тому максимальному количеству, которое может содержать воздух при данной температуре, находясь в состоянии насыщения, т. е.

$$\varphi = \frac{e}{E} 100\%. \qquad (64)$$

Точкой росы τ называется температура воздуха, при достижении которой находящийся в воздухе водяной пар в результате изобарического охлаждения достигает состояния насыщения (рис. 15). Это означает, что на поверхности предмета (например, груза или корпуса судна), имеющего температуру, равную или ниже точки росы, происходит конденсация влаги. Точка росы растет с увеличением абсолютной влажности воздуха (см. рис. 15).

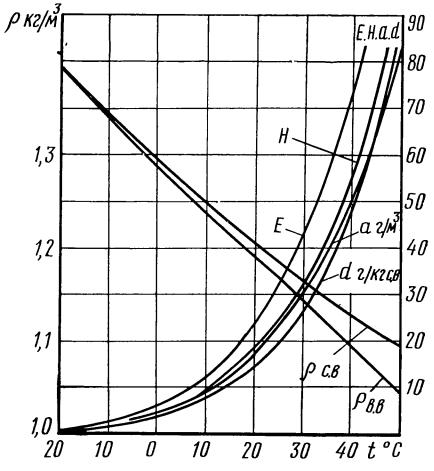


Рис. 14. Зависимость параметров воздуха, насыщенного водяными парами, от температуры

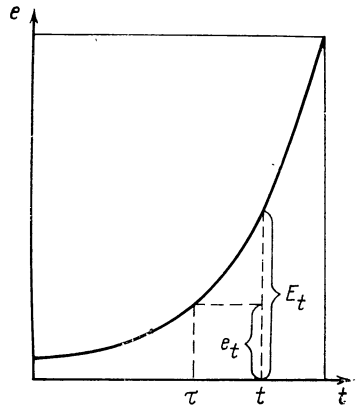


Рис. 15. Схема зависимости точки росы от влажности воздуха

Дефицитом точки росы называется разность между температурой и точкой росы воздуха:

$$\Delta = t - \tau. \tag{65}$$

Взаимосвязь параметров влажного воздуха при обычной температуре характеризуется следующими эмпирическими зависимостями:

$$\text{а)}\ \lg H = 0{,}662 + \frac{7{,}5t}{238+t}; \qquad \text{б)}\ a = \frac{217e}{T}\ \text{г/м}^3;$$

$$\text{в)}\ d = 622\frac{e}{p-e}\ \text{г/кг}; \qquad \text{г)}\ \lg\varphi = 2 - 7{,}5\left(\frac{t}{238+t} - \frac{\tau}{238+\tau}\right);$$

$$\text{д)}\ \tau = \frac{238}{\dfrac{7{,}5}{\lg h - 0{,}662} - 1}\ ^\circ\text{C};$$

$$\text{е)}\ \rho_{\text{в.в}} = \frac{353}{273+t}\left(1 - 0{,}378\frac{p_{\text{п}}}{p}\right)\ \text{кг/м}^3. \tag{66}$$

Характер зависимости параметров влажного воздуха от температуры показан на рис. 14.

В технических расчетах воздух, имеющий температуру 20° С, относительную влажность 70% при нормальном барометрическом давлении 760 мм рт. ст., принято называть *стандартной атмосферой*.

На морских судах для определения температуры и влажности воздуха служат аспирационные психрометры — наиболее точные и удобные в работе приборы. На складах используют станционные психрометры, точность показаний которых значительно ниже, чем у аспирационных психрометров, так как они не защищены от влияния теплоизлучений и движения воздуха. Влажность воздуха вычисляют при помощи психрометрических таблиц, номограмм или диаграмм влажного воздуха.

Относительная влажность воздуха может быть измерена при помощи волосного гигрометра. Гигрометры в круглой оправе (индекс МВК) более удобны в работе. Точность показаний гигрометра ±2% при влажности 98—100% и ±5% на всем остальном диапазоне влажности.

Для записи изменений температуры и относительной влажности воздуха служат термографы и гигрографы, выпускаемые в двух модификациях: суточные и недельные. Диаграммная лента термографа разделена горизонтальными линиями с ценой деления 1° и крайними значениями —35°, +45°. Лента гигрографа имеет цену деления 2% относительной влажности с диапазоном от 0 до 100%. На диаграммных лентах проведены вертикальные дугообразные линии с ценой деления 15 мин времени оборота барабана для суточного и 2 ч — для недельного прибора. Точность записи показаний термографа ±(0,5÷1,0)° С, гигрографа ±7%. В трюме приборы-самописцы устанавливают в воздушных прослойках. При необходимости установить приборы в массе груза их помещают в специальные ящики жалюзийного типа.

Для определения скорости ветра в пределах 1—20 м/с используют чашечный ручной анемометр МС-13 типа А с диапазоном измерения

от 1 до 20 м/с. Для измерения малых скоростей ветра (до 5 м/с) служит крыльчатый ручной анемометр (МС-13 типа Б). Ручной индукционный анемометр АРИ-49 более удобен в работе, так как показывает непосредственно скорость ветра в диапазоне от 2 до 30 м/с.

Для дистанционного измерения температуры и влажности наружного воздуха, температуры воды, направления и скорости ветра на судах устанавливают дистанционные гидрометеорологические станции типа ГМ-6 и КМС-1.

Параметры воздуха в складе можно определять при помощи дистанционной метеорологической станции наземного типа ДМС-Н-53.

Для дистанционного измерения температуры воздуха и грузов наиболее удобны полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы), которые имеют малые размеры и дают большую точность при измерении. Для дистанционного измерения влажности воздуха применяются электролитические подогревные датчики влажности (ЭЛПДВ)

§ 4.2. t-τ—диаграмма влажного воздуха

Для расчетов параметров паровоздушной смеси предложены различные психрометрические таблицы, линейки, передвижные таблицы, номограммы, психрометрическая диаграмма Керриера, I-d — диаграмма проф. Л. К. Рамзина. Более удобной для расчетов микроклимата и определения возможности и целесообразности вентиляции трюмов и складов является предложенная автором t-τ — диаграмма влажного воздуха (приложение), математическая основа которой описывается уравнениями (66 а, г, д).

Состояние паровоздушной смеси характеризуется точкой на поле диаграммы. Горизонтальные прямые являются линиями равных температур, вертикальные — линиями равных точек росы. Оба семейства прямых сходятся на расположенной к ним под углом в 45° прямой, которая является линией насыщения паровоздушной смеси ($\varphi = 100\%$). Из точек схождения линий t и τ расходится семейство кривых равных температур смоченного термометра $t_{вл}$. Почти параллельно линии насыщения проходит семейство линий равной относительной влажности воздуха φ. Параллельно шкале точек росы расположены шкалы упругости водяного пара. На линии насыщения нанесена общая температурная шкала.

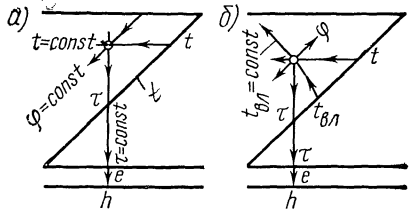


Рис. 16. Схемы определения параметров влажного воздуха на t-τ—диаграмме

Точку, характеризующую параметры воздуха, определяют по показаниям психрометра или термометра и гигрометра либо по показаниям датчиков температуры и точки росы воздуха. Если известны температура и относительная влажность воздуха, то на шкале температур находят значение температуры воздуха (рис. 16, *а*). От полученной точки проводят гори-

зонталь до пересечения с наклонной, соответствующей относительной влажности воздуха. Для определения точки росы проводится вертикаль до шкалы температур или шкалы точки росы. Вертикаль, проведенная вниз до дополнительных шкал, определит значения упругости водяного пара.

При пользовании аспирационным психрометром его показания находят на шкале температур диаграммы (рис. 16, *б*). От значения температуры сухого термометра (верхняя точка) проводят горизонталь, от значения температуры смоченного термометра — кривую, параллельную семейству $t_{вл}$, до пересечения с горизонталью температуры сухого термометра. Если даны температура и точка росы воздуха, то проводят горизонталь температуры и вертикаль точки росы до их пересечения.

t-τ — диаграмма влажного воздуха позволяет не только определять параметры влажного воздуха, но и решать задачи по кондиционированию воздуха в трюме или складе с целью предотвращения подмочки груза от отпотевания и обеспечения оптимальных режимов хранения груза.

§ 4.3. Закономерности изменения гидрометеорологической обстановки

В морских портах, которые, как правило, расположены на побережье моря, гидрометеорологическая обстановка определяется взаимодействием масс воздуха, расположенных над сушей и над морем. Микроклимат порта зависит от широты места и общих климатических условий района его расположения, рельефа местности, конкретной планировки и других факторов.

Основными факторами, определяющими климат любого места, являются радиационный баланс у земной поверхности и циркуляционные процессы в атмосфере данного района. Радиационный баланс складывается из солнечной и атмосферной радиации и земного излучения. Температурный режим порта зависит от теплообмена сооружений порта с окружающей средой и циркуляции воздушных масс в порту.

Количество тепла, поступающего от солнца к любой поверхности на земле, зависит от высоты солнца, прозрачности атмосферы, влажности воздуха, угла падения солнечных лучей на поверхность. Земля получает тепло в виде коротковолновой радиации, теряет тепло в виде длинноволновой радиации, т. е. путем инфракрасного излучения. Часть тепла, излученного подстилающей поверхностью, возвращается, отражаясь в атмосфере. Ориентировочно количество тепла, излучаемого подстилающей поверхностью, можно подсчитать по модифицированной формуле А. Онгстрема

$$q_0 = \varepsilon C_0 \left[\left(\frac{T_п}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_в}{100} \right)^4 (0{,}806 - 0{,}236 \cdot 10^{-0{,}092\, e}) \right] (1 - 0{,}76n), \quad (67)$$

где q_0 — количество тепла, излучаемого подстилающей поверхностью, Вт/м^2;

ε — степень черноты подстилающей поверхности, принимается в метеорологии 0,95;

C_0 — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела, равен 5,7 Вт/(м^2·град^4);

$T_п$ — температура подстилающей поверхности, К;

$T_в$ — температура воздуха на высоте 1,5—2,0 м от подстилающей поверхности, К;

e — упругость водяных паров, мбар;

n — степень облачности в долях единицы.

В дневное время подстилающая поверхность аккумулирует солнечное тепло и ее температура повышается. С заходом солнца исчезают теплопоступления от солнечной радиации и, пока температура поверхности выше температуры воздуха ($t_п > t_в$), наблюдается теплоотдача путем конвекции, кондукции и лучеиспускания.

Расчеты по формуле (67) показывают, что радиационное теплоизлучение подстилающей поверхности продолжается даже в том случае, если температура поверхности ниже температуры воздуха на 10° С и более. Несмотря на то, что при $t_п < t_в$ радиационному теплоизлучению поверхности противостоит тепловой поток от воздуха к поверхности, в ясные ночи температура поверхности ниже температуры воздуха. Это вызывает образование росы или инея на различных предметах. Температура воздуха у поверхности также снижается, что приводит к увеличению относительной влажности воздуха и образованию радиационных туманов.

Неравномерный теплоприток солнечной энергии приводит к суточным колебаниям температуры подстилающей поверхности и воздуха. Самая низкая температура наблюдается перед восходом солнца. Максимальная суточная температура наблюдается над сушей — летом в 14—15 ч, зимой — около 13—14 ч, над морской поверхностью — около 12 ч 30 мин.

Суточная амплитуда температуры (разность между самой высокой и самой низкой температурой за сутки) зависит от широты места, характера подстилающей поверхности, рельефа местности, состояния погоды, времени года. Летом суточные колебания температуры больше, чем зимой, и составляют в среднем для средних широт 8—12° С летом и 2—4° С зимой. Суточная амплитуда температуры воздуха над морем составляет 2—5° С, над сушей амплитуда доходит до 15—20° С. Амплитуда температуры морской воды очень низка (около 0,5° С). Суточные колебания температуры предметов и подстилающей поверхности суши достигают 20—30° С и более.

Суточные колебания температуры воздуха в порту зависят от рельефа местности. Если порт расположен на отлогом берегу и подвержен действию ветров, суточная амплитуда невелика. В портах, расположенных в закрытых бухтах, защищенных высокими берегами или горами, воздух застаивается и сильно прогревается днем. Ночью холодные массы воздуха стекают с гор, что приводит к значительным суточным колебаниям температуры.

Облачность, а также высокая влажность воздуха снижают суточную амплитуду температуры воздуха. Днем облака, затеняя солнце,

снижают величину прямой солнечной радиации, ночью они задерживают радиационное тепло и предотвращают чрезмерное охлаждение поверхности и воздуха.

В условиях порта различают три вида изменений температуры: суточные, годовые и эпизодические.

В портах экваториальной зоны наблюдаются максимальные суточные (15÷20° С) и минимальные годовые (1÷5° С) амплитуды температуры воздуха. В тропических зонах суточная амплитуда меньше, чем в экваториальной (около 12° С), годовая — больше (5÷10° С). В умеренных широтах происходит дальнейшее уменьшение суточной амплитуды (5÷10° С) и увеличение годовой (15÷25° С) амплитуды воздуха. В полярных зонах наблюдаются минимальные суточные амплитуды (1÷2° С) и максимальные годовые амплитуды (20÷30° С). Эпизодические колебания температуры связаны с изменением погоды и могут достигать значительных величин, порядка нескольких градусов в час.

Абсолютная влажность, а вместе с ней и точка росы изменяются так же, как и температура. Различают два типа суточного хода абсолютной влажности. Первый тип характеризуется одним минимумом (утром), одним максимумом (13÷14 ч). Этот тип суточного хода абсолютной влажности воздуха наблюдается над океанами и на суше встречается только в холодное время года. Второй тип характеризуется двумя минимумами и двумя максимумами. Первый минимум наблюдается около восхода солнца, второй — около 14—16 ч и объясняется возникновением конвекции и уносом водяных паров вверх. Максимумы наблюдаются перед вечером и спустя несколько часов после восхода солнца.

Суточный и годовой ход относительной влажности в большинстве мест земного шара обратен суточному и годовому ходу температуры воздуха. Обычно днем относительная влажность меньше, чем ночью, летом — меньше, чем зимой.

Для условий морской перевозки грузов можно различить три вида изменений температуры наружного воздуха:

общерейсовые, зависящие от района и дальности плавания;

суточные, зависящие от солнечной радиации;

эпизодические, зависящие от изменения погоды и местных условий плавания.

Изменения температуры забортной воды в рейсе можно различать двух видов — общерейсовые и эпизодические.

На длительных переходах через различные широты и моря общерейсовые изменения температуры наружного воздуха могут достигать 20—30° С и более (рис. 17). На сравнительно небольших переходах Одесса — Эгейское море общерейсовые изменения температуры могут достигать 10—15° С. В Черном и Каспийском морях в зимнее время общерейсовые изменения температуры за двое-трое суток могут достигать порядка 8—12° С. Скорость изменения температуры воздуха может достигать 2 град/ч, однако в подавляющем большинстве случаев не превышает 1 град/ч. Величина общерейсовых изменений температуры воды может достигать 15—20° С.

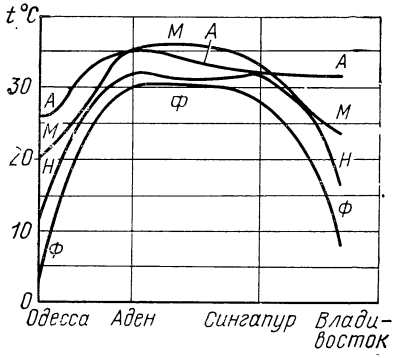


Рис. 17. Изменение средних значений температуры наружного воздуха на переходе Одесса—Владивосток:
Ф — февраль; *М* — май; *А* — август; *Н* — ноябрь

Общерейсовые изменения температуры наружного воздуха и воды являются причиной образования в трюме температурных (и, следовательно, влажностных) градиентов, вызывающих потоки тепла и влаги в массе гигроскопического груза, что может привести к его отсыреванию или высыханию.

Суточные колебания наружной температуры, вызывающие изменения влажности (относительной и абсолютной) воздуха трюмных пространств, приводят к интенсификации влагоотдачи груза в дневное время и конденсации влаги на трюмных ограждениях ночью. Резкие эпизодические изменения наружной температуры могут привести к влагоотдаче груза (если температура повышается) или к конденсации влаги на ограждениях (при падении температуры).

Ход абсолютной влажности наружного воздуха в течение рейса такой же, как и температуры. Относительная влажность обычно в летнее время в тропиках больше, чем в умеренных и высоких широтах, зимой относительная влажность в высоких широтах больше, чем в тропиках.

§ 4.4. Судно с точки зрения обеспечения сохранности грузов

Основными узлами обычного грузового отсека (рис. 18) являются грузовые помещения — трюм, твиндеки, диптанки; двойное дно; бортовые ограждения; поперечные и продольные переборки; промежуточные и верхняя палубы; шахта люка и люковые перекрытия, вентиляционные устройства.

Для предохранения штучных грузов от повреждений и подмочки конденсирующейся на бортах влагой к шпангоутам при помощи скоб прикрепляются продольные деревянные брусья — рыбинсы сечением 150×50 мм, образующие вместе с бортом так называемые шпангоутные пространства глубиной 200—300 мм и шириной 500—900 мм, в которых циркулирует воздух. Шпангоутные пространства составляют примерно 2—5% общего объема грузового помещения. Бимсы образуют горизонтальную воздушную подушку высотой более 200 мм, разделенную на поперечные каналы шириной 500—900 мм. Объем подпалубного пространства — примерно 3—5% общего объема помещения. Шпангоутные и подпалубные пространства оказывают существенное влияние на тепломассообмен груза, которое еще плохо изучено.

Продольные и поперечные переборки не имеют деревянного покрытия, и груз непосредственно с ними соприкасается.

Для предохранения нижнего слоя груза от подмочки и повреждений на второе дно настилают деревянное покрытие из плотно пригнанных досок толщиной 75 мм, называемое пайолом. Между пайолом и вторым дном прокладывают деревянные бруски толщиной 25—30 мм, обрузующие поперечные проходы для воды, которая скатывается по ним в льяла, расположенные в скуловой части корпуса. Подпайольное воздушное пространство регулирует влагообмен между нижней частью груза и водой в льялах.

Различие конструкции ограждений трюма морского судна определяет неоднородность тепловых потоков через них. Наиболее теплопроводной является верхняя палуба, коэффициент теплопроводности которой около 7 Вт/(м²·град) при передаче тепла от наружного воздуха в трюм, 6 — при теплоотдаче при спокойном наружном воздухе и до 13 — при свежем ветре над палубой. Наименее теплопроводно двойное дно: 0,14 Вт/(м²·град) — при пустых танках, 0,5 — при заполнении танков топливом и 1,6 Вт/(м²·град) — при заполнении водой.

Коэффициент теплопроводности подводной части борта при теплопоступлении — около 3,5 Вт/(м²·град), при теплоотдаче — 6; надводного борта — 3,2—3,6 Вт/(м²·град), промежуточной палубы — при теплопотоке вверх — 6,6, вниз — 1,5 Вт/(м²·град).

Как видно из приведенных примерных данных, теплопроводность верхней палубы в десятки раз больше, чем теплопроводность двойного дна.

Кроме того, верхняя палуба сильно подвержена действию солнечной радиации, и ее температура изменяется резко и на большие величины (20÷30° С), что определяет наибольшую переменчивость и нестационарность теплового поля в подпалубном пространстве и в верхней части груза. В тропиках температура верхней палубы может достигать 70° С и более, а температура поверхностного слоя груза — 55° С и более.

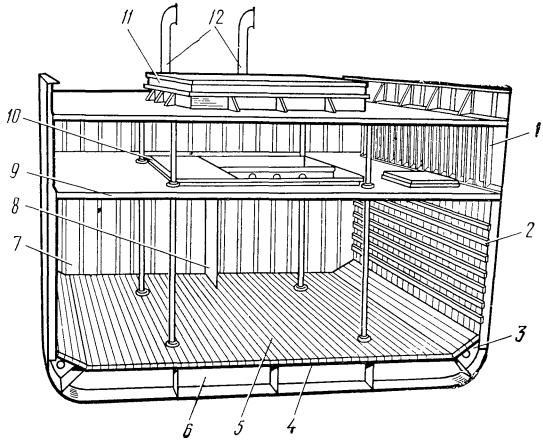


Рис. 18. Устройство грузового трюма судна:

1 — шпангоуты; *2* — рыбинсы; *3* — льяла; *4* — поперечные прокладки для воды; *5* — пайол: *6* — двойное дно; *7* — поперечные переборки; *8* — продольные переборки; *9* — промежуточная палуба; *10* — люковые перекрытия; *11* — комингс люка; *12* — вентиляционные устройства

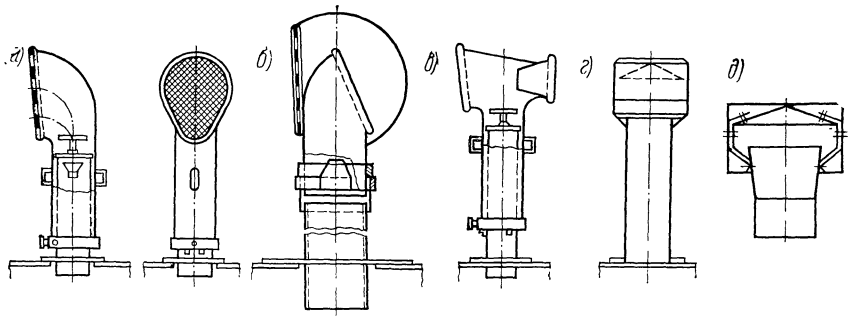


Рис. 19. Типы дефлекторов, применяемых на морских судах:
а — дефлектор типа «раструб»; *б* — шаровой незаливаемый дефлектор: *в* — вытяжная эжекционная головка; *г* и *д* — вытяжные дефлекторы

При перевозке на палубе груз может быть нагрет солнечными лучами до 65—70° С, а в ночное время охлаждаться до температуры на 5—10° ниже температуры окружающего воздуха, что часто приводит к конденсации влаги на грузе, так как обычно дефицит точки росы воздуха находится в пределах 3—6°.

У переборок, отделяющих трюмы от машинного или котельного отделений, груз может нагреваться, так как температура переборок достигает 35—40° С при плавании в средних широтах и 50° С — в тропиках. Неизолированные трубопроводы отопительных систем могут иметь температуру 80—90° С.

Количество тепла, передаваемого через трюмные ограждения, составляет всего лишь 5—10% того количества, которое необходимо для выравнивания температуры груза с температурой окружающей среды. Поэтому основным средством выравнивания температуры груза и кондиционирования воздуха в трюме является вентиляция.

По степени оборудования системами вентиляции и трюмного кондиционирования суда делятся на три группы:

А — суда, оборудованные трюмными кондиционерами;

Б — суда, имеющие механическую вентиляцию;

В — суда, имеющие естественно-принудительную вентиляцию.

Самым примитивным средством вентиляции, применяемым изредка для просушки трюмов, является виндзейль — парусиновый рукав, прикрепленный к жестким ободам и имеющий на верхнем конце вертикальное отверстие с направляющими полками.

Система естественно-принудительной вентиляции судна состоит из дефлекторов и труб, направляющих воздух в трюм и твиндеки. Трубы, идущие от дефлекторов, оканчиваются вырезом в палубе. На многопалубных судах устанавливается система телескопических труб: от дефлектора к верхней палубе идет труба большого диаметра, между палубами устанавливается труба меньшего диаметра.

На судах применяют различные типы дефлекторов (рис. 19). Производительность дефлекторов и, следовательно, всей системы вентиляции трюмов зависит от типа дефлектора, его размеров и места рас-

положения. Наиболее производительным дефлектором является раструб, который распространен на морских судах и используется как для нагнетания, так и для вытяжки воздуха из трюма. К числу его недостатков относится большая чувствительность к изменениям направления ветра, что требует наблюдения за его положением по отношению к действующему ветру. Шаровой незаливаемый дефлектор по своим аэродинамическим качествам мало отличается от раструба. Преимущество его заключается в том, что он более защищает помещение от попадания забортной воды. На морских судах часто встречается вытяжной дефлектор эжекционного типа, производительность которого меньше, чем у раструба. При положении около 180° он превращается в нагнетательный. Из вытяжных дефлекторов наибольшее распространение получил дефлектор типа «Глобус». При постройке судна высота и место расположения дефлекторов определяются чисто конструктивными соображениями.

В судовых условиях, в зависимости от направления и скорости действующего ветра, создаются различные аэродинамические зоны (рис. 20), которые определяют производительность естественно-принудительной вентиляции. На передней палубе судна при встречном ветре в носовой части палубы образуется зона разрежения. Непосредственно перед надстройкой создается зона ветрового подпора. В случае, если длина палубы большая (рис. 20, *б*), между зонами разрежения и подпора может образоваться зона выровненного потока. На кормовой палубе при встречном ветре создается разрежение.

При курсовом угле действующего ветра около 90° люки трюмов находятся в зоне разрежения. Наибольшее разрежение создается над половиной люка, обращенной к ветру, что следует учитывать при проветривании трюмов. Образование над палубой судна различных аэродинамических зон приводит к тому, что у кормовых дефлекторов каждого трюма при встречном ветре давление больше, чем у носовых, и наоборот, при нагонном ветре у носовых дефлекторов давление будет больше, чем у кормовых.

Побуждающими силами естественно-принудительной вентиляции трюмов судна является ветровой напор и различие давлений воздуха у дефлекторов, зависящее от распределения аэродинамических зон.

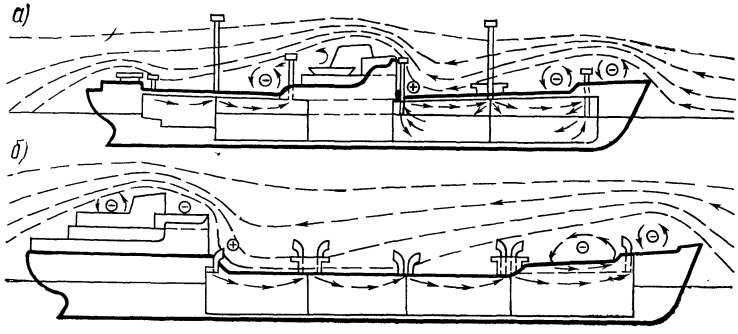


Рис. 20. Аэродинамические зоны над палубой судна

При встречном ветре под воздействием различия давлений у дефлекторов воздух в трюме естественным путем течет от кормовых дефлекторов к носовым. Для усиления вентиляции необходимо кормовые дефлекторы каждого трюма устанавливать как нагнетательные, носовые — как вытяжные. В противном случае эти побуждающие силы будут противоборствовать и эффективность вентиляции снизится. При нагонном ветре положение дефлекторов типа «раструб» остается без изменения, так как соответственно изменяется знак аэродинамических зон и коэффициентов. При ветрах иных направлений эффективное положение дефлекторов зависит от отношения высоты дефлектора над фальшбортом к высоте надводного борта с учетом высоты фальшборта и отношения расстояния от наветренного борта до дефлектора к ширине судна и определяется экспериментальным путем для каждого типа судна отдельно.

Следствием образования различных аэродинамических зон над палубой судна является различная эффективность естественно-принудительной вентиляции разных трюмов. Вентиляция носовых трюмов наиболее эффективна. Там скорости вентиляционного воздуха примерно в два раза выше, чем у кормовых трюмов (табл. 6). Такую разницу в эффективности вентиляции трюмов следует учитывать при размещении грузов по отсекам. Естественно-принудительная вентиляция позволяет обеспечить 0,3—3,0 обмена в час, что во многих случаях перевозки грузов является недостаточным и приводит к необходимости открывать люки для проветривания груза в трюме. Действенность и возможность использования систем естественно-принудительной вентиляции целиком зависят от состояния погоды. При перевозке гигроскопических грузов на дальние расстояния с большими изменениями температуры наружной среды в течение рейса системы естественно-принудительной вентиляции не могут в должной мере обеспечить сохранность перевозимых грузов.

Таблица 6

Скорость ветра	Скорость воздуха в дефлекторах (по трюмам), м/с					
	1	2	3	4	5	6
3	2,8	3,0	3,8	1,4	1,7	2,7
13	8,0	6,2	8,0	4,7	4,2	5,3

Механическая вентиляция позволяет повысить эффективность воздухообмена трюма с наружным воздухом и практически не зависит от аэродинамики надводной части судна. Однако возможность и целесообразность использования механической вентиляции также полностью зависят от состояния погоды, как и при естественно-принудительной вентиляции. Системы механической вентиляции оборудуются механическими центробежными или осевыми вентиляторами, устанавливаемыми в трубах дефлектора или в специальной вентиляционной шахте.

На обычных трюмах сухогрузных судов устанавливают электровентиляторы, обеспечивающие 3—5-кратную вентиляцию, на специализированных для перевозки режимных и опасных грузов — 10—15-кратную вентиляцию.

Для усиления внутренней вентиляции грузов трюмы оборудуют системами воздухораспределения, при помощи которых воздух подается и отбирается в разных частях трюма по высоте и ширине. Системы воздухораспределения обеспечивают продольную или поперечную вентиляцию трюма. На рефрижераторных судах встречается вертикальная вентиляция (нисходящая или восходящая). Разновидностями схем вентиляции являются смешанная поперечно-вертикальная и продольно-вертикальная (на рефрижераторных судах). Системы воздухораспределения на большинстве морских транспортных судов несовершенны и не позволяют осуществлять надлежащую внутреннюю вентиляцию груза в трюме.

Вновь строящиеся суда оборудуются системами трюмного кондиционирования, которые обеспечивают не только вентиляцию, но и подсушку воздуха в трюме.

§ 4.5. Статические и динамические нагрузки, воздействующие на груз в процессе транспортировки

В процессе морской транспортировки грузы подвергаются статическим и динамическим нагрузкам. Высота трюмов и, следовательно, слоя груза может достигать 8 м и более, твиндеков — 4—5 м, складов— 5—6 м. При полном использовании высоты грузового помещения нижние слои груза могут испытывать значительные (до 6—8 тс/м^2) нагрузки, которые зависят от плотности (или удельного погрузочного объема) груза и высоты штабелирования его. Удельная нагрузка q тс/м^2 определится из формулы

$$p = \frac{H}{u} \quad \text{или} \quad p = dH, \tag{68}$$

где H — высота слоя давящего груза, м;

u и d — удельный погрузочный объем и насыпная масса груза соответственно.

Динамические нагрузки возникают на судне при качке и приводят к перемещению груза в трюме и увеличению давления на отдельные слои груза или элементы корпуса судна. Величины проекций равнодействующей сил веса и сил инерции на продольную ось P_x при килевой качке и поперечную ось P_y судна при бортовой качке определяют по формулам [9].

$$\left.\begin{aligned} P_X &= Q\left(1{,}16\sin\psi + \frac{4\psi}{T_2^2}\,|Z|\right), \\ P_Y &= Q\left(1{,}16\sin\theta + \frac{4\theta}{T_1^2}\,|Z|\right), \end{aligned}\right\} \tag{69}$$

где Q — масса груза (грузового места), кг;
θ — максимальный угол крена судна, обычно принимаемый равным 30° или 0,5 рад;
ψ — максимальный угол наклона судна при килевой качке, принимаемый равным 5°;
Z — ордината центра тяжести (ц.т.) груза относительно ц.т. судна, м;
T_1 — период бортовой качки судна, с, который может быть определен по широко известной формуле

$$T_1 = 0{,}78 \frac{B}{\sqrt{mg}}, \tag{70}$$

где B — ширина судна, м;
mg — поперечная метацентрическая высота, м.
T_2 — период килевой качки, который может быть определен по приближенной формуле

$$T_2 = 2{,}8 \sqrt{\varkappa T}; \tag{71}$$

$\varkappa = \frac{\delta}{\alpha}$ — коэффициент продольной полноты;
δ — коэффициент полноты судна;
α — коэффициент полноты ватерлинии;
T — осадка судна.

После упрощений и подстановки значений T_1 и T_2 в формулу (69) получим:

$$\begin{aligned} P_X &= 0{,}1Q\left(1 + \frac{0{,}444\,|Z|}{\varkappa T}\right); \\ P_Y &= 0{,}58Q\left(1 + \frac{5{,}9mg\,|Z|}{B^2}\right). \end{aligned} \tag{72}$$

Аналогично можно получить следующие формулы для определения дополнительной нагрузки на палубу или нижележащие грузы от действия килевой:

$$P_{Z\text{к}} = 1{,}15Q\left(1 + \frac{0{,}039\,|X|}{\varkappa T}\right) \tag{73}$$

и бортовой качки судна:

$$P_{Z\text{б}} = Q\left(1 + \frac{3{,}42mg\,|Y|}{B^2}\right), \tag{74}$$

где X и Y — ординаты центра тяжести груза относительно ц.т. судна, м.

Под воздействием удара волн, работы силовой установки и других судовых механизмов на судне возникает вибрация корпуса, которая передается грузу. Корпус судна может испытывать вертикальные изгибные колебания в диаметральной плоскости, поперечные горизонтальные изгибные колебания в плоскости ватерлинии, продольные упругие колебания поперечных сечений корпуса вдоль продольной оси

и крутильные колебания корпуса вокруг продольной оси. Влияние вибрации на груз еще плохо изучено.

Амплитуды колебаний распределяются по длине судна неравномерно и зависят от частоты и формы собственных колебаний. Участки судна с максимальными амплитудами колебаний называют пучностями, а не подверженные вибрации — узлами колебаний. При всех формах колебаний наибольшие амплитуды возникают в оконечностях судна.

Судно имеет несколько форм собственных колебаний (рис. 21), которым соответствует своя частота, зависящая от массы и жесткости корпуса судна. Основная собственная частота, которую называют 1-м (основным) тоном колебаний, является наименьшей по величине частотой свободных колебаний, которая изменяется в зависимости от типа судна в пределах 50—100 кол/мин (0,8÷1,7 Гц) и может быть приближенно определена по формуле М. Н. Гаврилова

$$N = \frac{K}{L}\alpha, \tag{75}$$

где K — коэффициент, который для танкера принимается равным 11 700 — при вертикальных и 19 400 — при горизонтальных колебаниях; для сухогрузного судна — 13 500 и 20 400 соответственно;

L — максимальная длина судна, м;

$\alpha = 1{,}18 - 0{,}18\frac{D}{D_i}$ — коэффициент, зависящий от отношения водоизмещения судна с полным грузом D к фактическому D_i.

Форма колебаний 1-го, основного, тона имеет по длине два узла, 2-го — три и т. д. (см. рис. 21). Число тонов колебаний корпуса приближенно равно отношению длины судна к его ширине.

Частота собственных колебаний судна последующих тонов определяется по формуле

$$N_i = Nd, \tag{76}$$

где d — коэффициент, зависящий от направления и тона колебаний. Превышение частоты колебаний корпуса судна при последующих тонах колебаний (по М. Н. Гаврилову) приведено в табл. 7.

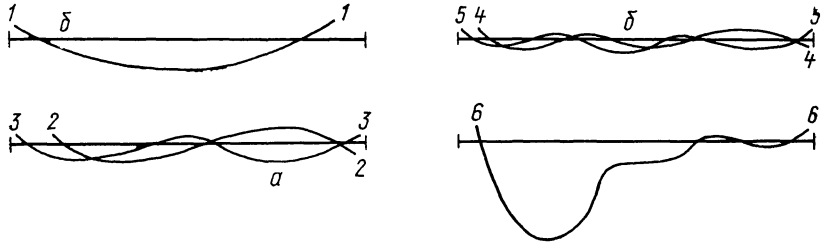


Рис. 21. Формы колебаний корпуса судна:
1—5 — номер тона; *6* — результирующая форма пяти тонов; *а* — пучности; *б* — узлы колебаний

Таблица 7

Тон колебаний	Танкеры				Сухогрузные суда			
	вертикальные		горизонтальные		вертикальные		горизонтальные	
	$d_{ср}$	$\pm\Delta d$	$d_{ср}$	$\pm\Delta d$	$d_{ср}$	$\pm\Delta d$	$d_{ср}$	$\pm\Delta d$
2	2,1	0,1	2,0	0,1	1,8	0,1	2,0	0,2
3	3,2	0,2	2,9	0,4	2,6	0,3	2,8	0,4
4	4,2	0,4	3,7	0,5	3,6	0,7	3,7	0,9
5	5,2	0,7	4,2	0,4	4,0	0,5	—	—
6	6,0	0,5	4,9	0,3	4,6	0,6	—	—
7	6,7	0,5	5,5	0,6	5,0	0,4	—	—
8	7,0	0,7	—	—	—	—	—	—
9	8,0	0,5	—	—	—	—	—	—

Частота вынужденных колебаний корпуса, вызываемая действием гребных винтов или механизмов, равна числу оборотов винтов или механизмов. Частота лопастной вибрации равна произведению числа оборотов винта на число лопастей.

При совпадении частоты собственных колебаний конструкции с частотой возмущающих сил наступает явление резонанса, при котором амплитуда колебаний становится наибольшей.

В соответствии с «Временными техническими нормами вибрации морских транспортных судов» Регистра СССР амплитуда колебаний кормовой оконечности (в миллиметрах) не должна превышать:

для кормовой оконечности

$$a_{max} = \frac{1{,}5 \cdot 10^4 + 85N}{N^2} \leqslant 0{,}80; \tag{77}$$

для палуб

$$a_{max} = \frac{0{,}75 \cdot 10^4 + 42N}{N^2} \leqslant 0{,}40. \tag{78}$$

Фактические амплитуды колебаний на сухогрузных судах составляют, как правило, 5—50% от a_{max}, на танкерах и других специализированных судах могут даже превышать нормы Регистра СССР.

Вибрация усиливается при недогрузе судна, усилении ветра и волнения, при переходе на мелководье.

Для уменьшения вибрации в основном принимают меры конструктивного характера. Общая вибрация корпуса может быть снижена также соответствующим перераспределением груза. Для этого определяют частоты собственных колебаний судна различных тонов и находят, какому тону и при каком режиме работы силовой установки соответствует явление резонанса. Для того чтобы уйти из зоны резонанса, необходимо изменить частоту собственных колебаний корпуса, что достигается изменением нагрузки на участке пучности. Для уменьшения частоты собственных колебаний нагрузку добавляют, а для увеличения — снимают. Решение такой задачи целесообразно при балластировке танкеров. Задачу можно ставить также при перевозке на сухогрузном судне грузов с различным удельным погрузочным объемом.

Глава 5

ПРИЧИНЫ НЕСОХРАННОСТИ ГРУЗОВ

§ 5.1. Повреждение и порча грузов

Повреждения и порча грузов чаще всего происходят в результате несоблюдения правил хранения, перегрузки и перевозки грузов. Кроме того, груз может быть испорчен вследствие проявления скрытых свойств его, а также под действием стихийных сил природы, когда судно или склад не имеют соответствующего оборудования для обеспечения сохранности грузов.

Убытки пароходств от повреждений и порчи грузов составляют до 80% общей суммы убытков от несохранности грузов. Для сухогрузного флота эта цифра снижается до 15—20%, а в портах составляет 30—40%, В абсолютном выражении один случай порчи груза на судне может составлять десятки и даже сотни тысяч рублей.

Повреждения и порча грузов при производстве грузовых работ происходят в результате неосторожного обращения с грузом, применения не соответствующих свойствам груза грузозахватных приспособлений и нарушения правил технической эксплуатации перегрузочных средств. Замечено, что случаи несохранности грузов в порту возрастают в ночное время в 3—4 раза по сравнению с дневным периодом.

Применение слабых стропов может привести к их разрыву и падению груза. Неправильная строповка груза и применение несоответствующих роду груза стропов приводят к деформации и повреждению тары и содержимого. Для мешковых, киповых и других грузов в слабой упаковке нельзя применять металлические стропы.

При погрузке длинномеров (рельсы, трубы) особое внимание обращают на то, чтобы они не рассыпались из связок при подъеме. Известны случаи, когда такие грузы, упав с высоты верхней палубы, пробивали стальные листы двойного дна.

Нельзя допускать удара перемещаемого груза о другие грузы, комингсы люков, фальшборт, палубу. Нельзя грузить храпцами тяжелые бочки. Применение грузчиками крючьев при перегрузке шерсти, бумаги, мануфактуры, линолеума, мешковых грузов всегда приводит к повреждениям груза. Необходимо следить за тем, чтобы грузчики пользовались специальной обувью и приспособлениями, предохраняющими груз от загрязнения и возгорания.

Повреждения вследствие плохой укладки грузов вызываются перенапряжением в конструкциях тары или в результате перемещений груза во время качки судна. Плохая укладка ящичных грузов приводит к тому, что от давления верхних слоев груза дощечки ящиков прогибаются или ломаются, повреждается внутренняя упаковка и происходит повреждение, утечка или россыпь содержимого. Некомпактная укладка бочкового груза приводит к чрезмерному местному давлению на клепки бочек, их поломке или деформации, что влечет за собой утечку содержимого.

В результате небрежной укладки груза в трюме передвижение мест груза во время шторма приводит к поломке тары и порче содержимого.

Плохая укладка волокнистых грузов, упакованных в кипы, перетянутые металлическими лентами, может стать причиной пожара на судне, так как трение металлических лент кип друг о друга может вызвать появление искры. В морской практике известны случаи возникновения пожара на судне в результате плохой укладки хлопка, льна, спичек, легковоспламеняющихся жидкостей и других грузов; плохая укладка и плохое крепление грузов приводили к авариям и гибели судов. Плохая укладка груза в порту может привести к разваливанию штабеля, повреждению и порче грузов, к несчастным случаям и даже человеческим жертвам.

Повреждения от раздавливания груза происходят в том случае, когда груз укладывают на чрезмерную высоту и нижние ряды груза не выдерживают создаваемого давления. В зависимости от прочности тары устанавливается предельно допустимая высота укладки груза. Обычно тара рассчитывается на укладку штабеля высотой в 5 м.

Тяжеловесы в прочной упаковке могут быть повреждены от раздавливания их стропами под действием собственной тяжести. В этом случае следует применять двойные стропы и закладывать под них деревянные прокладки. Если тяжеловесы в трюмах укреплены ненадежно, закладывать пространство между тяжеловесами мелкими слабыми ящиками рискованно.

Повреждения и порча грузов от недостатка подкладочного и сепарационного материала, а также от несоответствия его роду перевозимого груза приводят к большим потерям и убыткам, которые обычно несет судно. Острые углы прокладок, гвозди, неровности могут порвать мешки, повредить кипы, рулоны бумаги. Подкладки, загрязненные красителями, землей или пылящими грузами, нельзя применять для сепарации грузов, так как они загрязнят и испортят их. Масляные пятна на подкладочном и сепарационном материале могут явиться причиной самовозгорания волокнистых веществ. Плохая изоляция волокнистых (джут, хлопок), мешковых (сахар, соль) и других грузов от соприкосновения с металлом почти всегда приводит к порче этих грузов.

Отсутствие или недостаточность подкладочного материала (подтоварника) при хранении груза на складе неизбежно ведет к порче (отсыреванию, ржавлению) груза. Недостаток прокладочного материала может привести к разваливанию штабелей груза.

Порча груза от подмочки и сырости может произойти на судне, в складе и в процессе перегрузки. На судне причинами подмочки грузов могут явиться: просачивание воды через корпус судна и люковые закрытия, поломка трубопроводов, вылившийся из поврежденной тары жидкий груз, течь в балластных цистернах, испарения влажного груза.

Отпотевание в трюме судна происходит под воздействием колебаний в рейсе температуры и влажности наружного воздуха и груза и может быть предотвращено умелым использованием судовых средств трюмного кондиционирования воздуха и вентиляции.

Жидкие грузы нельзя располагать над сухими грузами, которые боятся подмочки. В рейсе необходимо следить за уровнем воды в льялах и вовремя удалять из них воду, не допуская подмочки груза, особенно если перевозится опасный груз класса 4.3.

Хранение гигроскопических грузов в складах непосредственно на полу без подтоварников, укладка штабеля вплотную к стенке склада вызывает отсыревание и порчу груза. Большинство генеральных грузов при хранении под открытым небом требует защиты от подмочки и сырости, для чего необходимо использовать подтоварники достаточной высоты, укрытия в виде брезентов или навесов и проводить соответствующие мероприятия по благоустройству складской площади.

Загрузка судна во время дождя или снега ведет к порче груза в рейсе. В этих случаях погрузку следует прекращать, трюмы закрывать и грузы на берегу укрывать. Повышенная влажность воздуха в трюме может привести к отпотеванию ограждений трюма либо груза, к увлажнению груза и вследствие этого к активизации биохимических процессов и жизнедеятельности микроорганизмов в массе грузов, к ржавлению (металлы) и изменению состава или свойств вещества грузов (скоропортящиеся грузы, цемент), слеживанию и спрессовыванию груза.

При повышении температуры выше известных пределов скоропортящиеся грузы подвергаются резко усиливающемуся вредному влиянию микроорганизмов и биохимических процессов. При температуре ниже точки замерзания многие грузы теряют свои качества (вкус, цвет, всхожесть, прочность, структуру). Действию температуры подвержены не только скоропортящиеся, но целый ряд других грузов, как, например, кондитерские и резиновые изделия, аптекарские товары, каучук. Уменьшить или даже избежать вредного воздействия температуры на груз на обычном судне можно путем соответствующего распределения грузов в трюмах, удаления грузов, которые боятся тепла, от источников тепла и теплозащиты их другими грузами.

Скрытые свойства груза, не известные перевозчику и грузоотправителю, а также не сообщенные грузоотправителем перевозчику, могут явиться причиной порчи грузов в трюме, которую невозможно (за редким исключением) предотвратить заботливостью добросовестного перевозчика.

Причинами порчи грузов могут стать запахи, пыль, грязь и вредные испарения. Сильный запах может испортить пищевые продукты, а также и различные промышленные потребительские товары. К грузам, выделяющим запахи, относятся кофе, смолы, нефтепродукты, перец, шкуры, рыба соленая.

Большой вред приносит грузам запыление и загрязнение. При совместной перевозке цемента, соды, руды, угля и других пыльных грузов с пищевыми продуктами и металлоизделиями может произойти порча последних.

§ 5.2. Причины убыли грузов и нормирование естественной убыли

Убыль грузов происходит под воздействием естественных факторов, в результате упущений со стороны работников транспорта и при отсутствии надлежащих технических средств предотвращения убыли грузов.

Различают пять видов убыли груза: распыление, раструска, утечка, улетучивание и усушка.

Распыление и раструска представляют собой аналогичные друг другу явления, свойственные главным образом перегрузочному процессу, и зависят от свойств самого груза и его тары. Распылению и раструске подвержены все навалочные и насыпные грузы, порошкообразные грузы в неплотной таре.

При перегрузке зерна транспортерами происходит отвеивание легких примесей. Это улучшает качество зерна, но приводит к убыли груза. Для того чтобы знать величину убыли, отвеивающуюся примесь собирают и взвешивают, что оформляется соответствующим актом. Количество отвеивающейся примеси (кг/ч) можно подсчитать по формуле Л. А. Иванова

$$\Delta q = kP\frac{\rho_п}{\rho_с}(2{,}82 + 0{,}16v^2), \qquad (79)$$

где P — производительность перегрузочной установки, т/ч;
k — содержание примесей в зерне по сертификату, %;
$\rho_п$ — насыпная масса примесей, кг/м³;
$\rho_с$ — насыпная масса зерна, кг/м³;
v — скорость ветра, м/с.

Процесс распыления тарных грузов заключается в том, что при сотрясениях и толчках во время перегрузочных операций или в рейсе порошкообразные продукты проникают через незначительные отверстия материала тары наружу. Наибольшему распылению подвергаются порошкообразные продукты, упакованные в джутовые и льнокенафные мешки. Значительно меньше распыляется груз, упакованный в бумажные мешки, бочки и ящики. Полиэтиленовые вкладыши надежно защищают груз от распыления.

Утечкой называется потеря части жидкого груза, перевозимого наливом или в таре, вследствие его просачивания через щели и неплотности в таре, сосуде, емкости или соединениях трубопроводов. Предотвратить утечку можно только путем герметизации тары, емкостей и трубопроводов.

Улетучиванию подвержены как жидкие (нефтепродукты, спирты, эфиры, смолы), так и твердые вещества (нафталин, корица, ваниль). Улетучивание является необратимым процессом, поэтому грузы, подверженные улетучиванию, следует перевозить в герметической таре. Разновидностью улетучивания является диффузионное испарение жидкости, находящейся в деревянной таре. Интенсивность диффузии и испарения жидкости зависит от свойств продукта, плотности древесины, из которой сделаны бочки, кратности использования тары, а также от параметров окружающего воздуха. Чем меньше плотность дерева, больше температура и суше воздух в помещении, тем интенсивнее диффузия и испарение.

Усушкой называется полное или частичное испарение содержащейся в грузе влаги. Усушке подвержены грузы, содержащие в своем составе влагу, — зерно, волокнистые грузы, ряд пищевкусовых грузов и химических веществ.

Убыль массы груза в результате усушки зависит прежде всего от свойств вещества, тары и условий окружающей среды. Чем больше груз содержит влаги или летучих веществ, тем интенсивнее усушка или улетучивание. Потеря грузом влаги или летучих веществ тем больше, чем меньше парциальное давление пара или вещества в окружающем пространстве и чем больше свободное пространство над грузом. В закрытом помещении процесс испарения жидкости или вещества протекает до момента насыщения окружающего пространства парами данного вещества. В открытом помещении процесс испарения протекает безостановочно. На усушку оказывают влияние климат и состояние погоды в портах отправления и назначения, а также в пути следования, время года, продолжительность хранения и перевозки груза, устройство и оборудование судна и склада, способы погрузки, выгрузки и размещение груза на судне, тара и упаковка, свойства соседних грузов.

В зависимости от рода груза усушка может быть как возвратимой, так и невозвратимой. Основная номенклатура грузов (зерно, волокнистые, уголь) способна не только отдавать, но и воспринимать влагу, вследствие чего можно добиться восстановления массы усушенного груза, создав для этого соответствующие условия.

Естественной убылью груза называется уменьшение его массы под воздействием естественных причин в условиях нормального технологического процесса хранения и перевозки груза. Естественная убыль — предотвратимый процесс. Ее можно уменьшить и в некоторых случаях даже предотвратить следующими путями: упаковкой груза в тару, соответствующую его физико-химическим свойствам; применением соответствующих роду груза перегрузочных механизмов и грузозахватных приспособлений; соблюдением правил хранения, перегрузки и перевозки груза, разработкой более совершенных технических условий и средств; применением на судах и складах совершенной техники для обеспечения сохранности грузов.

Однако полностью предотвратить естественную убыль ряда грузов либо не удается, либо нерационально, так как затраты средств на предотвращение убыли превышают стоимость потерь. В таких случаях устанавливают нормы естественной убыли грузов, которые выводят на основании средних величин потерь грузов при нормальных условиях транспортного процесса или процесса хранения и перегрузки груза.

Нормы естественной убыли определяются практикой работы флота и портов, а также путем проведения специальных научно-исследовательских работ, выполняемых соответствующими транспортными и отраслевыми институтами, и утверждаются Советом Министров СССР.

Для большинства грузов норма не зависит от дальности морской перевозки и условий обработки груза в портах. Для хлеба в зерне, насыпью и в таре, муки, крупы, солода и других грузов этой группы нормы естественной убыли дифференцированы в зависимости от расстояния перевозки. Для масла растительного в деревянных бочках, нефтяных грузов и продуктов коксобензойной и лесохимической промышленности нормы естественной убыли дифференцируются в зависимости от тары и от времени года. Нормы естественной убыли для нефтепродуктов, перевозимых наливом, установлены в зависимости от рода

груза и сезона плавания. Отдельно учитываются потери при наливе и сливе.

Нормы естественной убыли не применяются при перевозке грузов в герметической упаковке — металлической, запаянной, стеклянной или керамической, залитой сургучом, смолой. Нормы естественной убыли не устанавливаются для некоторых гигроскопических грузов, которые в обычных условиях морской перевозки склонны к поглощению влаги (волокнистые материалы, лесные грузы, чай).

При смешанных железнодорожно-водных перевозках нормы естественной убыли исчисляются отдельно по каждому виду транспорта и для грузов, подверженных раструске и утечке, повышаются в 1,3 раза на каждую перевалку с железной дороги на воду и обратно и в 1,2 раза — на каждую перегрузку из судна в судно, из вагона в вагон. Для рудных и каменноугольных грузов установлены дополнительные нормы естественной убыли массы на каждую перевалку с одного вида транспорта на другой — 1% и на каждую перегрузку из судна в судно — 0,8%. Изменение и дополнение перечня грузов, подверженных утечке и раструске при перевозке морем, производятся Министерством морского флота по согласованию с Госпланом СССР.

В тех случаях, когда при перевозке изменяется влажность груза, масса подлежащего передаче груза определяется с учетом установленной нормы естественной убыли и пересчитывается на изменение влажности в соответствии с ГОСТ 4680—49.

Нормы естественной убыли применяются в том случае, когда имеет место уменьшение массы груза при отсутствии каких-либо признаков других причин недостачи груза (хищение, утеря).

§ 5.3. Вредители грузов и меры борьбы с ними

К амбарным вредителям грузов относятся насекомые, грызуны, птицы. Вредители и возбудители порчи грузов приводят к количественным и качественным изменениям товаров, их порче и повреждению, опасны в санитарно-эпидемиологическом отношении.

Различают профилактические, или предупредительные, и истребительные меры борьбы с вредителями грузов. Предупредительные меры являются основными и наиболее эффективными. Они заключаются в том, чтобы не допустить заражения вредителями складов, судов и вагонов, создать неблагоприятные условия для развития и жизнедеятельности вредителей при хранении и перевозке грузов. С этой целью необходимо в первую очередь содержать складские помещения и трюмы судов в чистоте, обеспечивать хорошую их вентиляцию, производить обеззараживание помещений, размещать в грузовых помещениях вещества, запаха которых не выносят насекомые.

Принимая грузы, необходимо следить за их состоянием как по качественным удостоверениям, так и непосредственным осмотром, не допуская к приему зараженные вредителями грузы. Если в трюмах или на складах были зараженные вредителями грузы, после их выгрузки производят тщательную уборку и специальную обработку гру-

зовых помещений. Для предотвращения перехода крыс с берега на судно устанавливают на швартовные тросы металлические щиты и ведут тщательное наблюдение за трапами, особенно ночью, осматривают поступающие на судно грузы и тару, вместе с которыми грызуны могут быть перенесены на судно или с судна. Для предупреждения попадания крыс вместе с зерном через пневматические зерноперегружатели на трубы последних устанавливают решетки достаточной частоты и прочности. Соответствующие отверстия и отдушины на судах перекрывают металлическими решетками.

Истребительные меры принимаются при наличии на судне или складе вредителей грузов и зависят от их рода и распространенности. Истребительные меры подразделяются на физические (ловушки, капканы), химические (яды) и биологические (подкормки). Наиболее эффективными являются химические средства уничтожения вредителей грузов.

Поскольку грызуны и насекомые-вредители не только портят грузы, но и являются разносчиками инфекционных заболеваний, борьбу с ними ведут специальные санитарно-карантинные станции портов, указания которых по профилактике и борьбе с грызунами и насекомыми являются обязательными для работников морского транспорта.

§ 5.4. Виды потерь наливных и навалочных грузов

По причинам возникновения потери нефтепродуктов делятся на аварийные и эксплуатационные, по физическому состоянию — на потери в жидком виде и в виде паров. Потери грузов можно разделить на три вида: количественные, количественно-качественные и качественные.

Количественными называют потери наливных грузов в результате утечки, когда качество оставшегося груза остается неизменным. Для борьбы с количественными потерями необходимо следить за герметичностью резервуарного или перегрузочного оборудования, вовремя производить чеканку и подварку швов, замену сальников, следить за заполнением емкостей и танков, не допуская их перелива. На судне, в местах соединения грузовых шлангов, устанавливают поддоны для сбора просачивающегося груза. Перед загрузкой судна проверяют на водонепроницаемость танки, грузовую систему, систему зачистки и подогрева, газоотводную, замерную. К количественным относятся также потери вследствие налипания груза на стенки танков. Количественные потери насыпных и навалочных грузов происходят при россыпи груза или изменении его влажности. В последнем случае производят соответствующие перерасчеты количества груза [см. формулы (89)].

Количественно-качественные потери наливных грузов возникают при испарении, когда уменьшается количество груза и ухудшается его качество, так как испаряются наиболее ценные фракции и соединения. Чтобы предотвратить испарение, необходимо добиваться по возможности полной герметизации емкостей и танков, не допускать свободного газообмена емкости с наружным воздухом. Для этого максималь-

но заполняют емкости жидкостью, устанавливают плавающие крыши или хранят груз на водяной подушке. Уменьшению испарения способствует окраска береговых емкостей и корпуса танкеров в светлые тона и орошение палубы водой.

Количественно-качественные потери навалочных грузов, особенно угля и гранулированных удобрений, происходят в результате измельчения и распыления грузов. Бурый уголь и некоторые малоустойчивые каменные угли в процессе хранения или перевозки подвержены естественному процессу окисления, в результате которого теплотворная способность углей падает, а количество уменьшается. Такие грузы нельзя долгое время хранить в портах, они должны как можно быстрее поступать к местам потребления.

Качественными потерями называется изменение качества груза при сохранении его количества. Это происходит при загрязнении и смешении разных грузов, что подчас совершенно недопустимо. Так, например, запрещен налив керосина осветительного и бензина авиационного после бензинов этилированных, не допускается попадание керосина и бензина в масла. Для предупреждения качественных потерь нефтепродуктов необходимо строго выполнять требования ГОСТ 1510—70 в отношении подготовки судна к приему груза, следить за правильностью открывания и закрывания клинкетов, не допуская смешения грузов. Грузовые системы должны быть чистыми и отвечать требованиям, соответствующим роду груза, особенно если по ним перегружаются разные нефтепродукты.

Большой урон народному хозяйству приносит смешение в портах навалочных грузов, которое приводит к дополнительным расходам на сортировку груза, нарушению технологических процессов в промышленности. Штрафы за смешение грузов иногда исчисляются десятками и сотнями тысяч рублей. Для предотвращения смешения навалочных грузов необходимы правильная планировка складов, соблюдение требуемых разрывов между штабелями и применение для разделения штабелей специальных щитов.

§ 5.5. Взаимосвязь факторов и прогнозирование несохранных перевозок грузов

Факторы, влияющие на сохранность грузов (факторы ВСГ), могут быть условно разделены на три группы: А — агрессивные факторы ВСГ, такие, как воздействие на груз температуры, влажности воздуха, механических сил, биологическое и химическое воздействие, которые носят активный, агрессивный характер воздействия на груз; В — противостоящие факторы ВСГ, такие, как защитное действие тары, упаковки и консервации грузов, которые оказывают сопротивление агрессивному воздействию окружающей среды и условий перевозки; С — защитно-профилактические факторы ВСГ, такие, как вентиляция, подсушка воздуха, сепарация, которые связаны с действием защитных мер перевозчика. Как видно из схемы (рис. 22), сохранность грузов будет обеспечена, если суммарное действие противостоящих и защит-

но-профилактических факторов ВСГ будет больше или равно действию агрессивных факторов, т. е если будет соблюдаться условие

$$A \leqslant B + C. \tag{80}$$

Нарушение условия устойчивости системы факторов ВСГ в какомлибо ее звене приводит к несохранности груза. Для восстановления устойчивости системы или отыскания условий с минимальными размерами несохранности грузов в конкретных условиях перевозки необходимо проведение исследований всех или части звеньев системы факторов ВСГ, что представляет собой сложную практическую задачу.

Каждый факт несохранной перевозки груза носит случайный характер и является следствием нарушения устойчивости системы ВСГ в некотором переплетении обстоятельств и взаимовоздействия факторов. Надежность системы ВСГ может определяться частотой случаев «отказа», под которым понимается событие, заключающееся в нарушении устойчивости системы ВСГ и приводящее к несохранности груза. Случайный характер несохранности грузов при перевозке позволяет применить для оценки устойчивости системы ВСГ и определения необходимых организационно-технических мероприятий методы теории вероятности.

В определенном поле событий (конкретные направления перевозок, типы судов, партии грузов и т. д.) тот или иной вид несохранности грузов может характеризоваться относительной частотой (статистической вероятностью) случая несохранности, которая при увеличении числа случаев приближается (сходится по вероятности) к вероятности случая несохранности данного вида.

Основное поле событий (перевозки определенного груза в заданном направлении) можно поочередно разделить на несовместимые поля событий по судам, грузовым помещениям и т. д. вплоть до элементарных полей по каждому грузовому месту. Возникновение случая несохранной перевозки («отказа») в элементарном поле в порядке соответствующей иерархии полей является случаем в каждом из последующих по старшинству полей (грузовое место, коносаментная партия груза, трюм, судно и т. д.). Этим образуется взаимосвязанная последовательность условных вероятностей.

Пользуясь методами теории вероятностей, можно вычислить вероятность случая несохранности в любой точке поля событий, или, другими словами, для любой части объема перевозок, распределенного в зависимости от направлений, типа судна, груза и т. д. При ограниченном количестве случаев несохранности числовые характеристики случайной величины показателя вероятности несохранной доставки груза могут быть заменены их статистическими аналогиями (оценками).

Использование вероятностных методов оценки несохранности грузов при морских перевозках, предложенных Н. А. Панибратцем, позволяет решать ряд организационно-технических задач. Эти методы позволяют выявить причины и условия несохранности грузов на определенном этапе перевозки, что дает возможность определения конкретных мер, которые должен принять перевозчик для обеспечения сохранности грузов. В ряде случаев достаточно принять допол-

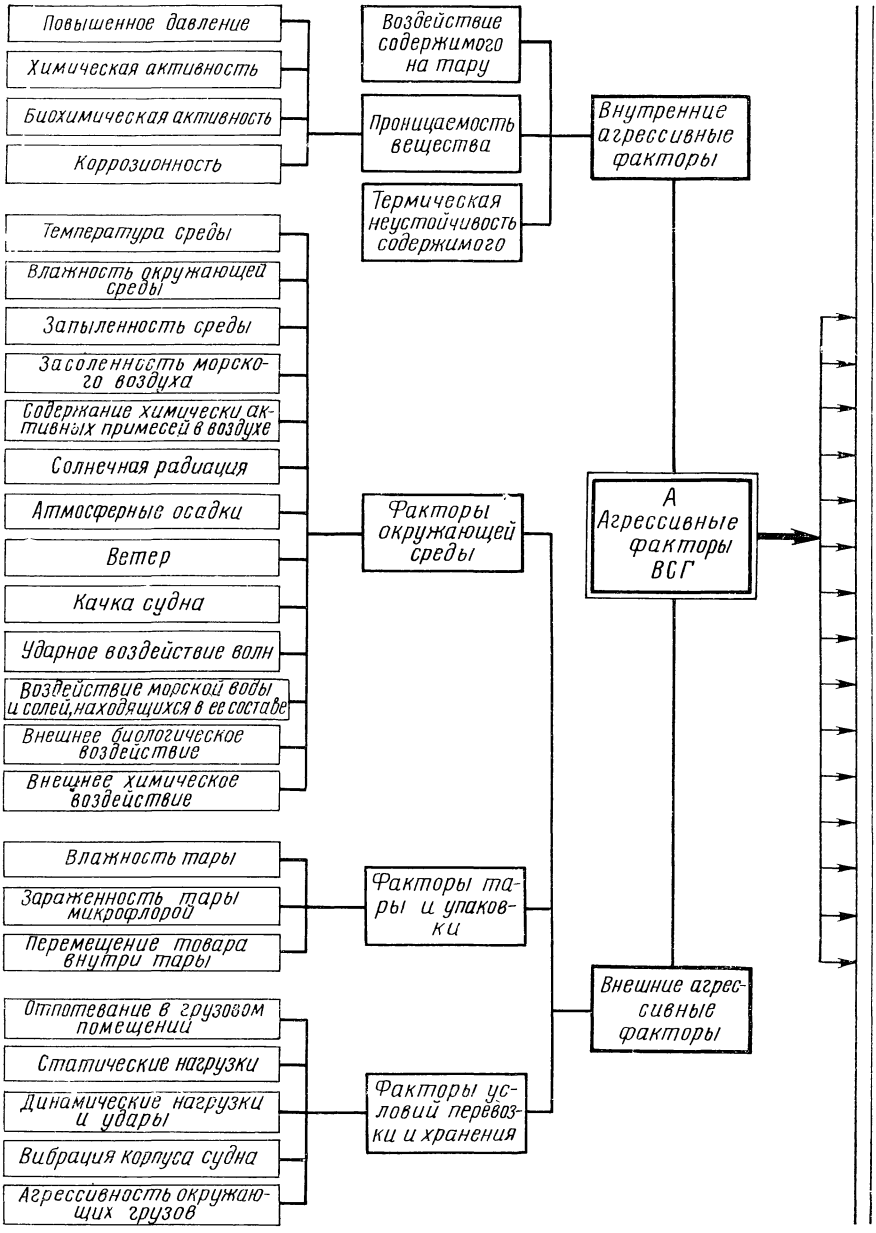
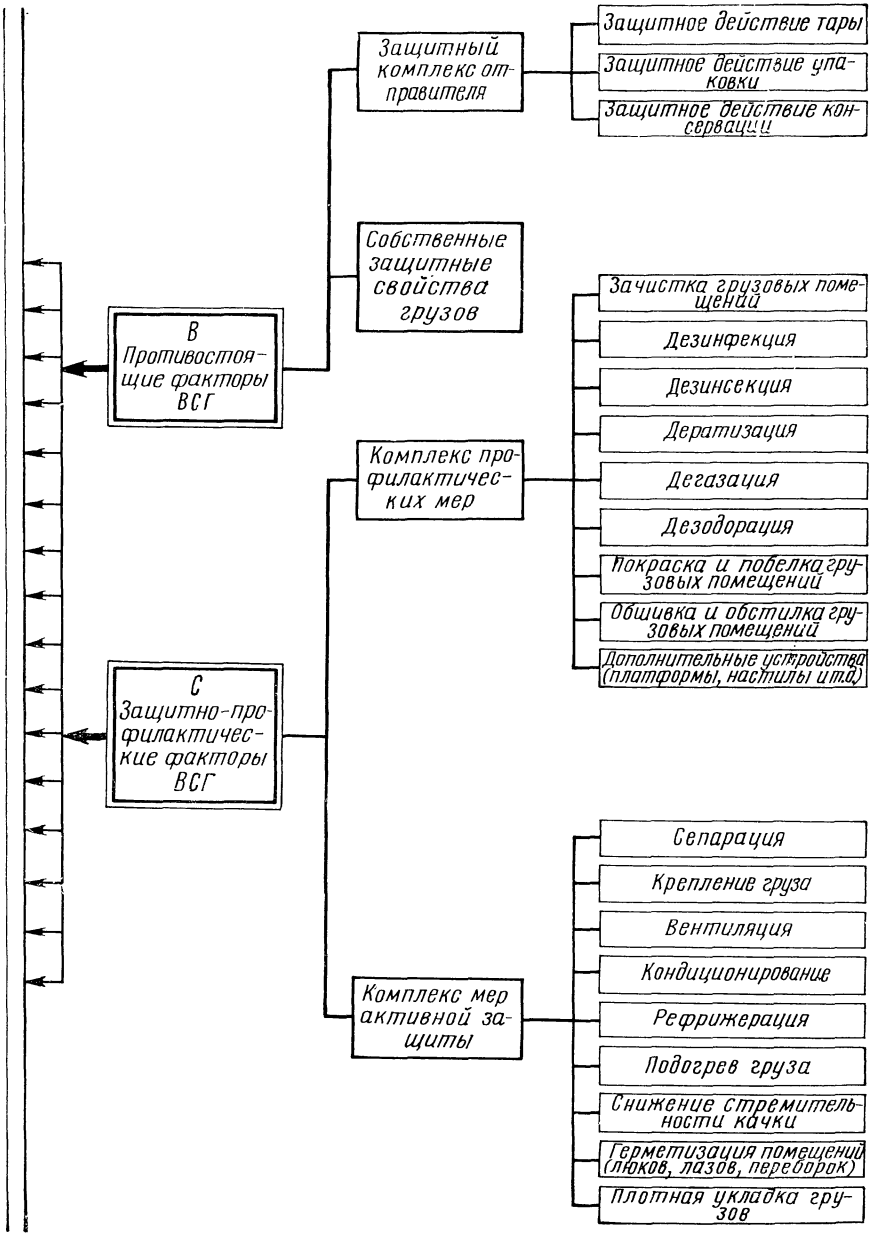


Рис. 22. Система факторов, влияющих



на сохранность грузов, — ВСГ (по Н. А. Панибратцу)

нительные меры на самом судне или в порту. В других случаях может выявиться непригодность определенного судна или грузового помещения для перевозки конкретного груза и необходимость его замены или исключения из сферы перевозок данного груза. В третьих случаях может понадобиться усовершенствование судовых систем обеспечения сохранности груза или принятие соответствующих мер грузоотправителем (замена или усовершенствование тары и упаковки либо дополнительная технологическая обработка товара).

Прогнозирование несохранных перевозок грузов может стать основанием для решения коммерческо-правовых вопросов — увеличение тарифа или ставки фрахта, увеличение страхового вознаграждения, установление повышенной нормы естественной убыли груза.

Глава 6

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУЗОВ

§ 6.1. Вязкость и давление жидких грузов

Вязкость (внутренее трение частиц) является важной характеристикой наливного груза, так как от нее зависит скорость перекачки груза и величина остатка его в танке (налипание). Потребная мощность насосов при ламинарном движении жидкости прямо пропорциональна, а при турбулентном движении пропорциональна корню третьей или четвертой степени из значения кинематической вязкости.

Абсолютной (динамической) вязкостью, или коэффициентом внутреннего трения η, называется сила сопротивления относительному движению двух слоев жидкости, каждый площадью в 1 м^2, находящихся на расстоянии 1 м друг от друга и движущихся со скоростью 1 м/с относительно друг друга при приложении на один из слоев силы в 1 Н в направлении этого слоя. Единица динамической вязкости — паскаль-секунда (Па·с). В системе СГС единицей динамической вязкости является пуаз (П), равный 10^{-1} Па·с.

Кинематической вязкостью ν называется отношение коэффициента динамической вязкости η к плотности ρ жидкости. Кинематическая вязкость выражается в квадратных метрах в секунду (м^2/с) или в стоксах (см^2/с).

В практике чаще пользуются единицами *условной вязкости* (°ВУ или °E), под которой понимают отношение времени истечения определенного количества (в СССР — 200 мл) испытуемой жидкости при определенной температуре ко времени истечения такого же количества дистиллированной воды (в СССР — при $t = 20°$ С). В СССР вязкость определяется методами, изложенными в ГОСТ 6258—52 (условная), ГОСТ 33—66 (кинематическая), а также в ГОСТ 7163—63, 3153—51, 2400—51, 3546—60, 1532—54.

Жидкости с высокой вязкостью вызывают большое сопротивление при их перекачке насосами и часто требуют их подогрева перед погруз-

кой или выгрузкой, что сопряжено с дополнительными затратами (устройство систем подогрева, расход энергии, затраты времени и т. д.). Высоковязкие грузы в некоторых случаях могут вызывать остаточный крен судна.

Жидкие грузы, перевозимые в закрытых емкостях, создают дополнительное давление на стенки сосудов в результате испарения жидкости и насыщения ее парами газового пространства сосуда. Давление насыщенных паров жидкости зависит от температуры (рис. 23) и может превышать величину нормального барометрического давления (например, сероуглерод при 50° С и диэтиловый эфир при 35° С и более). Увеличение давления насыщенных паров жидкости при повышении температуры груза приводит к общему увеличению давления внутри сосуда, поэтому прочность таких сосудов должна быть соответственно рассчитана. Увеличение давления в танках судна приводит к уходу испарившегося нефтепродукта в атмосферу и потере его, что требует принятия специальных мер.

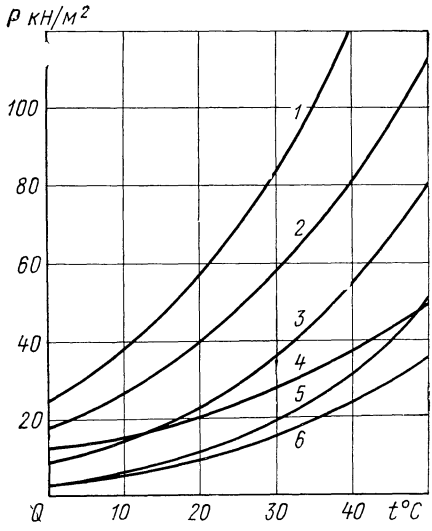


Рис. 23. Давление насыщенного пара некоторых жидкостей:
1 — диэтиловый эфир; *2* — сероуглерод; *3* — ацетон; *4* — бакинский авиабензин; *5* — метиловый спирт; *6* — бензол

§ 6.2. Сыпучесть и разжижение грузов

Сыпучесть и разжижение навалочных и насыпных грузов являются важными характеристиками, определяющими условия безопасности перевозки таких грузов. Важную роль играет сыпучесть груза в перегрузочном процессе и технологии складирования грузов.

Сыпучестью называется способность зернистого материала перемещаться под действием сил тяжести или динамического воздействия. Сыпучесть груза, характеризующая степень подвижности его частиц, оценивается величинами угла естественного откоса и угла внутреннего трения, а в общем случае — величиной сопротивления сдвигу. Во время рейса под воздействием качки судна сыпучий груз, имеющий свободную поверхность, пересыпается с одного борта на другой, в результате чего судно может получить опасный крен и даже перевернуться. В. И. Коробцов [8] экспериментально показал, что пересыпание зернового груза происходит по законам, отличным от законов перетекания жидкости. В начальный момент крена, в результате действия сил сцепления частиц груза, его поверхность остается неподвижной.

Когда крен достигнет такого значения, что угол между поверхностью насыпи и горизонтом будет больше угла естественного откоса груза на 8—10°, зерновая масса начинает быстрое, прогрессирующее перемещение в сторону накрененного борта. Обратного перемещения груза может не быть, так как крен в противоположную сторону уменьшается за счет смещения центра тяжести судна в сторону. пересыпавшегося груза. В соответствии с Нормами Регистра СССР к сыпучим грузам, опасным с точки зрения перемещения в трюме, относятся все зерновые грузы, а также другие сыпучие грузы, угол естественного откоса которых 35° и менее.

Углом естественного откоса α, или углом покоя, называется угол между образующей и плоскостью основания штабеля. Угол покоя определяет необходимую площадь штабелирования груза и объем внутритрюмных штивочных работ. На одной и той же площади можно уложить тем больше груза, чем больше угол покоя. В этом случае объем и высота штабелей растут пропорционально тангенсу угла покоя.

Для определения угла откоса штабеля служит угломер (рис. 24), который состоит из направляющей рейки и измерительного устройства. Измерительное устройство состоит из каркаса, на котором укреплены шкала и указатель. В лабораторных условиях угол покоя определяется на приборах различных систем. Простейшим из них является ящик размерами 300 × × 190 × 200 мм (или больше), одна сторона которого остеклена. Ящик на 1/3 заполняется испытуемым грузом, а затем осторожно поворачивается на 90° так, чтобы стеклянная стенка располагалась вертикально. Угол покоя измеряется транспортиром. При этом необходимо обеспечивать горизонтальность расположения кромки ящика, к которой прикладывается транспортир.

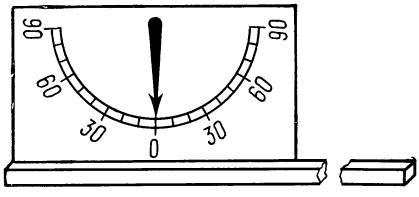


Рис. 24. Угломер

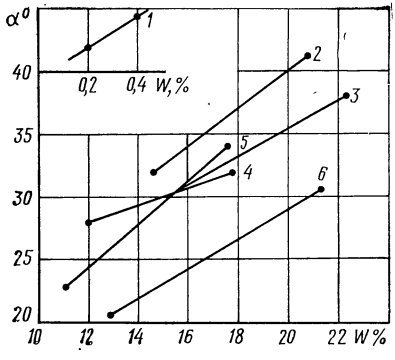


Рис. 25. Зависимость угла естественного откоса от влажности груза:

1 — сахар-сырец; *2* — овес; *3* — пшеница; *4* — ячмень; *5* — рожь; *6* — люпин

Угол естественного откоса груза зависит от рода и кондиционного состояния груза. С увеличением влажности груза угол естественного откоса растет, что видно из графиков рис. 25. Угол покоя многих навалочных грузов, особенно рыхлых и пористых, при длительном хранении увеличивается за счет уплотнения и слеживаемости груза до 80—90°. Различают угол естественного откоса в покое и в движении, т. е. угол свободно на-

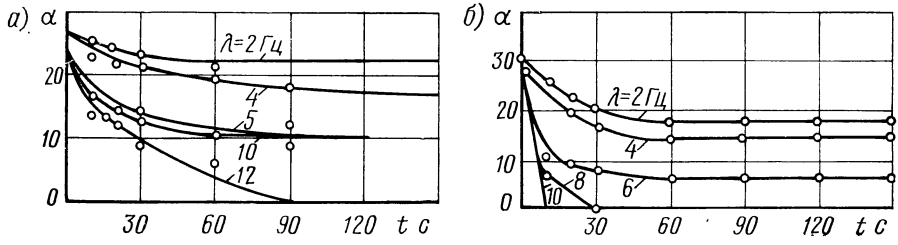


Рис. 26. Зависимость угла естественного откоса проса от частоты и продолжительности вибрации [8] при колебаниях:
а — вертикальных; *б* — горизонтальных

сыпанной кучи груза, находящейся в покое, и угол, который образуется при движении массы груза по транспортеру или лотку. В покое угол естественного откоса груза на несколько градусов (часто на 10—18°) больше, чем в движении.

Существенное влияние на угол естественного откоса оказывают динамические нагрузки, особенно вибрация [8]. В лабораторных условиях получено снижение угла естественного откоса до нуля для ряда насыпных грузов при определенной критической частоте вибрации — 6—8 Гц при вибрации в горизонтальной и 10—12 Гц — в вертикальной плоскости. Характер изменения угла естественного откоса от частоты и продолжительности вибрации показан на рис. 26.

Сопротивление сдвигу складывается из сопротивления трению твердых частиц материала между собой по поверхности скольжения и из сопротивления связности, которая определяется силами сцепления частиц. Для случая предельного равновесия сыпучей среды зависимость между величиной сопротивления сдвигу τ (касательным напряжением сдвига), напряжением сжатия σ и силой сцепления частиц c может быть определена по закону Кулона

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi, \qquad (81)$$

где φ — угол внутреннего трения, $\operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент внутреннего трения.

Для идеально сыпучей среды, не имеющей сил связи между частицами c, угол внутреннего трения равен углу естественного откоса. К таким грузам могут быть отнесены сухие и воздушно-сухие зернистые материалы, обладающие повышенной сыпучестью. Влажные и плохосыпучие (связные) материалы обладают значительными силами сцепления частиц. Силы сцепления (начальное сопротивление сдвигу) идеально сыпучих материалов, находящихся в увлажненном состоянии, достигают значений 150—200 Па. Для плохосыпучих материалов эта величина в 5—8 раз больше.

Величины сопротивления сдвигу τ, силы сцепления частиц и угла внутреннего трения φ определяют экспериментально методами прямого среза, одноосного или трехосного сжатия. Наиболее универсальным является метод прямого среза. Метод одноосного сжатия применим только для оценки общего сопротивления сдвигу связных материалов,

при условном допущении, что поле напряжений в образце однородно. Метод трехосного сжатия является более надежным.

Силы сцепления частиц могут быть двоякого рода: простое механическое зацепление частиц и молекулярное сцепление частиц силами притяжения пленочной жидкости, покрывающей частицы материала. Фактор зацепления в большой мере зависит от формы, размеров и шероховатости частиц, плотности укладки частиц в массе материала. Силы сцепления, вызванные молекулярными силами притяжения пленочной жидкости, зависят от свойств и толщины пленки жидкости.

Эксперименты показывают, что силы сцепления увеличиваются с ростом влажности сыпучего груза. Однако у некоторых грузов при достижении определенной, так называемой критической, влажности происходит внезапная потеря или резкое снижение сил сцепления (рис. 27). Такое явление приводит груз в псевдожидкое состояние, опасное с точки зрения остойчивости судна. Механизм этого явления еще недостаточно изучен.

Можно предложить следующую гипотезу потери грузом сил сцепления при увлажнении. Как показывают опыты и практика, разжижение груза происходит при наличии в нем жидкости смачивания, т. е. жидкости, которая покрывает частицы груза пленкой достаточно большой толщины. В воздушно-сухом состоянии груз содержит только гигроскопическую влажность (см. § 6.9) и действуют только силы зацепления. При появлении на поверхности частиц адсорбционной влаги последняя удерживает частицы силами притяжения, и поэтому силы сцепления частиц растут. Энергия связи мономолекулярного слоя адсорбционно-связанной жидкости велика (порядка $n \cdot 10^{10}$ эрг/моль), поэтому частицы сцепляются сильнее.

При увеличении влажности между частицами появляется жидкостная манжета (рис. 28, *а*), которая усиливает сцепление частиц за счет поверхностного натяжения жидкости. При дальнейшем увеличении жидкости поверхностное натяжение остается только в пузырьках воздуха, остающихся между частицами груза. Эти пузырьки при дальнейшем увеличении количества воды и динамических воздействиях на груз исчезают, а слой воды, разделяющий частицы, увеличивается, становится полимолекулярным (рис. 28, *б*).

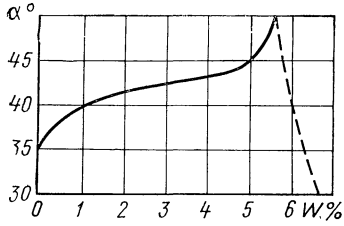


Рис. 27. График зависимости угла естественного откоса гранулированного серного колчедана от влажности по данным П. О. Петрова

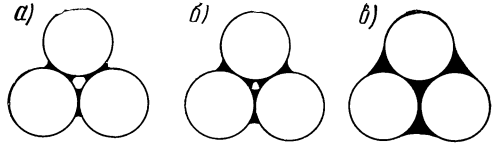


Рис. 28. Заполнение водой пустот между частицами груза:

а — жидкостная манжета; *б* — объединение жидкостных манжет; *в* — заполнение водой всего пространства

При большом количестве воды частицы разделяются не адсорбционно-связанной влагой, а влагой смачивания, которая не обладает свойствами адсорбционно-связанной влаги и не сцепляет, а разделяет частицы (рис. 28, *в*). В результате силы сцепления резко уменьшаются и груз превращается в псевдожидкую массу, способную к медленному перемещению. Появляется текучесть груза.

Явление текучести сыпучего груза часто связывают с тиксотропными явлениями. В. И. Коробцов [8] понимает под тиксотропией физико-химическое явление, протекающее при неизменной влажности и температуре и состоящее из двух противоположных неразрывно связанных и взаимообратимых процессов — разупрочнения и упрочнения материала. В коллоидной химии под тиксотропией понимается самопроизвольное развитие структуры под влиянием броуновского движения с увеличением ее механической прочности в результате ориентированной коагуляции и увеличения количества образующихся связей между частицами материала. Такое понятие тиксотропии может быть отнесено к коллоидным капиллярно-пористым материалам с предельно малыми размерами частиц.

Явление разжижения ряда руд и рудных концентратов не нашло еще удовлетворительного объяснения и требует дальнейших серьезных исследований.

§ 6.3. Слеживаемость, смерзаемость и спекаемость грузов

Слеживаемостью называется свойство груза переходить в состояние слежалости, характеризующееся прочным сцеплением частиц груза, частичной или полной потерей скважистости, максимальной плотностью, что приводит к потере грузом сыпучести. Слеживаемости наиболее подвержены бокситы, хромистые, оловянные и марганцевые рядовые руды, суперфосфат, калийные и азотные удобрения, сульфат, селитра, различные соли.

Причинами слеживаемости являются: сцепление частиц груза от сдавливания, кристаллизация солей из растворов и переход соединений вещества из одних модификаций в другие, химические реакции в грузах. Степень слеживаемости зависит от размера, формы, равномерности и характера поверхности частиц груза, наличия и свойств примесей, условий хранения груза, его влажности, гигроскопичности, параметров окружающего воздуха, длительности хранения, высоты штабеля. С увеличением размера частиц груза уменьшается число точек соприкосновения между частицами в единице объема груза, падает относительная прочность слипания частиц и уменьшается слеживаемость груза. Чем однороднее груз по своему гранулометрическому составу, тем меньше относительная степень слеживания.

Существенным фактором, обусловливающим слеживаемость груза, является влажность вещества. При слеживаемости, вызванной давлением на груз (руды, уголь), от увеличения влажности груза усиливается сцепление частиц. В грузах, содержащих водорастворимые вещества (соли поваренная, каменная), повышение влажности приводит к образованию насыщенного раствора этого вещества, который при подсыха-

нии образует большое количество частиц, слипающихся со старыми частицами. В ряде грузов увеличение влаги ускоряет химические процессы, приводящие к образованию новых соединений, сцепляющих свободные частицы груза.

Чем лучше растворяются вещества в воде и чем большей кристаллизационной способностью они обладают, тем больше способность груза к слеживанию. Если слеживаемость происходит в результате химических реакций, то чем ниже значение гигроскопической точки, тем сильнее слеживается груз. При колебании относительной влажности воздуха около гигроскопической точки груза груз будет то увлажняться, то подсыхать, что приведет к интенсивному процессу слеживания. В условиях морской транспортировки наибольшей слеживаемости подвержены грузы с гигроскопической точкой 60—80%.

Слеживаемость увеличивается, если груз хранится долгое время. Слеживаемость малогигроскопических грузов заметно растет с высотой штабеля. Грузы с высокой гигроскопичностью могут слеживаться в одинаковой степени в больших и малых штабелях.

Загрязнение или наличие в навалочном грузе примесей, хорошо растворимых в воде, увеличивает способность грузов к слеживанию. Грузы, подверженные слеживаемости, следует хранить в условиях, исключающих или уменьшающих влагопоглощение. Гигроскопические грузы, подверженные сильной слеживаемости, следует упаковывать в плотную влагонепроницаемую тару либо закрывать их плотно брезентами или пленками из пластика. Хорошие результаты дает хранение в закрытых помещениях, где нет воздухообмена с окружающей средой. Вместо укрытия иногда применяется присыпка поверхности груза веществами, которые не портили бы груз, но связывали атмосферную влагу.

Смерзаемость есть свойство груза превращаться в сплошную массу и терять свою сыпучесть при отрицательной температуре. Это свойство аналогично слеживаемости груза, и по результату они идентичны. При смерзаемости также происходит слипание частиц груза, которое тем больше и сильнее, чем мельче и шероховатее частицы груза, больше влажность и пористость его. Смерзаемости в наибольшей степени подвержены рыхлые, пористые, мелкозернистые руды и полезные ископаемые. Крупнокусковые твердые навалочные грузы более устойчивы против смерзаемости.

Мероприятия по борьбе со смерзаемостью могут быть профилактические, т. е. предупреждающие смерзание, и восстанавливающие сыпучесть смерзшегося груза. Профилактические мероприятия производятся грузоотправителем. Они должны быть безвредны либо полезны для последующего использования груза по назначению. Мероприятия, восстанавливающие сыпучесть груза, требуют больших затрат энергии, труда и времени и отрицательно сказываются на организации транспортного процесса.

Способы борьбы со смерзаемостью делятся по принципу действия на физические, химические, физико-химические и механические.

К физическим способам относятся: замораживание с последующим разрушением корки для придания грузу крупнокусковой структуры;

обезвоживание груза; выстилание дна и стен вагонов и судов; создание несмерзающихся прослоек (пересыпка) из гигроскопических материалов — опилок, соломы, камыша; обмасливание груза минеральными маслами; оттаивание (размораживание) в специальных закрытых помещениях — тепляках или нагревательных камерах или под открытым небом — паром, горячей водой, горячим воздухом или продуктами сгорания, инфракрасными излучателями. Для оттаивания смерзшегося в вагонах груза применяют инфракрасные излучатели, представляющие собой тепловые экраны с установленными на них специальными лампами инфракрасного излучения, либо керамические и металлические поверхности, нагреваемые газом, электроспиралями. Экраны должны иметь температуру 500—600° С. Наивыгоднейшее расположение ламп и экранов от материала 150—450 мм.

Химические способы основаны на способности некоторых химических веществ поглощать влагу из груза и при этом выделять тепло. Обычно для этих целей используют негашеную известь из расчета 15—30 кг извести на 1 т груза. Известью нельзя обрабатывать руды, идущие на флотацию, в частности медные руды. В остальных случаях химические способы безвредны. Препарат либо смешивается с грузом, либо засыпается под него. Физико-химические способы основаны на способности некоторых химических веществ образовывать водные растворы с низкой температурой замерзания. Так, например, 23,1%-ный водный раствор NaCl замерзает при температуре —22,4° С, а 58,8%-ный раствор $CaCl_2$ — при —54,9° С. Механические способы предусматривают рыхление смерзшегося груза.

Наиболее рациональны профилактические меры — выпуск продукции с влажностью, предотвращающей смерзаемость и замораживание груза с перелопачиванием. В зимнее время руды должны иметь влажность не более 4%, мелкокусковые пористые каменные угли — не более 5, апатитовый концентрат — не более 0,5%.

Восстановление сыпучести смерзшихся или слежавшихся грузов в порту проводят обычно рыхлением при помощи пневматических или электрических отбойных молотков, специальных бурорыхлительных, виброрыхлительных механизмов.

Для перегрузки слежавшихся грузов, перевозимых в закрытых вагонах (поваренная и калийная соль, суперфосфат, сульфат аммония), применяют перегрузочные машины типов МВС-2 и МВС-3, МВГ, ПСГ и др. Исследованиями установлено, что в целях рыхления навалочного груза в трюме судна можно производить взрывы аммоналовыми шашками весом до 150 г на расстоянии не менее 1,5 м от борта и других конструктивных элементов судна. Для рыхления поваренной соли можно применять только аммиачно-селитряные взрывчатые вещества (аммониты) с детонаторами в бумажной упаковке.

При смерзании навалочного груза в порту необходимо регулярно разрушать образовавшуюся корку смерзшегося груза.

Спекаемостью называется слипание частиц груза под воздействием изменения температуры. Спекаемости подвержены перевозящиеся навалом тугоплавкие материалы (пек, гудрон, асфальт), а также агломераты руд, поступающие в трюм судна в горячем состоянии. Спекае-

мость тугоплавких материалов, которые перевозят навалом, практически предотвратить нельзя. Выгрузка таких грузов очень трудоемка, поэтому их следует перевозить в таре или наливом с подогревом и только в отдельных случаях при низких температурах — навалом.

Неизбежен процесс спекания горячего агломерата. Если агломерат до погрузки на судно складируется, то необходимо по мере спекания поверхностного слоя дробить его путем киркования или с помощью грейфера. При погрузке горячего агломерата в судно в пути груз покрывается твердой коркой спекшегося продукта. Для уменьшения этого процесса уменьшают скорость охлаждения груза, принимая конструктивные меры.

§ 6.4. Огнеопасность и взрывоопасность грузов

Огнеопасными, или пожароопасными, считаются вещества, способные при возникновении воспламенения к самораспространяющемуся горению. Для возникновения горения необходимо наличие трех основных условий: наличие смеси горючего вещества с окислителем в определенных пропорциях; наличие источника воспламенения, способного нагреть эту смесь до температуры воспламенения; возникновение воспламенения смеси, способного к самоподдерживаемому распространению реакции горения.

Воспламенение и горение могут происходить при определенных концентрациях горючего вещества в воздухе, ограниченных для газов, паров и пыли верхним и нижним концентрационными пределами воспламенения, которые также называют пределами взрываемости. Концентрация паров вещества в воздухе определяется объемными процентами $K_{об}$ или плотностью паров вещества ρ (кг/м^3)

$$K_{об} = \frac{p_i}{p} 100\%; \quad \rho = \frac{Mp_i}{pV_t}, \tag{82}$$

где p_i — давление паров жидкости, Па;

p — давление смеси, Па;

M — молекулярная масса пара, кг/кмоль;

V_t — объем килограмм-молекулы пара или газа при заданной температуре T и давлении p;

$$V_t = \frac{22{,}4 p_0 T}{273p}; \tag{83}$$

p_0 — нормальное барометрическое давление, равное 101,325 кПа или 760 мм рт. ст.

Область воспламенения (диапазон между нижним и верхним концентрационными пределами) зависит от свойств вещества, мощности источника воспламенения, наличия примесей, температуры и давления горючей смеси. Наибольшая область воспламенения у ацетилена (2,1÷80,0%) и диборана (0,9 ÷ 98), наименьшая — у бензина (1,3÷÷6,0), бутана (1,0÷8,5), фреона-142 (8,5÷14,0), керосина (2,0÷3,0%) и других газов и жидкостей. Опасность вещества тем больше, чем шире

область воспламенения и ниже нижний концентрационный предел взрываемости.

Концентрационные пределы взрываемости удобны для характеристики степени пожароопасности газов и пылей. Для горючих жидкостей более удобными являются температурные пределы воспламенения.

Нижнему концентрационному пределу соответствует наименьшая температура жидкости, при которой насыщенные пары жидкости способны воспламениться от кратковременного (до 5 с) действия внешнего источника воспламенения. Такая температура называется *температурой вспышки*, широко используемой в практике для оценки степени опасности жидкостей. Температура вспышки зависит от свойств жидкости и условий проведения опыта. Существуют два метода определения температуры вспышки: в открытом и закрытом сосуде (тигле). Температура вспышки, определенная в открытом сосуде, выше, чем при определении в закрытом сосуде. Более стабильные результаты дает метод закрытого сосуда. В СССР температура вспышки определяется в закрытом сосуде по ГОСТ 6356—52 (в приборе ПВН по ГОСТ 1421—53) и в открытом сосуде — по ГОСТ 4333—48 (в приборе по ГОСТ 1369—42).

При температуре вспышки воспламеняются и сгорают только пары жидкости. Количества выделившейся при этом теплоты может быть недостаточно для испарения новых порций горючего вещества, чтобы горение продолжалось. Минимальная температура жидкости, при которой возможно устойчивое горение испаряющихся из нее паров, называется *температурой воспламенения*, которая обычно несколько выше температуры вспышки. У жидкостей с температурой вспышки более 100° С это превышение составляет до 30° С, а при $t_{всп} \approx 0°$ С — до 1—2° С. Таким образом, продолжение горения возможно лишь при условии, если в зону горения будет поступать достаточное количество горючей смеси (паров и кислорода).

Для возникновения горения необходим начальный импульс, т. е. источник воспламенения, которым могут быть: высокотемпературный источник тепловой энергии — накаленное тело, искры, пламя; экзотермические химические реакции; источник электроэнергии — искры, дуги, разряды статического электричества; источник механической энергии — трение, удар, сжатие; источник световой энергии — фокусировка лучей, теплоизлучение пламени или нагретого тела. Источник воспламенения должен обладать энергией достаточной величины и продолжительности для того, чтобы нагреть минимальный объем горючей смеси до температуры, при которой смесь вступает в химическую реакцию горения, способную выделять энергию, достаточную для самоподдерживаемого горения смеси. Такую температуру называют *температурой самовоспламенения* вещества. Температура самовоспламенения значительно выше температуры вспышки и зависит от условий воспламенения, свойств и однородости вещества. Например, температура самовоспламенения бензина 510—530° С, керосина — 290—430° С при температуре вспышки около минус 30° и плюс 45° С соответственно.

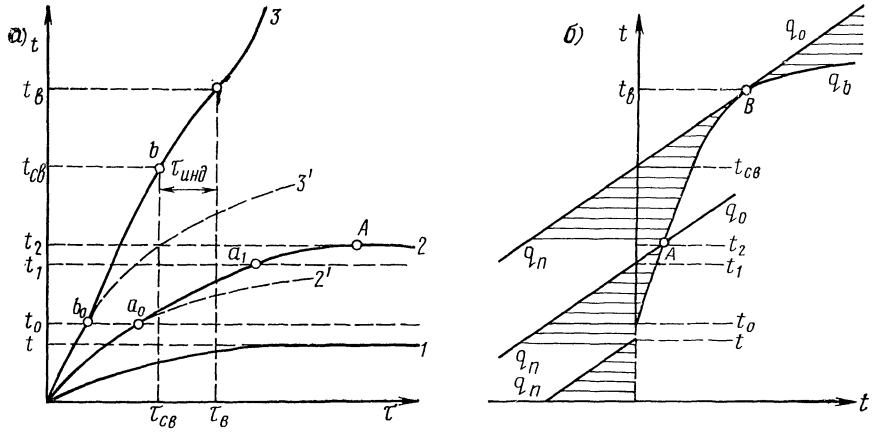


Рис. 29. Схемы процесса теплового воспламенения:
а — график температуры горючей смеси; *б* — график тепловыделений и теплоотдачи

Схема теплового воспламенения горючего вещества показана на рис. 29. Если горючее вещество поместить в среду, нагретую до температуры ниже t_0 (температура начала окисления), то температура вещества будет с течением времени τ изменяться по кривой *1* до выравнивания ее с температурой среды t (рис. 29, *а*) за счет поступления тепла из окружающей среды $q_п$ (абсцисса заштрихованного участка показывает интенсивность поступления тепла).

При нагревании вещества до температуры выше t_0 происходит процесс окисления вещества с выделением тепла, интенсивность которого зависит от температуры (кривая q_b, на рис. 29, *б*). Интенсивность отвода тепла пропорциональна разности температур вещества и окружающей среды (кривая q_0, см. рис. 29, *б*). Если вещество нагревать до какой-то температуры t_1 выше t_0, то до температуры t_0 действуют обычные законы теплопередачи, а при температуре выше t_0 (точка a_0) начинается выделение теплоты реагирующей смесью, и температура начнет подниматься несколько интенсивнее (кривая *2*), чем в обычном случае (кривая *2'*). При достижении температуры окружающей среды (точка a_1) начнется теплоотдача и интенсивность роста температуры упадет. В точке *A* (см. рис. 29, *а*) рост температуры прекратится, так как теплоотдача станет равной тепловыделениям (точка *A*, см. рис.29 *б*) и воспламенения не наступит.

Для того чтобы смесь могла воспламениться, необходимо нагреть ее до температуры $t_{св}$ или более, при которой теплоотдача не становится больше тепловыделений (точка *B*, см. рис. 29, *б*). На участке повышения температуры от $t_{св}$ до $t_в$ происходит увеличение теплоотдачи и интенсивность дополнительного теплопоступления (абсцисса заштрихованного участка) уменьшается. Однако при достижении смесью температуры $t_в$ интенсивность выделения теплоты реакции превышает теплоотдачу и начинается процесс самопроизвольного горения. Температура $t_в$ является истинной температурой самовоспламенения

вещества, а период времени, за который вещество нагреется от температуры $t_{св}$ до $t_в$, называется периодом индукции. В качестве показателя температуры самовоспламенения в практике принимают величину $t_{св}$.

Источник воспламенения может воспламенить смесь, если он нагреет ее до температуры более $t_{св}$ и обеспечит поддержание этой температуры в течение периода индукции $\tau_{инд}$.

В практических условиях перевозки степень опасности газов и паров жидкости зависит также от их относительной плотности (по отношению к воздуху). Легкие пары и газы поднимаются вверх и могут легко рассеиваться в воздухе, исчезая из оперативной зоны (причал, склад, трюм) либо, наоборот, скапливаясь в верхней части закрытых помещений (подпалубное пространство). Тяжелые газы скапливаются в нижней части трюма, у пола склада или в углублениях (льяла трюмов, канавы в порту и т. п.), что требует соответствующего учета при переработке или перевозке горючих жидкостей и газов.

Взрывоопасными в общем случае считаются грузы, способные вызвать физический или химический взрыв (ядерный взрыв здесь не рассматривается). Физический взрыв в процессе морской транспортировки могут вызвать сжатые и сжиженные газы, перевозящиеся под давлением, достигающим 200 кгс/см^2 и более (200 даН/см^2). При взрыве газов и паров горючих веществ создается давление порядка 10 даН/см^2 (смесь водорода с кислородом — 6 кгс/см^2, смесь метана и пропана с воздухом — 7—9 кгс/см^2.) Взрывчатые вещества (ВВ) создают значительно большее давление — порядка $1 \cdot 10^3$—$3 \cdot 10^5$ даН/см^2 (пороха — 1—10 тыс. кгс/см^2; детонирующие ВВ — 200—300 тыс. кгс/см^2).

Возможность химического взрыва определяется четырьмя условиями: экзотермичностью реакции (выделением тепла), выделением большого количества газов и паров, большой скоростью реакции и способностью ее к самораспространению. Невыполнение какого-либо условия означает невозможность взрыва.

В зависимости от механизма протекания химической реакции различают два вида взрывчатого превращения вещества — горение и детонацию. Горением ВВ называют химическую реакцию, при которой энергия передается от горячих продуктов к ближайшим слоям в форме тепла за счет процессов теплопередачи и диффузии газов и паров. Скорость распространения такой реакции зависит от давления. В незамкнутом пространстве горение ВВ может не привести к взрыву. В замкнутом пространстве в результате повышения давления скорость реакции резко увеличивается и происходит взрыв. Взрывчатые вещества, реакция превращения которых — горение, называются метательными.

Детонацией называют химическое превращение ВВ, при котором энергия передается волной сжатия, т. е. ударной волной, распространяющейся со скоростью нескольких тысяч метров в секунду. Это приводит к практически мгновенному взрыву всей массы ВВ. Детонирующие (бризантные) ВВ могут спокойно гореть при атмосферном давлении, но при повышении давления их горение становится неустойчивым и может перейти в детонацию. Взрыв бризантных ВВ трудно возбудить

простыми видами внешнего воздействия — удар, трение, пламя, накол. Для детонации бризантных ВВ обычно используют инициирующие ВВ, поэтому их также называют вторичными ВВ. Инициирующие ВВ легко взрываются от простых видов внешнего воздействия — пламени, накола, трения и являются наиболее опасными при хранении и перевозке.

Степень опасности грузов ВВ зависит не только от свойств самих веществ, но и от того, в каком количестве и как они упакованы или рассредоточены в соответствующем устройстве или таре, поэтому для транспортных целей они разделяются по степени транспортной опасности.

§ 6.5. Самосогревание и самовозгораемость грузов

Самосогреванием называют процесс повышения температуры груза, вызванный действием внутренних источников тепла — химических и биохимических процессов, протекающих в грузах. Самосогреванию подвержены многие грузы растительного происхождения (зерновые, волокнистые, жмых, рыбная мука, копра) и некоторые ископаемые (каменные и бурые угли, торф, древесный уголь), некоторые руды и рудные концентраты (пирит, серный колчедан, аргиллит, концентраты сульфидов меди, свинца, цинка, железа). Процесс самосогревания приводит к резкому ухудшению качества груза, уменьшает его количество и часто заканчивается самовозгоранием груза.

Самосогревание зерна вызывается в основном тремя причинами: биологическим процессом дыхания зерна, жизнедеятельностью микроорганизмов и жизнедеятельностью вредителей зерновых грузов. Иногда процесс самосогревания зерна и ряда других сельскохозяйственных продуктов (сено, солома, хлопок, лен, жмых, копра) бывает настолько сильным, что температура груза поднимается до 85—90° С, и груз превращается в углеобразную массу. При дыхании зерна и других семян, плодов и овощей поглощается кислород воздуха, выделяется углекислый газ и тепло. Энергия дыхания зависит от свойств груза и особенно увеличивается с ростом влажности и температуры. Наличие бактерий в растительных грузах вызывает самонагревание, которое иногда может перейти в самовозгорание. Развитию бактерий способствует повышение температуры и влажности. Жизнедеятельность микроорганизмов приводит, в свою очередь, к дальнейшему нагреванию груза, вследствие малой теплопроводности которого выделяющаяся теплота накапливается и температура повышается. При температуре 70° С микроорганизмы погибают, но температура продолжает повышаться, так как химические реакции между разлагающимся растительным грузом и кислородом воздуха продолжаются и приводят к самовозгоранию или обугливанию груза. Активная вентиляция груза способствует удалению выделяющихся углекислого газа и тепла.

В процессе хранения ископаемых углей происходит постоянное окисление углерода, что приводит к потерям качества и количества груза. Величина этих потерь зависит от марки, срока хранения и температуры угля. По данным ЦНИИ МПС, потери теплоты сгорания до-

нецких газовых углей за два года хранения при температуре до 30° С доходят до 2%, при 40° С — до 3, при 50° С — до 4%.

Решающим фактором самовозгорания углей являются процессы химического взаимодействия углерода с кислородом воздуха и воды. Процесс окисления углей имеет две стадии. В первой стадии, при (20÷25° С) образуются малоустойчивые перекисные соединения с выделением незначительного количества тепла. Во второй стадии (25÷÷180° С) наряду с перекисными реакциями происходит расщепление неустойчивых перекисных соединений. При этом освобождается 60—70% тепловой энергии окислительного процесса. Выделяющийся при расщеплении активный кислород, а также и другие свободные атомы и радикалы вместе с выделившимся теплом способствуют окислению новых порций вещества.

Наличие пирита, фюзена, фенолов и других непредельных соединений и минеральных примесей (железо, алюминий) способствует развитию процессов самосогревания и самовозгорания. Большая влажность углей снижает их способность к самовозгоранию. Характер процесса самонагревания каменных углей показан на рис. 30.

Температура груза, по достижении которой начинается бурный процесс окисления, переходящий в процесс самовозгорания угля, называется критической температурой. В соответствии с действующей в настоящее время инструкцией по долгосрочному хранению углей критической температурой для ископаемых углей считается 60° С. По французским инструкциям критической температурой считается 65—70° С, по английским — 58—75, по американским — 75—85° С. Отечественная практика показала, что критическая температура для бурых углей ниже 50° С, для большинства каменных углей 60—65° С, для антрацитов 80—83° С. В практике хранения угля в портах принято считать уголь теплым при температуре его 30—35° С, опасным в отношении самовозгорания — при 40—45 и горячим, близким к самовозгоранию, — при 60° С.

Сущность процесса самовозгорания подобна самовоспламенению, только этот процесс происходит при обычных окружающих температу-

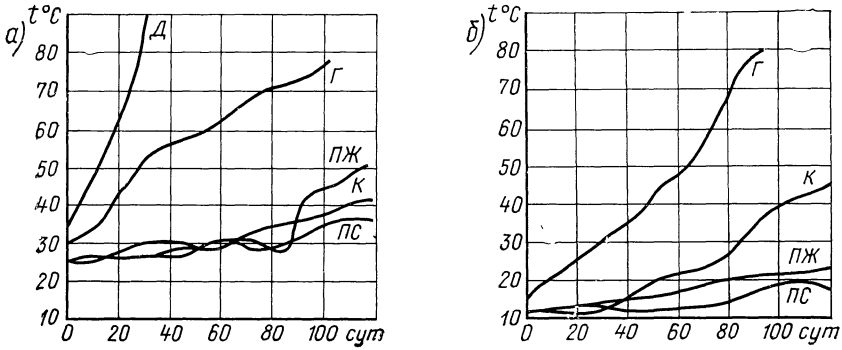


Рис. 30. Кривые изменения температуры углей в штабелях:
а — весенне-летний период; *б* — осенне-зимний период

рах, а период индукции может исчисляться сутками, неделями и даже месяцами.

Исходя из условий возникновения и протекания горения огнеопасные грузы делятся на три группы: самовозгорающиеся, легковоспламеняющиеся и горючие.

Самовозгорающимися называют вещества, способные самопроизвольно воспламеняться от теплоты, выделяющейся при химическом, физическом или биохимическом процессах при обычно встречающихся температурах. К таким грузам следует относить вещества, имеющие температуру самовоспламенения до 100° С.

Легковоспламеняющимися называют вещества, способные при обычно встречающихся температурах легко воспламеняться и гореть от источников воспламенения даже с малой энергией (искры, небольшое пламя). К ним относятся горючие газы и аэрозоли, жидкости с температурой вспышки до 61° С и твердые вещества с температурой самовоспламенения до 150° С.

Горючими называют вещества, способные загораться и гореть от действия достаточно мощного источника воспламенения. К ним относятся горючие жидкости с температурой вспышки 61—120° С и твердые вещества с температурой самовоспламенения более 150° С.

§ 6.6. Окислительные и коррозионные свойства грузов

В отличие от огнеопасных веществ, требующих присутствия кислорода для горения, окисляющие вещества имеют избыток кислорода, который они могут отдавать другим веществам, тем самым поддерживая или даже вызывая горение.

Окислением в химии называется не только процесс присоединения кислорода, но и процесс отнятия водорода, горение металлов в хлоре, броме, парах серы, а также вообще всякое присоединение металлоидов, т. е. многие реакции, в которых ни кислород, ни водород участия не принимают, но которые по своему существу сходны с типичными реакциями окисления и восстановления. Например, реакции окисления алюминия $4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$ соответствует реакция $2Al + 3Br_2 = 2AlBr_3$.

Главными окислителями считаются перманганат калия и двухромовокислый калий в сернокислом растворе, азотная кислота, галогены, бертолетова соль, гипохлорит натрия, перекись водорода. К окисляющим веществам относятся также многие нитраты и нитриты, кислородные соединения хлора, неогранические перекиси металлов, броматы, хроматы, персульфаты, кислоты и т. д. Особую группу представляют органические перекиси, которые не только действуют как окислители, но и сами в большинстве своем горючи. В силу своей химической неустойчивости эти вещества подвержены при некоторых условиях разложению, которое может привести к взрыву.

Большинство окисляющих веществ (кроме органических перекисей) в чистом виде разлагается при достаточно высокой температуре (не менее 100° С), которая в обычных условиях морской перевозки не

встречается. Основная опасность окислителей заключается в том, что они вызывают горение органических материалов, особенно если последние находятся в рыхлом или раздробленном состоянии (древесные опилки, ветошь, щепки, сено, солома, металлические порошки и т. п.).

Ряд окислителей образует с органическими материалами взрывчатые соединения, которые могут взрываться как под действием детонатора, так и при сильном огне. Некоторые такие смеси могут взрываться или воспламеняться под действием удара и трения, что особенно опасно при производстве грузовых работ или при качке судна, когда вполне реальна возможность трения и удара. Смеси окислителей с органическими материалами могут вызывать окислительно-восстановительную реакцию, сопровождающуюся увеличением температуры. Такое локальное увеличение температуры может привести к самовозгоранию системы.

Наличие окислителя в горючей среде имеет свои особенности, состоящие в том, что в этом случае для поддержания горения не требуется кислорода воздуха. Поэтому тушение пожаров при наличии окислителя объемными (инертные газы) и изолирующими (пена, песок, кошма и т. д.) огнегасительными средствами не приводит к подавлению огня. В этом случае нужны охлаждающие средства. Наиболее подходящим огнегасительным средством является вода в больших количествах, вплоть до затопления трюма.

Окисление металлов (коррозия) различными веществами является опасным при морской перевозке грузов, так как может привести к разрушению корпуса судна и тары грузов. Наиболее опасными с этой точки зрения являются сильные жидкие кислоты, сильные окислители и другие едкие вещества, активно корродирующие металлы. Сильное ржавление металла корпуса судна вызывают соли, многие удобрительные вещества и некоторые окислители, перевозимые навалом.

§ 6.7. Ядовитость (токсичность), инфекционная и радиационная опасность грузов

Многие грузы представляют непосредственную угрозу здоровью и даже жизни людей, связанных с их перевозкой, хранением и перегрузкой. Степень воздействия и пути попадания в организм ядовитых веществ различны и зависят не только от химических свойств и физического состояния вещества, но и от технических условий перевозки.

Для того чтобы ядовитое вещество (ЯВ) воздействовало на организм человека, необходимо, чтобы оно проникло в организм в количестве, способном произвести те или иные изменения в жизнедеятельности всего организма или отдельных его органов. Возможны три пути попадания ЯВ в организм человека: при вдыхании (ингаляции), через кожные покровы и при внутреннем введении (энтерально или перорально). Ингаляционное отравление возможно, если ЯВ находится в воздухе в виде газа, пара или пыли. Во втором случае необходимо, чтобы ЯВ попало на кожу человека в виде капель, пыли или загрязнения либо при контакте с паровой или газовой фазой вещества. Энтеральное от-

равление возможно только при приеме пищи или питья, курении или случайном проглатывании. Иначе говоря, только в третьем случае обычные меры предосторожности (не пить, не есть, не курить, ликвидировать загрязнение) вполне достаточны для предотвращения отравления. Чтобы предотвратить отравление через кожные покровы, может быть достаточным применение соответствующей спецодежды и защитных масок.

Гораздо сложнее защита от действия ЯВ, опасных при вдыхании. Постоянное ношение противогазов при переработке или перевозке любых ЯВ практически невозможно и в большинстве случаев нецелесообразно. Поэтому в аварийных случаях отравление должно предупреждаться соответствующими мерами (контроль за концентрацией ЯВ в воздухе рабочей зоны, немедленное удаление людей из аварийной зоны и ношение соответствующих дыхательных аппаратов — противогазов и кислородно-изолирующих приборов).

Сила действия ядовитого вещества на организм определяется его токсичностью. Токсичность вещества устанавливается, за редким исключением реально сложившегося отравления, косвенным путем в опытах с животными, чувствительность которых близка к чувствительности человека.

Различают нижний и верхний, а также переносимый и предельно допустимый пороги действия ядовитого вещества. Нижний порог действия ($\lim_{ir}$), или порог раздражения, определяется минимальной концентрацией отравляющего вещества, которая вызывает начальное типичное воздействие или еле ощутимое раздражение того или иного органа, наиболее подверженного действию данного ядовитого вещества.

Верхним порогом действия считают среднюю смертельную дозу LD_{50} или среднюю смертельную концентрацию LC_{50} при ингаляционном отравлении, которые вызывают смерть половины подопытных животных. Переносимым порогом действия, или границей переносимой концентрации ($\lim_{ac}$), называется концентрация ядовитого вещества в воздухе, при которой нормальный человек может находиться в течение 1 мин без какого-либо вреда для своего организма.

Предельно допустимым порогом, или предельно допустимой концентрацией (ПДК), называют максимальную концентрацию газа, пара или пыли, которая переносится человеком без каких-либо последствий при ежедневной восьмичасовой ингаляции, т. е. при многолетнем постоянном воздействии. ПДК определяют из практики в промышленных условиях или на основе опытов с животными.

Между показателями токсичности веществ существует следующая ориентировочная зависимость, которая может быть использована на практике при отсутствии иных показателей:

$$\text{ПДК} \approx 0{,}2 \div 0{,}5 \lim_{ir} \approx 6{,}6 \cdot 10^{-2} \lim_{ac} \approx 13 \cdot 10^{-4} LC_{50}.$$

Значения ПДК опасных веществ приводятся в Правилах МОПОГ, санитарных правилах, а также могут быть найдены в литературе по токсикологии и технике безопасности.

Реальная опасность ядовитых веществ при перевозке зависит от их возможности создавать опасные концентрации в воздухе при условиях инцидента (нарушения герметичности упаковки). В условиях инцидента с упакованными ядовитыми веществами важное значение имеют скорость образования опасных концентраций и условия окружающей обстановки. Чем выше относительная летучесть, тем быстрее пары могут достигнуть опасных концентраций, тем быстрее персонал, в присутствии которого произошел инцидент, должен покинуть опасную зону или принять меры химической защиты (надеть противогазы или кислородно-изолирующие приборы).

В обычных условиях перевозки в трюмах судна возможно образование постоянных концентраций ядовитых паров в воздухе вследствие неплотности укупорки тары и диффузии вещества. Концентрация паров вещества зависит от интенсивности поступления их в грузовое помещение, скорости диффузии в воздухе, плотности паров и вентиляционного режима грузового помещения.

Пары и газы, не обладающие ядовитыми или наркотическими свойствами, тем не менее могут быть опасными для жизнедеятельности человека, так как при высоких концентрациях паров уменьшается количество кислорода в воздухе, что вызывает кислородное голодание. Снижение содержания кислорода до 10—15% приводит к нарушению нормальных физиологических функций организма, а 7—8% считается пределом, за которым наступает кислородное голодание. Содержанию кислорода 7—8%, при котором наблюдается асфикция (удушение), соответствует давление паров или газов около 470 мм рт. ст. 62 кПа.

Инфекционная опасность возникает при перевозке живого груза, сырых животных продуктов или бактериологических препаратов. Перевозка таких грузов осуществляется под наблюдением, контролем и на основании специальных правил и инструкций компетентных органов— Главного санитарно-эпидемиологического управления Министерства здравоохранения, ветеринарной службы Министерства сельского хозяйства и их органов на местах (см. § 9.4).

Радиация в результате воздействия ионизирующих (или радиоактивных) излучений, которые представляют собой электромагнитное корпускулярное излучение (альфа-, бета-, гамма-, рентгеновское, нейтронное), в первую очередь создает опасность для здоровья людей и животных.

Альфа-излучение представляет собой поток сравнительно тяжелых частиц — ядер атомов гелия, пролетающих в воздухе до 11 см. Эти частицы поглощаются в тонких слоях материалов и при внешнем облучении могут поражать только поверхностные слои тела человека. Обычная одежда, очки или слой воздуха в несколько десятков сантиметров являются достаточной защитой от альфа-излучений.

Бета-излучение — это поток более легких частиц — электронов или позитронов, летящих со значительной скоростью, приближающейся к скорости света. Пробег частиц бета-излучений зависит от энергии частиц, а также от среды, в которой они движутся. Бета-лучи проникают в организм значительно глубже, чем альфа-лучи. Для защиты от бета-

излучений используют экраны из обычных материалов или соответствующую прослойку воздуха (безопасное расстояние).

Гамма-излучение представляет собой поток гамма-квантов, т. е. электромагнитное излучение с очень короткой длиной волны, распространяющееся со скоростью света. Гамма-излучение обладает большой проникающей способностью, которая зависит от энергии излучения и материала поглощающего вещества. Защита от этих лучей более сложна, чем от альфа- и бета-излучений.

Излучения радиоактивных веществ вызывают в других веществах ионизацию. Наибольшую удельную (на единицу пути) ионизацию вызывает альфа-излучение, наименьшую — гамма-излучение. Ионизацию вызывают также нейтронные источники. Нейтронное излучение представляет собой поток элементарных частиц с массой, близкой к массе протона, но не имеющих заряда. Это излучение имеет значительно бóльшую проникающую способность, чем гамма-излучение, и требует для защиты специальных материалов (парафин, кадмий, бор и др.). Нейтронное излучение способно создавать в веществе радиоактивные изотопы с альфа-, бета- и гамма-излучениями, которые в свою очередь вызывают ионизацию.

При транспортировке радиоактивных веществ и нейтронных источников, соответствующим образом упакованных, их излучения могут создавать в окружающих предметах очень малую наведенную активность, что позволяет не отделять упаковки с радиоактивными веществами от других грузов, включая пищевые продукты и животных. Безусловно, это возможно только в том случае, если радиоактивное вещество, которое заключено в такую оболочку или находится в таком физическом состоянии, при которых исключается возможность распространения радиоактивного вещества в окружающую среду при предвиденных условиях его перевозки, т. е. является закрытым источником излучения.

Открытый источник излучения, т. е. радиоактивное вещество, которое может распространяться в окружающую среду (неупакованные руды, содержащие радиоактивные вещества, и т. п.), может вызывать радиоактивное загрязнение — попадание радиоактивного вещества в организм или на предметы (одежда, оборудование, другие грузы). Перевозка открытых источников излучений возможна только при соблюдении специальных условий, обеспечивающих безопасность персонала, так как при попадании в организм радиоактивные вещества создают внутреннее облучение.

Санитарными правилами работы с радиоактивными веществами установлены предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воздухе и воде — максимальное количество (активность) радиоактивных изотопов в единице объема или веса, поступление которого в организм естественными путями (с пищей, водой, воздухом) не создает в критических органах организма или в организме в целом доз облучения, превышающих предельно допустимые.

Предельно допустимой дозой называется наибольшая доза облучения, эффективное действие которой на организм не вызывает в нем необратимых соматических и генетических изменений в свете совре-

менных научных знаний. Устанавливаются годовая, недельная, разовая и другие предельно допустимые дозы облучения, которые различны для разных категорий людей: минимальны — для обычного населения, максимальны — для людей, профессионально работающих с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

Международной комиссией по радиологической защите (18, 28] и Национальной комиссией по радиационной защите при Мииистерстве здравоохранения СССР для населения, к которому также относятся и работники транспорта, установлена предельно допустимая доза облучения, равная 0,5 бэр/год ($5 \cdot 10^{-3}$ Дж/кг·год). В расчетах безопасных расстояний [2,18,28] принята мощность дозы облучения 0,75 мбэр/ч ($2{,}1 \cdot 10^{-9}$ Вт/кг·ч). При этой мощности дозы облучения работники транспорта, связанные с перевозкой, перегрузкой и хранением радиоактивных грузов, не должны подвергаться действию радиоактивного облучения (находиться на судне, в складе с РВ) более 700 ч в год.

На практике доза рентгеновского или гамма-излучения часто измеряется в рентгенах (Р). Биологический эквивалент рентгена (бэр или rem) — количество энергии любого вида излучения, поглощенного в биологической ткани, биологическое действие которой эквивалентно действию 1Р рентгеновых или гамма-лучей 1 бэр = 0,01 Дж/кг.

Мощность дозы на определенном расстоянии от радиоактивного источника является показателем опасности внешней радиации. Мощность дозы излучения уменьшается с увеличением расстояния от источника или наличием экранирующего материала (груз, переборки). Фактическая мощность дозы определяется приборами. Мощность дозы нейтронных потоков определяют либо измерением, либо вычислением. Мощность дозы излучения радиоактивных веществ при перевозке измеряется либо на поверхности упаковки, либо на расстоянии 1 м от поверхности упаковки и является показателем опасности радиоактивного груза. Этот показатель, выраженный в мР/ч или мбэр/ч, называют транспортным индексом (или транспортным показателем).

Транспортным индексом упаковки является число, выражающее максимальную мощность дозы излучения на расстоянии 1 м от поверхности упаковки. Для упаковок класса II с делящимися веществами транспортным индексом считается либо максимальная мощность дозы излучения, либо число, полученное от деления 50 на допустимое, с точки зрения ядерной безопасности, количество таких упаковок.

Активность радиоактивного изотопа измеряется в кюри. За единицу принято количество радиоактивного изотопа, в котором число распада атомов в секунду равно $3{,}7 \cdot 10^{10}$.

Основными мерами безопасности при перевозке и хранении радиоактивных веществ являются: помещение радиоактивных веществ в упаковки с целью предотвратить облучение обслуживающего персонала и лиц, находящихся вблизи от упаковок с радиоактивными веществами; проведение мероприятий, исключающих загрязнение радиоактивными веществами обслуживающего персонала, складов, транспортных

средств и перевозимых совместно с этими веществами обычных грузов; проведение погрузки и выгрузки упаковок с радиоактивными веществами в возможно короткие сроки с максимальным использованием механизированных перегрузочных средств; размещение упаковок с радиоактивными веществами на безопасных расстояниях от мест пребывания людей; предотвращение возможности хранения и перевозки расщепляющихся материалов в количествах, превышающих критическую массу; размещение непроявленных кино-, фото- и рентгеновских пленок и пластинок на расстояниях, исключающих засвечивание их от упаковок с радиоактивными веществами.

§ 6.8. Биохимические процессы в грузах

В грузах растительного и животного происхождения в процессе перевозки и хранения происходят различные биохимические процессы, которые могут быть вызваны как процессами, происходящими в самом продукте (дыхание, дозревание или прорастание семян, плодов и овощей), так и жизнедеятельностью различных микроорганизмов, находящихся на поверхности или внутри продукта (гниение, брожение, плесневение и т. д.).

Процесс дыхания фруктов, овощей и различных семян заключается в поглощении кислорода воздуха, окислении углеводов, жиров и других составных частей продукта. При этом выделяется значительное количество влаги, углекислого газа и тепла. Энергия дыхания, оцениваемая обычно количеством выделившегося CO_2, зависит от свойств продукта, степени его зрелости и особенно увеличивается с ростом влажности и температуры (рис. 31). Для удаления тепла и продуктов распада при хранении и перевозке таких грузов необходима соответствующая вентиляция.

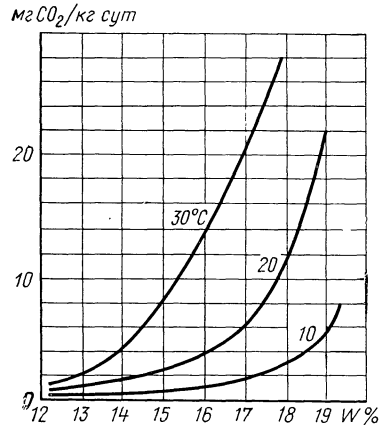


Рис. 31. Зависимость энергии дыхания семян ржи от влажности и температуры

При недостатке кислорода усиливается анаэробное дыхание плодов, при котором происходит отнятие кислорода от кислот и сахаров и выделяется углекислый газ, тепло, спирт, ацетальдегид или этилен, что приводит к быстрой порче груза.

Процесс дозревания плодов имеет большое значение для народного хозяйства, так как он может быть использован для обеспечения перевозки фруктов и овощей на сравнительно большие расстояния без применения дорогостоящих средств рефрижерации либо лучшего обеспечения сохранности продукции. На процесс дозревания оказывают большое влияние

внешние условия — состав атмосферы, наличие кислорода, углекислого газа и разных примесей в нем, температура и воздухообмен, что следует конкретно учитывать при перевозке.

Прорастанию подвержены зерновые культуры и клубневые овощи. Этот процесс происходит при определенных температурах и высокой влажности, сопровождаясь усиленным дыханием и интенсификацией биохимических процессов в продукте, что в конечном счете приводит к порче груза при перевозках. Процесс прорастания затормаживают или прекращают путем хранения груза при низких температурах, в темноте при соблюдении оптимального режима влажности и вентиляции.

Гниение и брожение происходит в грузах растительного и животного происхождения в результате жизнедеятельности микробов и бактерий. Развитию микроорганизмов способствует повышенная температура и влажность воздуха и груза. Низкая температура и влажность, солнечные лучи, озон тормозят или даже прекращают жизнедеятельность микроорганизмов. В результате действия микроорганизмов пищевые продукты могут прийти в полную негодность, а качество непищевых грузов растительного и животного происхождения может быть резко снижено. Так, например, по данным Ю. М. Иванова, при морской транспортировке волокнистых материалов (хлопок, джут, лен и т. п.) под воздействием микроорганизмов прочность волокна может снижаться до 30% в зависимости от температурно-влажностных условий и длительности перевозки.

«Живые» плоды мало подвержены действию микробов, но подвержены действию различных плесеневых грибков. Меры борьбы с плесневением такие же, как и с микробами.

§ 6.9. Гигротермические свойства и тепломассообмен груза с окружающей средой

Скорость прогревания или охлаждения массы груза в трюме характеризуется коэффициентом температуропроводности a (м²/ч):

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} = \frac{\lambda}{C}, \tag{84}$$

где λ — удельная теплопроводность, Вт/м · град;
c — удельная теплоемкость груза, Дж/кг · град;
ρ — объемная масса груза, кг/м³;
$C = c\rho$ — объемная теплоемкость, Дж/м³ · град.

Теплоемкость влажного материала ($c_{в.м}$) определится:

$$c_{в.м} = \frac{100c_c + w}{100 + w} \quad \text{или} \quad c_{в.м} = c_c + \frac{1 - c_c}{100} w^{\circ}, \tag{85}$$

где c_c — теплоемкость сухого материала;
w° — влажность груза на общую массу;
w — влажность груза на сухую массу.

Коэффициент теплопроводности груза зависит от свойств груза, его тары, укладки и может быть определен только экспериментальным путем. Коэффициент теплопроводности однородного груза определяют правилом смешения.

Гигроскопическими называют грузы, которые содержат в своем составе влагу и могут ее отдавать или воспринимать. Количество влаги, которое может содержать в своем составе груз, зависит от свойств самого груза и условий окружающей среды. Различают три группы форм связи влаги с материалом: химическую, физико-химическую (адсорбционно-связанная и осмотически-связанная влага) и физико-механическую (структурная, капиллярная влага и влага смачивания).

Все гигроскопические материалы, в зависимости от соотношения количества поглощенной влаги, делятся на три группы: капиллярно-пористые, коллоидные и капиллярно-пористые коллоидные. В капиллярно-пористых материалах жидкость в основном связана капиллярными силами. К таким грузам относится большинство навалочных грузов минерального происхождения — уголь, руда, строительные материалы. Капиллярно-пористые материалы мало сжимаются, впитывают любую смачивающую жидкость, при удалении жидкости становятся хрупкими. К коллоидным относятся материалы, преобладающими формами связи жидкости которых являются осмотическая или структурная связь. К числу таких грузов относятся агар-агар, каучук, желатин. Коллоидные материалы поглощают жидкости, наиболее близкие к ним по полярности. При удалении жидкости они сохраняют свою эластичность, но сильно изменяют свои размеры (сжимаются). Капиллярно-пористое коллоидное тело содержит в основном осмотически связанную и капиллярную жидкость и обладает свойствами первых двух видов. К капиллярно-пористым коллоидным телам относится большинство гигроскопических грузов растительного и животного происхождения (зерно, древесина, кожа, ткани, волокнистые грузы, торф, глина).

Массу влажного материала $q_{в.м}$ можно рассматривать как сумму масс сухого вещества $q_с$ и влаги $q_{вл}$:

$$q_{в.м} = q_с + q_{вл}. \tag{86}$$

Отношение массы влаги к массе сухого материала, выраженное в процентах, называется *влажностью груза на сухую массу* или абсолютной влажностью;

$$w = \frac{q_{вл}}{q_с} 100\%. \tag{87}$$

Влажностью груза на общую массу (иногда называют относительной влажностью) называют отношение массы жидкости к массе влажного материала, выраженное в процентах;

$$w = \frac{q_{вл}}{q_с + q_{вл}} 100\%. \tag{88}$$

Для каждого гигроскопического материала устанавливается определенное стандартное значение влагосодержания, которое носит название *кондиционной влажности*. С изменением влажности масса груза

также изменяется. Из уравнений (86) — (88) получим формулы для определения массы груза при изменении его влажности:

$$Q_к = Q_н \frac{100 + w_к}{100 + w_н}; \quad Q_к = Q_н \frac{100 - w_н^{\circ}}{100 - w_к^{\circ}}, \tag{89}$$

где Q — масса (вес) груза; к — конечная; н — начальная.

Максимальное количество влаги (адсорбционной и капиллярной), которое может поглотить единица массы сухого вещества из насыщенной паровоздушной среды, называется *максимальным гигроскопическим влагосодержанием*. Если груз имеет большее влагосодержание, то он находится в подмоченном состоянии.

Влагосодержание материала, находящегося в состоянии термодинамического и молекулярного равновесия, когда температура материала равна температуре окружающего воздуха, а парциальное давление паров жидкости на поверхности материала равно парциальному давлению пара в воздухе, называется *равновесным влагосодержанием* $\omega_р$. Графическая зависимость равновесного влагосодержания материала от влажности воздуха выражается изотермами сорбции и десорбции, которые носят название *кривых равновесной влажности грузов* (рис. 32).

Изотермы сорбции и десорбции имеют S-образный характер. При этом изотерма сорбции находится несколько выше изотермы десорбции, т. е. имеет место сорбционный гистерезис. Изотермы сорбции с уменьшением температуры сдвигаются вправо. Характер расположения изотерм сорбции иллюстрирует основной закон равновесного состояния груза: с *ростом относительной влажности воздуха и уменьшением температуры равновесная влажность груза увеличивается.*

Практическое значение кривых равновесной влажности заключается в том, что они дают возможность определить, соответствуют ли условия, в которых хранится груз, его кондиционному состоянию и как надо изменить эти условия, чтобы обеспечить сохранность груза. Так, например, если фактическая влажность груза меньше равновесной, то груз при заданных условиях увлажняется.

Для решения задач кондиционирования воздуха и груза в трюмах судов и складах более удобно выражать равновесную влажность груза в зависимости от температурного запаса груза θ, которым называется разность между температурой груза и точкой росы воздуха, соответствующей равновесному состоянию груза.

Температурный запас (рис. 33) служит мерой влажности груза, практически не зависит от температуры. В диапазоне, близком к кондиционному состоянию груза, взаимосвязь температурного запаса и влажности груза описывается уравнением

$$\lg\theta = A - Cw, \tag{90}$$

где A и C — эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств груза.

Температурный запас легко может быть определен по данным равновесной влажности груза при помощи t-τ — диаграммы влаж-

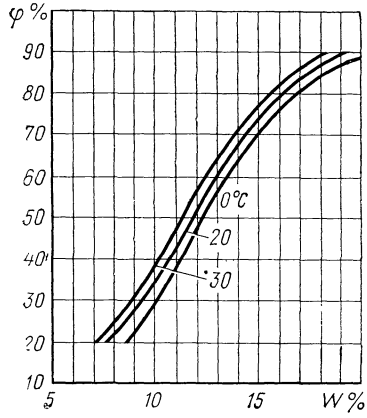


Рис. 32. Кривые (изотермы сорбции) равновесной влажности пшеницы

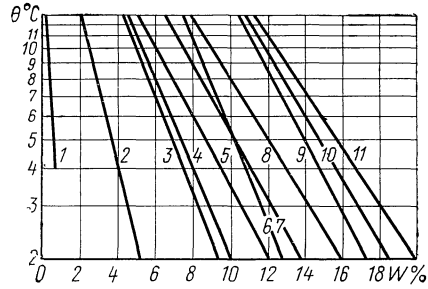


Рис. 33. Значения температурного запаса некоторых грузов в зависимости от их влажности:

1 — сахар-сырец; *2* — шелк ацетатный; *3* — дерево-сосна; *4* — лен-ткань; *5* — ткань хлопчатобумажная; *6* — лен-пряжа; *7* — бумага писчая; *8* — шелк натуральный и искусственный; *9* — рис-сырец; *10* — пшеница; *11* — рожь

ного воздуха (см. прилож. 2). Температурный запас груза позволяет легко автоматизировать процесс кондиционирования воздуха в трюме и складе. Для оперативного решения задач регулирования микроклимата трюмов и складов значения температурного запаса конкретного груза могут быть заранее нанесены на поле t-τ — диаграммы влажного воздуха, либо нанесены на нее в виде прозрачной палетки.

Некоторые грузы, состоящие из водорастворимых веществ (природные или очищенные соли), превращаются в растворы при относительной влажности воздуха, значительно меньшей, чем 100%. Относительная влажность воздуха над насыщенным раствором вещества называется *гигроскопической точкой*. Гигроскопическая точка таких грузов зависит от состава и чистоты веществ. Гигроскопические точки ряда солей и удобрений находятся в пределах 46—84%. Это означает, что такие грузы либо должны быть надежно защищены от взаимодействия с влагой воздуха, либо влажность окружающего воздуха должна поддерживаться ниже гигроскопической точки груза.

Движущей силой влагообмена груза с окружающей средой является разность упругостей водяных паров на поверхности материала $e_м$ и окружающей среды $e_в$. Интенсивность влагопотока (кг/м²ч) через поверхность материала определится уравнением

$$q = \beta (e_м - e_в), \qquad (91)$$

где β — коэффициент влагообмена, зависящий от состояния поверхности материала, его влажности, скорости воздуха и определяемый экспериментальным путем. Ориентировочно можно принимать его равным: при влагоотдаче от воздуха к материалу — $37 \cdot 10^{-6}$ кг/Н·ч; при влагоотдаче от материала к воздуху (при отсутствии ветра) — $37 \cdot 10^{-6}$; при наличии ветра — $75 \cdot 10^{-6}$ кг/Н·ч.

Решающую роль в процессе влагообмена груза с внешней средой играет движение влаги в материале. По мере убывания влаги с поверхности материала в нем появляется перепад концентрации влаги, что вызывает движение влаги в сторону, обратную градиенту влажности.

Разность температуры в массе груза вызывает поток влаги, направленный от теплых мест к холодным. Плотность потока влаги, перемещающейся путем термодиффузии, зависит от свойств и величины градиента температуры.

Как правило, в грузе одновременно действуют обе причины перемещения влаги. В этом случае общий влагопоток (кг/м² · ч) равен векторной сумме влагопотока и термовлагопотока:

$$q = a'\rho_c (\nabla u + \delta \nabla t), \qquad (92)$$

где a' — коэффициент влагопроводности, м²/ч;
ρ_c — плотность сухого вещества материала, кг/м³;
∇u — градиент влагосодержания, м$^{-1}$;
∇t — градиент температуры, град/м;
δ — термоградиентный коэффициент, град$^{-1}$.

Закономерности образования и изменения полей температуры и влажности груза описываются дифференциальными уравнениями теплопроводности и влагопроводности и представляют собой самостоятельную область исследования.

Глава 7

МИКРОКЛИМАТ ПОРТОВЫХ СКЛАДОВ

§ 7.1. Условия хранения грузов в порту

Для хранения грузов в порту имеются открытые площадки, навесы и закрытые склады. Открытые складские площадки бывают: грунтовые, деревянные, каменные, асфальтированные и бетонированные. Навесы могут быть деревянные, металлические, пластмассовые. Их устанавливают стационарно или временно. В перспективе возможно применение навесов и складов с пневмокаркасными конструкциями. Закрытые склады сооружают из камня, бетона, металла и дерева.

Склады, как правило, имеют только естественную вентиляцию, иногда — естественно-принудительную и изредка — механическую, поэтому воздухообмен склада с наружным воздухом осуществляется через открытые во время грузовых операций двери или через неплотности в конструкциях склада. Объем, занимаемый воздухом в складе, составляет 50—60% и более общего объема склада. При этом в складе образуются вертикальные и горизонтальные воздушные прослойки. Ширина вертикальных прослоек у стен складов и между штабелями 0,5—1,0 м, в проездах 2—6 м. Высота горизонтальной прослойки воздуха над грузом до 1—2 м, минимальная 0,3 м. Таким образом, в скла-

де создаются хорошие условия для конвективного и вынужденного воздухообмена. Наличие в складе различных грузов приводит к сложному тепломассообмену между ними через воздушные прослойки, который в настоящее время не подвергается учету.

Влажностный режим склада определяется взаимодействием следующих видов влаги: строительной, грунтовой, метеорологической, эксплуатационной и гигротермической. Строительной называется влага, выделяющаяся из гигроскопических материалов конструкций склада в начальный период эксплуатации. В дальнейшем строительные материалы склада участвуют в общем тепломассообмене между грузами и наружным воздухом как промежуточное звено. Грунтовая влага проникает в склад через пол и стены путем диффузии и капиллярного всасывания из грунта. Для предотвращения появления грунтовой влаги используют укладку в конструкциях складов водоизоляционного слоя. Тем не менее для предотвращения попадания грунтовой влаги в груз последний укладывают на подтоварники, устраивая таким образом воздушную прослойку между полом и штабелем. Метеорологическая влага проникает в склад через гигроскопические стены и вместе с воздухом, попадающим в склад. Во время дождя и снега метеорологическая влага может попасть в склад в виде жидкости через неисправности крыш или стен, через неплотности в конструкциях или через открытые двери, световые проемы и вентиляционные отверстия. Эксплуатационная влага появляется в складе при применении воды для эксплуатационных нужд — мытья полов и окон, опрыскивания или покраски конструкций склада, а также в результате выделения влаги при дыхании людей в складе. Гигротермическая влага появляется в складе в результате тепловлагообмена грузов с окружающим воздухом.

Грузы могут выделять различные испарения, газы и пыль, загрязняя тем самым воздух в складе, а также грузы, находящиеся в том же помещении.

§ 7.2. Тепломассообмен груза при хранении под открытым небом и под навесом

Грузы, хранящиеся под открытым небом, подвержены воздействию всех метеорологических факторов — атмосферных осадков, солнечных лучей, радиационной теплоотдачи, грунтовых вод, температурно-влажностного режима внешней среды.

Если груз уложить непосредственно на складскую площадку, то грунтовая влага будет концентрироваться под штабелем и переходить непосредственно в груз, потому что штабель, прикрывая грунт, защищает его от нагревания в теплое время и впитывает влагу, которая с открытой поверхности испарялась бы в воздух. Предупредить переход влаги из грунта (пола) в груз позволяет штабелирование груза на подтоварниках. Все генеральные грузы необходимо хранить в любом складе только на подтоварниках. Между грунтом и штабелем создается воздушная прослойка, свободно сообщающаяся с наружным воздухом. Испарившаяся из грунта или груза влага уменьшает плотность

воздуха в прослойке, и воздух стремится уйти из прослойки. На смену ему приходит наружный воздух с более благоприятными параметрами. При хранении грузов на универсальных площадках подтоварники не требуются. При краткосрочном хранении грузов на асфальтовых и деревянных перекрытиях складов иногда можно ограничиться подстилкой под штабель брезента или иного защитного материала.

Грузы, как и все предметы на земле, подвержены радиационному теплообмену с внешней средой. Радиационная теплоотдача грузов в ночное время приводит к тому, что температура поверхности штабеля ночью становится ниже температуры окружающего воздуха и часто ниже точки росы окружающего воздуха. При этом условии неизбежно выпадает роса на поверхности груза, и груз отсыревает. Таким образом, грузы, которые боятся подмочки, в хорошую погоду следует укрывать брезентами хотя бы на ночное время. При хранении грузов под навесами навесы играют роль теплового экрана, защищая груз от сильного нагрева солнечными лучами днем и от переохлаждения ночью. Роса выпадает в этих случаях на навесе, а не на грузе. Однако если кромка навеса недостаточно выходит за габариты штабеля, то на наружной боковой поверхности штабеля может выпадать роса, поэтому поверхность штабеля следует укрыть брезентом.

При хранении гигроскопического груза на открытой складской площади вследствие влагообмена груза с окружающей средой масса его изменяется. В летнее время, когда во многих портах средних широт относительная влажность воздуха невелика (около 40—60%), груз отдает свою влагу воздуху и его масса уменьшается. Зимой, как правило, наблюдается обратное явление, однако при отрицательных температурах можно ожидать «вымораживания» влаги из некоторых грузов. Внутри штабеля груза под воздействием изменения температуры и влажности наружного воздуха происходит внутренний тепловлагообмен. Резкое увеличение температуры наружной среды или штабелирование прибывшего холодного груза может привести к конденсации влаги на грузе. Если мешковый или киповый груз уложен компактно, то под действием градиента температуры влага перемещается от поверхности штабеля к его средней части, что может привести к переувлажнению груза внутри штабеля. Резкое уменьшение температуры наружной среды или штабелирование в холодное время прибывшего теплого груза может привести к тому, что влага внутри грузовых мест (ящики с чаем, обувью и т. д.) увлажнит груз или даже сконденсируется внутри ящиков.

§ 7.3. Микроклимат металлических складов

Металлический склад защищает груз от вредного воздействия атмосферных осадков, прямых солнечных лучей и в некоторой степени от воздействия влажного наружного воздуха, но плохо защищает груз от тепловых воздействий. Ограждения склада играют роль теплового экрана при радиационном теплообмене. Сильно нагретые солнечными лучами днем (до 50—70° С) стены и крыша металлического склада пере-

дают свое тепло хранящемуся в складе грузу путем лучистого теплообмена. Это приводит к нагреву поверхности груза и испарению из него влаги. Воздух, соприкасающийся с грузом, нагревается и увлажняется, становится легким и поднимается вверх. Начинается конвективное перемешивание воздуха. Вследствие испарения влаги из гигроскопического груза влагосодержание воздуха в складе днем резко возрастает. В темное время суток, когда происходит лучистая теплоотдача ограждений, стены и крыша склада становятся холодными (на 5—10° С ниже температуры наружного воздуха) и на внутренней поверхности ограждений выпадает роса. Чем яснее погода, тем радиационный теплообмен интенсивнее, тем больше испарится из груза влаги, тем сильнее процесс конденсации и бо́льшая возможность подмочки груза влагой, стекающей с конструкций склада.

Если склад в дневное время вентилируется — открыты двери и проводятся грузовые операции, то выделившаяся из груза влага уходит из склада и конденсации ночью может не быть. Снижение влажности воздуха при вентиляции днем приводит к усилению влагоотдачи груза и уменьшению его массы. Следовательно, вентиляция металлического склада днем нежелательна. Вентилировать склад надо при понижении температуры ограждения до критической, т. е. когда температура ограждения приближается к точке росы внутреннего воздуха менее чем на 3°. Если температура ограждения становится равной или меньше точки росы внутреннего воздуха, вентиляция склада обязательна.

§ 7.4. Микроклимат каменных и деревянных складов

Температурное поле склада практически никогда не остается стационарным, но имеет определенную закономерность. При отрицательных температурах наружной среды в складе теплее, чем снаружи, при положительных температурах — холоднее. В неотапливаемом складе тепло передается путем теплопроводности и конвекции. Теплопроводность регулирует перенос тепла через конструктивные элементы склада и внутри штабелей груза. Неплотности в конструкции склада и раскрытые двери вызывают конвективный воздухообмен склада с наружным воздухом. Воздухообмен склада происходит также под воздействием ветрового напора. Днем у нагретых южных стен складов температура заметно выше, чем у противоположных стен. При отрицательных температурах в середине и нижнем ряду штабеля температура почти одинакова. При положительных температурах наблюдаются значительные расхождения значений температуры по слоям штабеля. В нижних слоях штабеля температура наиболее стабильна и меньше изменяется при колебаниях температуры наружной среды.

Стены и перекрытия каменных и деревянных складов изготовлены из пористых материалов, поэтому при разности парциальных давлений водяных паров внутри и снаружи склада через пористые стены влага переходит из склада в наружную атмосферу или наоборот. Портовые склады имеют много неплотностей в конструкциях, двери складов часто открываются, поэтому абсолютная влажность воздуха в скла-

де и наружного практически одинакова. Поскольку зимой в складах теплее, чем снаружи, относительная влажность воздуха в складе меньше, чем у наружнего воздуха. Летом, когда температура в складе ниже, чем снаружи, относительная влажность в складе больше, чем снаружи. Так как летом относительная влажность наружного воздуха, как правило, меньше, а зимой — больше, чем оптимальная влажность воздуха, соответствующая влажности груза, то становится понятным, что складское хранение грузов в наибольшей степени обеспечивает их кондиционное состояние.

Внутри складов относительная влажность воздуха, являющаяся функцией температуры, различна. Наименьшая относительная влажность воздуха наблюдается в верхних слоях складского воздуха, так как там температура выше. У пола склада относительная влажность наибольшая и отличается сравнительной стабильностью. При положительных температурах относительная влажность уменьшается пропорционально высоте склада. При отрицательных температурах относительная влажность воздуха в середине и вверху штабеля практически одинакова.

По данным Н. В. Миланина, средние отклонения температуры ($\Delta t = t_c - t_н$) и влажности ($\Delta\varphi = \varphi_c - \varphi_н$) складского воздуха ($t_c$; φ_c) четырехэтажного каменного склада от параметров наружного воздуха ($t_н$; $\varphi_н$) характеризуются величинами, указанными в табл. 8.

Таблица 8

Этаж	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Δt	$\Delta\varphi$	Δt	$\Delta\varphi$	Δt	$\Delta\varphi$	Δt	$\Delta\varphi$
4	+2	+1	—1	—5	+5	—6	+2	—6
3	+4	—3	—2	—4	+4	—3	+2	—5
2	+5	—3	—2	—3	+2	—1	+2	—5
1	+6	—5	—3	0	—2	+7	+1	—4

Чем меньше открывается склад для производства перегрузочных работ, тем стабильней поля температур и влажности в складе. Частое и длительное открывание дверей склада и смена груза приводят к большой подвижности полей температуры и влажности в складе. При больших разностях температур груза в складе и наружного воздуха интенсивный воздухообмен может привести к отсыреванию груза. Особенно это следует учитывать, когда происходит смена времен года и температура наружного воздуха резко меняется. Весной соприкосновение теплого и влажного наружного воздуха с холодным грузом в складе может привести к образованию конденсата на грузе. Осенью резкое охлаждение теплого груза холодным наружным воздухом может привести к внутренней конденсации влаги в грузе и его переувлажнению. Поэтому рекомендуется весной и осенью чаще вентилировать склады с тем, чтобы выравнять температуру груза с температурой наружной среды. Возможность и целесообразность вентиляции складов решается в зависимости от конкретных условий наружной среды и в складах.

§ 7.5. Аэрация складов и расчеты воздухообмена

Так как портовые склады предназначены для краткосрочного хранения грузов и двери складов бóльшую часть времени открыты, специальных систем вентиляции в портовых складах обычно не сооружают. Воздухообмен в складах полностью зависит от аэродинамических условий, в которых находится склад. Ветер создает на поверхностях складов положительные и отрицательные давления. Характеристикой сооружений и устройств с точки зрения обтекания их воздухом является *аэродинамический коэффициент* — отношение статического (избыточного) давления в какой-либо точке p_i к неискаженному скоростному напору ветра, обтекающего сооружение, $p_{дв}$:

$$K_A = \frac{p_i}{p_{дв}}. \qquad (93)$$

Скоростной напор ветра (даН/м²) приближенно определяется по формуле:

$$p_{дв} \approx 6v^2\ Н/м^2, \text{ или } p_{дв} = \left(\frac{v}{4}\right)^2. \qquad (94)$$

Распределение давлений на стенах и крыше складов зависит от направления ветра и наличия вблизи склада других складов и сооружений. Величина давления зависит также от скорости ветра. При ветре, дующем вдоль причала, с наветренной торцовой стороны склада образуется зона повышенного давления с аэродинамическим коэффициентом $K_A \approx +0{,}7$ в верхней средней части стены и $K_A \approx +0{,}6$ в нижних и боковых частях стены. Минимальный коэффициент у нижних углов. Подветренная стена испытывает разрежение порядка —0,15. У передних частей боковых стен, расположенных параллельно по отношению к ветру, создается разрежение около —0,75, которое падает к середине стен до —0,09 и далее остается почти неизменным. Крыша имеет в передней части наибольшее разрежение —0,7, которое падает по мере приближения к концу до —0,09.

При ветре, дующем перпендикулярно причалу, с наветренной стороны склада образуется зона повышенного давления с наибольшим аэродинамическим коэффициентом в верхней центральной части стены (+0,8), убывающим в направлении к нижним углам здания до +0,5. С тыловой стороны склада образуется разрежение (—0,2). У торцовых стен и крыши склада образуются зоны разрежения, убывающие по величине от прикордонной (—0,8) к тыловой стороне склада (—0,2). При ветре, дующем нормально или под углом до 15° к продольной или поперечной оси склада, только одна наветренная стена склада имеет положительный аэродинамический коэффициент, остальные находятся под разрежением. При угле атаки ветра от 15 до 45° происходит смена положительных давлений на отрицательные. При угле атаки 15° положительные давления появляются в передней части боковой стены. При угле атаки 45° обе наветренные стены имеют положительные давления (+0,5), убывающие с удалением от наветренного угла склада (+0,1).

Перед отдельно стоящим складом в результате действия ветра возникает зона подпора, распространяющаяся примерно на пять калибров (высот склада). С подветренной стороны склада создается зона разрежения (аэродинамической тени), ширина которой превышает шесть калибров. При ветре, дующем нормально со стороны причала, между кордоном и многоэтажным складом образуется устойчивая зона подпора, так как отношение расстояния от кордона до склада к высоте склада 1,0—1,5, при ветре с тыла зона разрежения часто захватывает и судно, стоящее у причала. Одноэтажные склады, расположенные от кордона на расстоянии 45—50 м, создают зоны подпора или разрежения, которые могут не доходить до кордона, т. е. судно и склад в некоторых случаях могут рассматриваться как отдельно стоящие здания.

В большинстве случаев судно и склад следует рассматривать как рядом стоящие здания. Если разрыв между ними составляет 1—2 высоты здания, то наветренная сторона здания, расположенного в тени, испытывает разрежение, большее по величине, чем подветренная сторона. Начиная с разрыва в три высоты здания, на наветренной стороне теневого здания происходит смена давлений с отрицательного на положительное, и при разрыве в десять высот впереди стоящее здание не оказывает влияния на аэродинамические характеристики теневого здания. То же относится к стоящим рядом одноэтажному складу и судну.

Так как в портовых складах постоянно хранятся различные грузы, а следовательно, тепловлажностный режим в складе также изменяется и часто отличается от условий наружного воздуха, то между складом и наружным воздухом возникает естественный воздухообмен. Причинами естественного воздухообмена являются разность плотности и разность давлений воздуха в складе и снаружи. Когда в складе температура выше, чем снаружи, наружный воздух поступает в склад через нижние отверстия (щели) и выходит через верхние. Движущей силой такого воздухообмена является разность плотности воздуха у нижнего и верхнего отверстий

$$\Delta \bar{p}_т = H\ (\rho_н - \rho_в), \tag{95}$$

где H — высота между центрами отверстий, м;

$\rho_н$, $\rho_в$ — плотность наружного и внутреннего воздуха соответственно, кг/м³.

Плотность воздуха с учетом влажности и наличия посторонних паров определится по формуле

$$\rho = \frac{353}{T}\left[1 - 0{,}378\,\frac{e}{p} - (1-d)\,\frac{K_{об}}{100}\right], \tag{96}$$

где T — температура, К;

e — давление водяных паров, Па;

p — барометрическое давление, Па;

d — относительная плотность посторонних газов или паров по воздуху;

$K_{об}$ — объемная концентрация газов или паров, %.

Ветровой напор, вызывающий воздухообмен склада с наружным воздухом, зависит от величины и знака аэродинамических коэффициентов в районе отверстий и скорости ветра Па:

$$\Delta\bar{p}_{\text{в}} = \bar{p}_{\text{дв}} (K_{\text{А}_{\text{н}}} - K_{\text{А}_{\text{в}}}). \quad (97)$$

В случае совместного действия тепловлажностного и ветрового факторов следует суммировать тепловой и ветровой напоры с учетом их направления Па:

$$\Delta\bar{p} = \Delta\bar{p}_{\text{т}} + \Delta\bar{p}_{\text{в}}. \quad (98)$$

Производительность системы естественно-принудительной вентиляции рассчитывается следующим образом.

Объемный расход воздуха (м³/с) через отверстие определяют по формуле

$$L = \mu F \sqrt{\frac{2}{\rho}\Delta p}, \quad (99)$$

где μ — коэффициент, учитывающий сопротивление движению воздуха в системе;

F — площадь сечения отверстия, м²;

Δp — разность давлений в системе, Па.

При установившемся состоянии количество поступающего воздуха равно количеству уходящего воздуха:

$$\Sigma L_{\text{притока}} = \Sigma L_{\text{вытяжки}}. \quad (100)$$

Это уравнение называется уравнением баланса воздухообмена. Величина Δp для каждого отверстия определяется по уравнению

$$\Delta p_i = p_i - p_x, \quad (101)$$

где p_x — внутреннее избыточное давление системы.

Из уравнения баланса воздухообмена следует:

$$\Sigma \mu_i F_i \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_i - p_x)} = 0. \quad (102)$$

Отсюда

$$p_x = \frac{\mu_1^2 F_1^2 p_1 + \mu_2^2 F_2^2 p_2}{\mu_1^2 F_1^2 + \mu_2^2 F_2^2}. \quad (103)$$

Если площади входных и выходных отверстий одинаковы, то внутреннее избыточное давление можно определить по формуле

$$p_x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} p_i, \quad (104)$$

где n — число отверстий.

Совместное воздействие теплового и ветрового напоров следует рассматривать в том случае, когда склады закрыты и воздух проходит в неплотностях стен и дверей.

При открытых дверях воздухообмен в складе будет почти полностью зависеть от распределения ветрового давления у стен и дверей склада. При ветре, дующем вдоль продольной оси склада (угол с осью не более 15°), воздух в складе перемещается (рис. 34) в направлении, противоположном направлению ветра. Это объясняется тем, что у дверей, расположенных ближе к наветренной стене склада, разрежение в несколько раз больше, чем у дверей, расположенных ближе к подветренной стене. При ветре, направление которого составляет с продольной осью склада 15—40°, воздух поступает в склад через двери, расположенные вблизи от наветренного угла склада, и выходит через все двери подветренной стены и двери наветренной стены, расположенные вблизи от подветренного угла склада. При ветре, дующем под углами 45—135° к продольной оси склада, воздух в складе перемещается от наветренных дверей к подветренным, потому что все наветренные двери находятся под давлением, а подветренные — под разрежением.

Если в складе открыты только наветренные двери, то воздух внутри склада перемещается в основном по направлению движения ветра. Воздух входит через двери, расположенные у наветренного угла, и выходит через двери у подветренного угла. Часть воздуха просачивается наружу через неплотности в подветренной стене. Если в складе открыты двери с подветренной стороны, то внутри склада воздух движется в направлении, противоположном ветру. Воздух входит в склад через двери, расположенные у дальнего подветренного угла, и выходит через двери, расположенные вблизи от наветренной торцовой стены. Часть воздуха поступает в склад через неплотности в наветренной стене.

Кратность вентиляции грузового помещения при аварийном розливе вредной или опасной жидкости может быть определена по формуле,

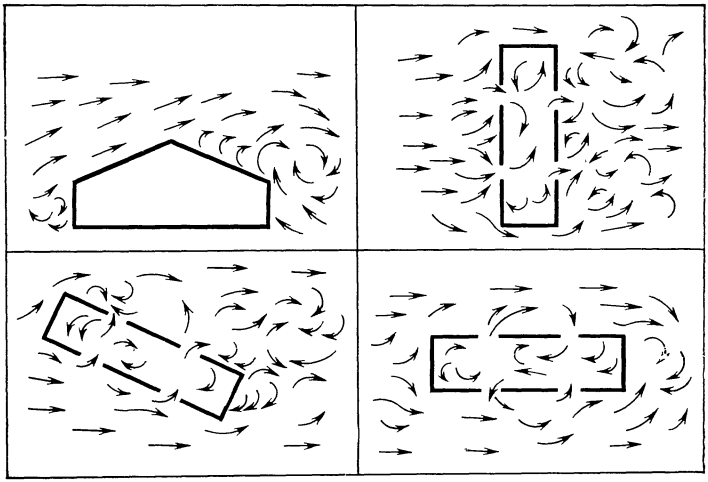


Рис. 34. Характер воздухопотоков в складах

предложенной Н. В. Миланиным,

$$n = \frac{101{,}8\rho T^3}{K_{\text{об.н}}\sqrt{VM^3H}} \ln\frac{p-0{,}95p_{\text{ж}}}{p-p_{\text{ж}}}, \qquad (105)$$

где ρ — плотность жидкости, кг/м^3;
T — температура воздуха, К;
p — барометрическое давление, Па;
$p_{\text{ж}}$ — давление насыщенных паров жидкости, Па;
$K_{\text{об.н}}$ — нижний концентрационный предел, проц. объемн.;
V — объем воздуха в складе, м^3;
M — молекулярная масса жидкости;
H — высота склада, м.

Глава 8

МИКРОКЛИМАТ ТРЮМОВ МОРСКИХ СУДОВ

§ 8.1. Основы теории микроклимата трюмов

Основными факторами обеспечения сохранности грузов при морской транспортировке являются тепловлажностные и вентиляционные режимы перевозки грузов, составляющие сущность микроклимата трюмов. Теоретическими основами микроклимата трюмов являются законы тепломассообмена гигроскопических материалов, фундаментально разработанные советскими учеными школы акад. А. В. Лыкова. Микроклимат трюма морского судна представляет собой сложную теплофизическую задачу нестационарного тепломассообмена грузов с внешней средой.

Для трюмов сухогрузных судов характерными являются четыре состояния: свободный задраенный трюм, свободный вентилируемый трюм, задраенный трюм с грузом, вентилируемый трюм с грузом.

Первое характерное состояние трюма, когда трюм свободен от груза, вентиляционная система и люки задраены, представляет собой задачу конвективного теплообмена с участием лучистого теплообмена. Второе характерное состояние трюма наблюдается при аэрации свободного от груза трюма и представляет собой внутреннюю задачу взаимодействия конвективного, лучистого и вынужденного тепловлаговоздухообменов. Третье характерное состояние трюма возникает при перевозке груза в трюме с закрытыми люками и задраенной вентиляционной системой и представляет собой сложную задачу тепломассообмена груза с воздухом трюма и теплообмена груза с внешней средой путем теплопередачи, конвективного и лучистого теплообмена. Оно часто имеет место в период шторма, тумана, дождя, зыби, когда вентиляция бездействует. Четвертое характерное состояние представляет собой сложную термодинамическую задачу тепломассообмена груза с внешней средой, с воздействием на эти процессы вынужденного и конвективного воздухообмена трюма с наружным воздухом.

В зависимости от условий конкретного рейса могут возникнуть следующие температурные схемы: температурное поле трюма однородно, температура надводной части трюма выше температуры подводной (летний переход в одной климатической зоне), температура надводной части трюма ниже температуры подводной (зимний переход в одной климатической зоне), температура груза меньше наружной температуры (переход с севера на юг), температура груза больше наружной температуры (переход с юга на север).

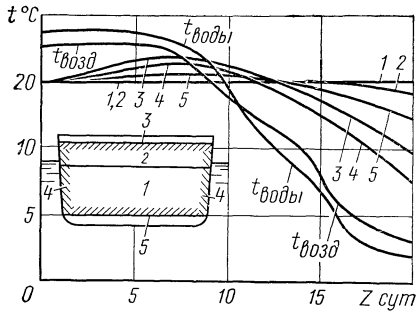


Рис. 35. Изменение температуры навалочного груза в течение рейса:
$t_{возд}$ — температура наружного воздуха;
$t_{воды}$ — температура забортной воды

Однородное температурное поле трюма является практически маловероятным и может рассматриваться лишь с теоретической точки зрения.

Исследованиями установлено, что груз в трюме не успевает прогреваться или охлаждаться в соответствии с температурой наружной среды, каковы бы ни были продолжительность рейса и колебания наружной температуры. Теплопоступления через ограждения трюма составляют примерно 5—10% от того количества тепла, которое необходимо для выравнивания температуры груза с наружной, причем воздействию наружной температуры подвергается только пограничный слой груза (рис. 35, кривые *3*, *4*, *5*). Центральное ядро навалочного груза практически сохраняет первоначальную температуру (кривые *1*, *2*).

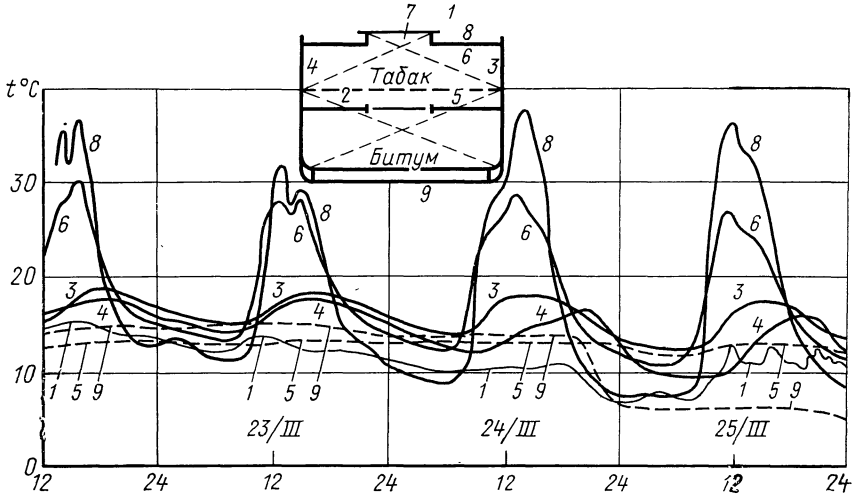


Рис. 36. Изменение температуры в трюме при переходе из Эгейского моря в Черное

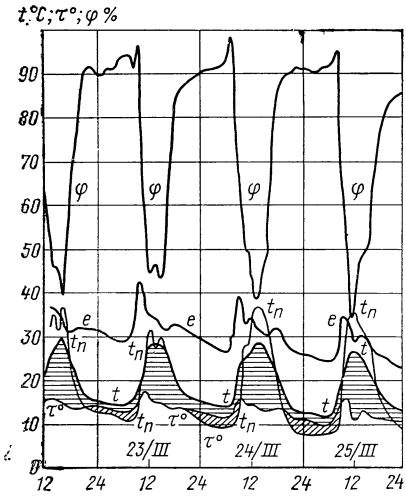


Рис. 37. Ход температуры палубы ($t_п$) и параметров воздуха в подпалубном пространстве твиндека

Глубина теплового воздействия наружной среды на генеральный груз больше, чем для навалочного груза, что объясняется наличием воздушных каналов между отдельными местами, в которых возникают конвективные потоки воздуха, усиливающие теплообмен. На рис. 36 показаны экспериментальные кривые хода температуры в различных точках трюма, полученные в натурных условиях и иллюстрирующие тепловое воздействие внешней среды на генеральный груз. Характерным является затухание воздействия внешней среды по мере удаления от ограждения трюма (кривая *5*).

В результате облучения судна солнечными лучами корпус его сильно нагревается в дневное время (кривая *8*). Ночью в результате радиационного теплоизлучения надводная часть корпуса судна сильно охлаждается, температура палубы и надводного борта становится ниже температуры наружного воздуха (кривая *1*), температуры трюмного воздуха (кривая *6*) и груза. Из графиков рис. 36 видно, что при средней температуре наружной среды 10—15° С суточная амплитуда температуры воздуха была порядка 2—3° С, в то время как амплитуда температуры палубы достигала 30° С. Это приводило к значительным (до 15° С) колебаниям температуры воздуха в подпалубном пространстве. Облучение солнцем бортов привело к разновременным колебаниям температуры в шпангоутном пространстве до 5—8° С (кривые *3*, *4*).

В результате колебаний температуры палубы в подпалубном пространстве развиваются характерные термодинамические процессы. На рис. 37 приведены экспериментальные кривые хода температуры палубы $t_п$, температуры t, абсолютной e и относительной φ влажности и точки росы τ воздуха в подпалубном пространстве. Горизонтальной штриховкой показана разность температуры и точки росы воздуха подпалубного пространства. Наклонной штриховкой показаны отрезки времени, когда температура палубы была ниже точки росы трюмного воздуха, т. е. когда имел место процесс конденсации влаги на внутренней поверхности палубы.

Кривые относительной влажности, температуры и точки росы воздуха показывают, что в момент восхода солнца сконденсировавшаяся за ночь влага быстро испаряется с поверхности палубы и насыщает воздух подпалубного пространства. Термодинамические процессы в трюме зависят от эксплуатационных условий рейса. Так, в результате мойки палубы в 11—12 ч 23-го и 24-го числа температура палубы и

подпалубного воздуха сразу упала, а относительная влажность повысилась.

Сущность микроклимата трюмов морских судов заключается в следующих основных положениях:

основная масса груза в течение рейса сохраняет свою первоначальную температуру. Область теплового воздействия внешней среды на насыпной и навалочный груз распространяется на глубину не более 0,6—1,0 м от поверхности груза и более значительна для генеральных грузов при условии обеспечения внутренней вентиляции груза;

на переходе судна из холодной зоны в теплую на всем протяжении перехода (кроме первых 2—3 суток) и в порту выгрузки существует опасность конденсации влаги на поверхность груза, которую можно ликвидировать только выравниванием температуры груза с температурой внешней среды;

на переходе судна из теплой зоны в холодную реально существует опасность конденсации влаги на внутренней поверхности ограждений трюма, которую можно ликвидировать либо путем выравнивания температуры груза с окружающей, либо путем вентиляции трюмов сухим или наружным воздухом;

для обеспечения сохранности груза точка росы трюмного воздуха должна быть всегда меньше температуры груза на величину температурного запаса и меньше температуры ограждений минимум на 1—3°.

Принципиальные схемы процессов тепломассообмена в трюме судна показаны на рис. 38, 39, 40 и 41.

§ 8.2. Микроклимат свободного трюма и трюма, заполненного негигроскопическим грузом

Схемы *б* и *в* рис. 38 и 39 возникают на переходе балластом в летнее время, когда температура воздуха превышает температуру воды. Тепловой поток направлен от палубы и надводного борта к днищевой части трюма.

Схемы *б* и *в* рис. 39 отличаются от схем *б* и *в* рис. 38 наличием вынужденной циркуляции воздуха в трюме между раструбами. Нижняя часть трюма не участвует в воздухообмене. Влажность воздуха в трюме зависит от температуры и влажности наружного воздуха и следует изменениям влажности атмосферного воздуха. Описанные схемы процессов возникают при сушке трюмов в так называемую «хорошую погоду». Однако, как видно из этих схем, эта «хорошая погода» не обеспечивает хорошей, т. е. быстрой, сушки трюма, так как осушение нижней части трюма идет главным образом за счет диффузии пара, но не механического удаления влаги путем воздухообмена.

Схемы *г* рис. 38 и 39 — температура воды выше, а температура воздуха ниже температуры в трюме (зимний период). Тепловой поток направлен от подводной части трюмного ограждения к надводной. Нагреваемые нижние слои воздуха поднимаются вверх, увлекая за собой влагу, испаряющуюся с пайола. В результате постоянного переноса влаги снизу вверх на бимсах и подволоке возможна конденсация

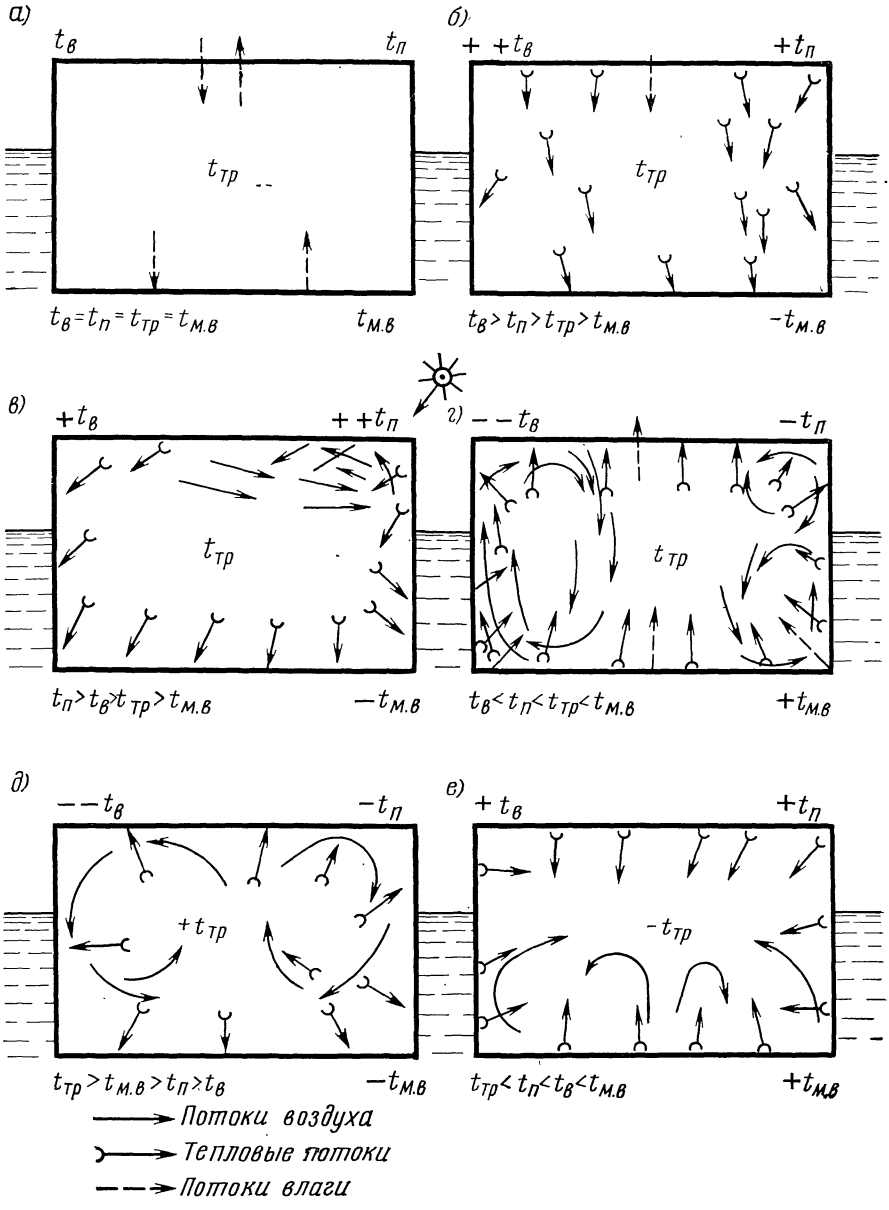


Рис. 38. Схемы процессов в свободном задраенном трюме

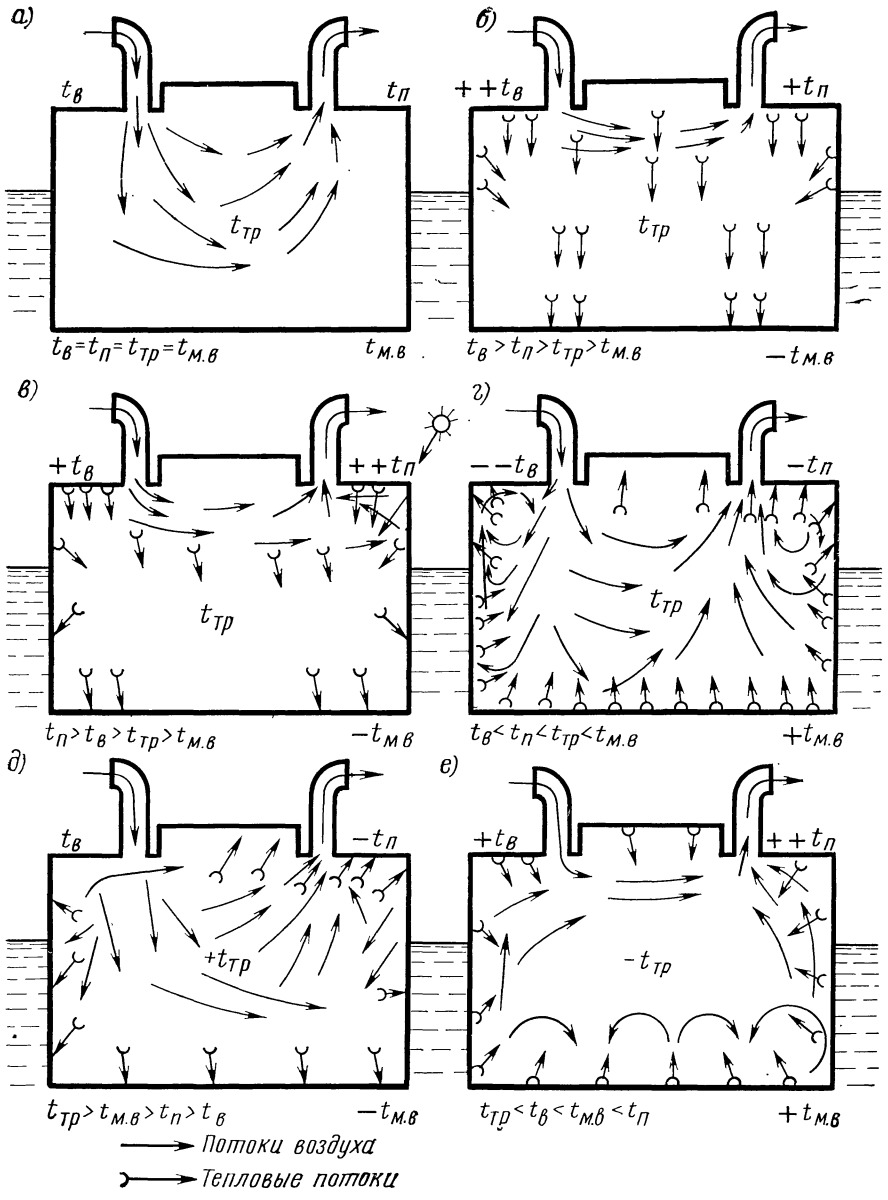


Рис. 39. Схемы процессов в свободном вентилируемом трюме

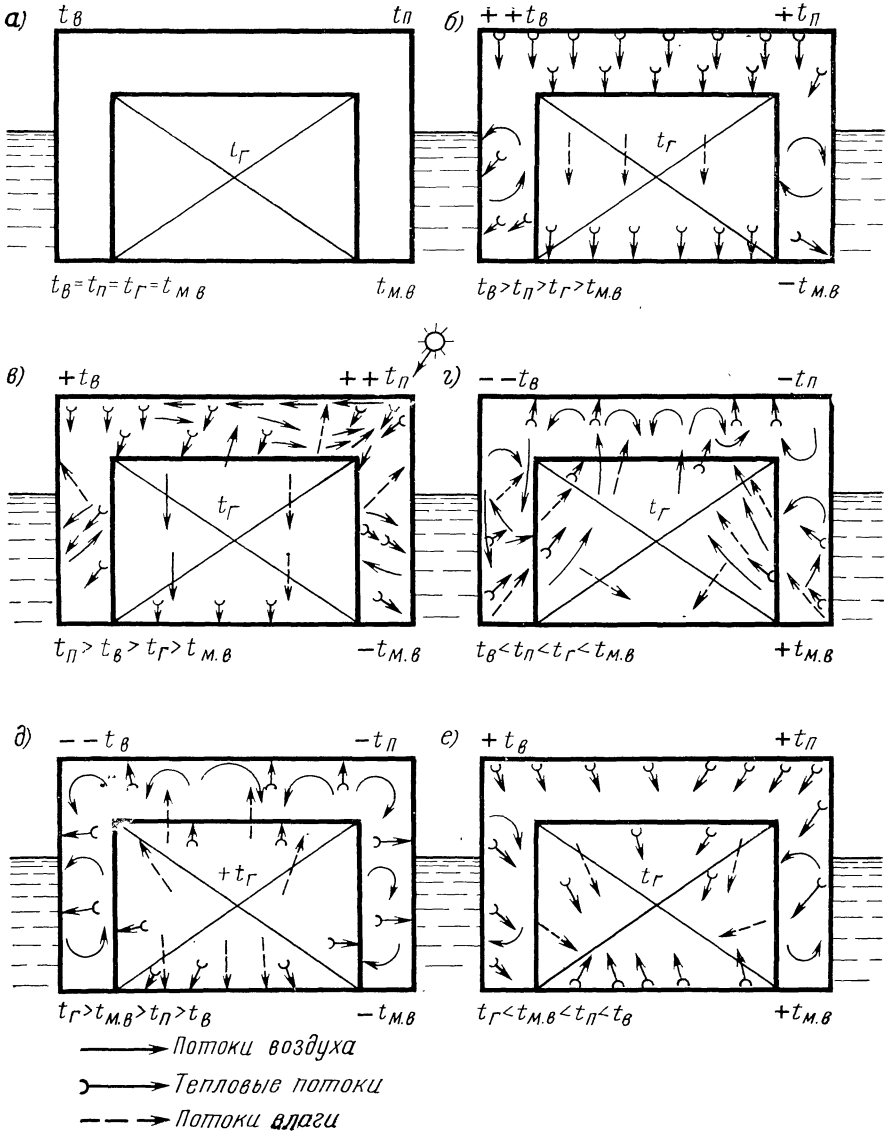


Рис. 40. Схемы процессов в задраенном трюме с грузом

влаги. Если раскрыть раструбы (схема *г* на рис. 39), то теплый влажный воздух уходит из трюма, а холодный наружный воздух поступает в трюм. При этом в большинстве случаев происходит осушение трюмного воздуха, так как в зимний период влажность наружного воздуха обычно меньше влажности трюмного воздуха.

Схемы *д* на рис. 38 и 39 характерны для перехода балластом из теплых мест в холодные. Охлаждающийся у палубы и бортов воздух стекает вдоль бортов к пайолу и вытесняет теплый воздух, который поднимается кверху. Возникают два замкнутых цикла конвекции воздуха. Холодный воздух отбирает у пайола тепло и влагу и несет их к палубе, где влага насыщает воздух, а затем конденсируется на бимсах и палубе. Относительная влажность в трюме увеличивается и держится на высоком уровне. Вентиляция трюма наружным воздухом приводит к осушению трюмного воздуха и предотвращению конденсации влаги на ограждениях.

Схемы *е* на рис. 38 и 39 характерны для перехода балластом или с негигроскопическим грузом из холодных мест в теплые. Трюм все время прогревается. Относительная влажность в трюме с ростом температуры падает, возможность отпотевания уменьшается. Вентиляция трюма наружным воздухом (схема *е* на рис. 38) приведет к повышению абсолютной влажности воздуха в трюме и поэтому на балластном переходе нецелесообразна. Если в трюме перевозят негигроскопический груз и его температура не успевает повышаться в соответствии с температурой наружной среды, то вентиляция наружным воздухом может привести к конденсации влаги на холодном грузе.

Общие рекомендации, вытекающие из рассмотрения схем тепломассообмена свободного трюма, сводятся к следующему: при переходе судна из холодной зоны в теплую вентиляция трюмов нецелесообразна, так как она приводит к увеличению влажности воздуха. В зимних условиях и при переходе из теплой зоны в холодную в задраенном трюме относительная влажность воздуха увеличивается и может произойти конденсация влаги. На этих переходах следует производить вентиляцию трюмов с учетом конкретных условий рейса.

§ 8.3. Микроклимат трюма при переходе в одной климатической зоне

В летних условиях (схема *б* на рис. 40), когда температура воды обычно ниже температуры воздуха и надводная часть судна нагревается солнечными лучами, тепловые потоки направлены сверху вниз. Вместе с теплом сверху вниз движется влага. Происходит относительное увлажнение нижней части груза.

Вентиляция трюма на данном переходе (схема *б* на рис. 41) существенных изменений в микроклимат не внесет, она усилит процесс теплопередачи от наружного воздуха к грузу и в зависимости от параметров воздуха может увлажнить или высушить груз. При резких колебаниях температуры палубы для предотвращения конденсации влаги на внутренней поверхности палубы в ночное время рекомендуется вентилиро-

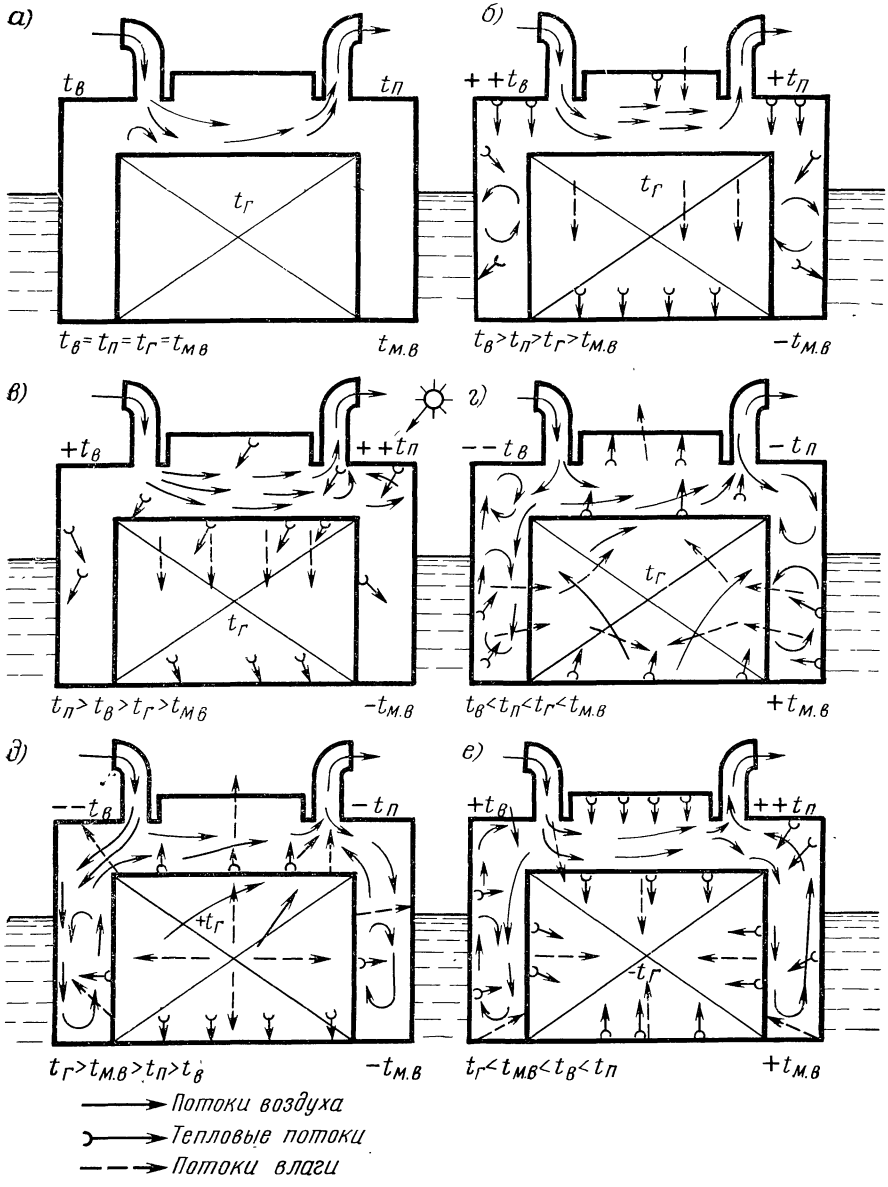


Рис. 41. Схемы процессов в вентилируемом трюме с грузом

вать твиндеки, производя каждый раз поверочные расчеты с учетом конкретных условий.

В зимний период (схемы *в* на рис. 40 и 41), когда температура воздуха ниже температуры воды, тепловые потоки, а вместе с ними потоки влаги направлены снизу вверх как в трюме, так и в твиндеке. Если палуба твиндека находится ниже ватерлинии и твиндек загружен малотеплопроводным грузом, то можно считать в первом приближении, что груз в трюме окружен однородным температурным полем и перераспределений влаги в грузе, имеющем температуру, равную температуре воды, не будет.

Если температура груза ниже температуры забортной воды, то тепловой поток направлен от подводной части трюмного ограждения к грузу и от него к надводной части. Так как теплопроводность борта в подводной части значительно выше теплопроводности двойного дна, тепловой поток от бортов интенсивнее теплового потока от пайола. Такое расположение теплового поля приводит к интенсивной миграции влаги внутрь массы груза. Влага из подпайольного пространства также стремится в направлении теплового потока и увлажняет груз, лежащий непосредственно на пайоле. Средняя часть груза в результате таких потоков увлажняется, и груз может отсыреть. Конвективные потоки возникают во всех свободных пространствах — подпалубном и шпангоутном. Влага, испаряющаяся из груза, насыщает подпалубное пространство, а затем конденсируется на внутренней стороне палубы и бимсах. В трюме развиваются два нежелательных явления — отсыревание в середине нижней части груза и конденсация влаги в подпалубном пространстве.

Поверхностная вентиляция наружным воздухом груза в твиндеке (схема *в* на рис. 41) вызовет осушение воздуха в твиндеке, прекратит конденсацию влаги на внутренней поверхности палубы и бимсах, но усилит процесс перемещения влаги в грузе снизу вверх, что приведет к усушке груза. Вентиляция трюма наружным воздухом приведет к тем же результатам, что и в твиндеке, но при больших разностях температур наружного воздуха и груза может переохладиться и отсыреть груз в трюме.

Общие рекомендации: при переходе в зимних условиях в одной климатической зоне для предотвращения конденсации влаги на внутренней поверхности верхней палубы необходимо осуществлять поверхностную вентиляцию груза наружным воздухом (вентилировать подпалубное пространство твиндека). На двухпалубных судах вентилировать трюм не следует, если твиндек загружен малотеплопроводным грузом. Этот вопрос необходимо решать на основании данных наблюдений за температурой наружной среды и точкой росы внутреннего воздуха.

§ 8.4. Микроклимат трюма при переходе из холодной зоны в теплую

При переходе судна из холодных мест в теплые (схема *е* на рис. 40) более холодный груз воспринимает от ограждающих частей трюма тепло. Наибольший тепловой поток направлен от нагретой солнцем

палубы, затем от борта судна, омываемого водой. Менее значительный тепловой поток направляется от пайола. Вместе с тепловыми потоками направлены и потоки влаги, вследствие чего центральная часть груза ближе к пайолу увлажняется. Возникновение конвективных потоков возможно в шпангоутных пространствах. Восходящие потоки будут идти вдоль борта, нисходящие — вдоль груза.

Абсолютная влажность воздуха в подпалубном и шпангоутном пространствах растет за счет испарения влаги из груза. Однако относительная влажность воздуха в этих пространствах падает. Относительная влажность воздуха в скважинах в массе груза растет.

При вентиляции трюмов наружным воздухом (схема *е* на рис. 41) теплый влажный воздух, нагнетаемый в трюм, соприкасаясь с более холодным грузом, охлаждается и может вызвать конденсацию влаги на грузе. Абсолютная влажность трюмного воздуха увеличивается в соответствии с ростом влагосодержания наружного воздуха, интенсивностью вентиляции и влагоотдачи груза. Скорость миграции влаги от окраинных частей груза к середине (ближе книзу) более высокая, чем при задраенном трюме, вследствие более интенсивного нагревания поверхностей груза, особенно верхней. Груз в середине отсыревает. При переходе вдоль меридиана примерно через двое-трое суток точка росы наружного воздуха становится выше температуры груза, и вентиляция наружным воздухом приводит к конденсации влаги на грузе.

При переходе с севера на юг вентилировать трюмы наружным воздухом нельзя, а перевозка груза в задраенном трюме приводит к отсыреванию груза в порту выгрузки, так как температура груза по приходе в порт разгрузки практически остается прежней и значительно ниже, чем точка росы наружного воздуха. Предотвратить это можно только применением такой схемы вентиляции, при которой температура груза выравнивается с температурой внешней среды.

Проследим за изменением влажности груза и воздуха в трюме при условии выравнивания температуры груза с температурой окружающей среды. Предположим, что в трюме находится 1000 т пшеницы и в процессе перехода температура груза постоянно выравнивается с температурой наружной среды от 0° до 30° С. Примем, что баланс влаги трюма остается неизменным (трюм закрыт герметически). Влажности пшеницы 13% при температуре 0° С соответствует относительная влажность воздуха 55% и абсолютная влажность 2,7 г/м³. Температуре 30° С и той же влажности пшеницы соответствует $\varphi = 64\%$ и абсолютная влажность 20 г/м³. Следовательно, каждый кубометр воздуха должен получить от груза $20 - 2{,}7 \approx 17$ г влаги. Примем скважистость груза с учетом прочих свободных пространств в трюме 50%. Объем трюма 1300 м³. Объем воздуха в трюме 650 м³, следовательно, груз испарит $650 \times 17 \approx 11$ кг влаги, что составит 0,001% — гораздо меньше погрешности опыта лабораторного анализа влажности.

Таким образом, при обеспечении равенства температуры груза в трюме с температурой наружной среды в трюме происходит такое перераспределение влаги между грузом и воздухом, которое не приводит к каким-либо ощутимым изменениям влажности груза. Происходит не

что иное, как кондиционирование грузом воздуха трюма. При этом кондиционное состояние груза остается нормальным. Отсюда вывод: для того чтобы обеспечить сохранность гигроскопического груза при переходе с севера на юг, нужно поддерживать его температуру равной температуре внешней среды. К сожалению, такое идеальное решение задачи трюмного кондиционирования воздуха возможно только при условии создания в трюме специальной системы интенсивной внутренней вентиляции груза, что практически в большинстве случаев нереально. Поэтому задачу следует решать исходя из конкретно сложившихся тепловлажностных условий в трюме судна.

§ 8.5. Микроклимат трюма при переходе из теплой зоны в холодную

При переходе судна из теплой зоны в холодную (схема *д* на рис. 40) теплый груз отдает свое тепло холодным ограждающим частям трюма. Влага стремится из центра груза к краям. Выделившись из груза, влага переносится конвективными потоками к ограждениям, где конденсируется. Часть влаги из центра груза мигрирует к пайолу. Груз, непосредственно находящийся у пайола, отсыревает и под давлением лежащих сверху масс груза спрессовывается. Конвективные потоки развиваются во всех свободных пространствах трюма.

Вентиляция трюма наружным воздухом (схема *д* на рис. 41) приводит к уменьшению или даже ликвидации процесса конденсации влаги на внутренних поверхностях трюмных ограждений, но при этом может отсыреть сам груз. Если отсыревание груза не наблюдается (вентиляционный воздух сухой), то вентиляция приводит к усилению процесса перемещения влаги из центра трюма к ограждениям и усушке груза. При быстром понижении температуры груза парциальное давление водяных паров на поверхности груза падает за счет внутренней конденсации их на поверхности капилляров и увлажнения груза. Если дефицит точки росы вентиляционного воздуха меньше температурного запаса груза, то парциальное давление влаги в воздухе больше, чем на поверхности груза, и влага поступает из воздуха в груз. В практике морской перевозки грузов известно немало случаев, когда вентиляция теплого груза холодным воздухом приводила к отсыреванию груза.

На переходе из теплой зоны в холодную отсутствие вентиляции неизбежно приводит к конденсации влаги (отпотеванию) на внутренних поверхностях трюмных ограждений (примерно на вторые-третьи сутки перехода по меридиану). Вентиляция на переходе с юга на север необходима, однако она приводит к усушке груза и может привести к внутреннему отсыреванию груза. Вентилировать теплый груз холодным наружным воздухом можно только в том случае, если дефицит точки росы вентиляционного воздуха больше температурного запаса груза.

Радикальным средством ликвидации подмочки и отсыревания груза при переходе из теплой зоны в холодную является выравнивание температуры груза с температурой внешней среды. При этом происходит перераспределение влаги между грузом и трюмным воздухом, обрат-

ное рассмотренному выше случаю перехода с севера на юг. Влажность груза увеличивается за счет влаги трюмного воздуха, но настолько незначительно ($\approx 0{,}001\%$), что это практического значения не имеет. Влажность трюмного воздуха уменьшается в соответствии с уменьшением температуры груза, подчиняясь закону равновесия системы груз — воздух.

§ 8.6. Тепломассообмен наливного груза в танках судна

Исследования температурного режима танков наливного судна показывают, что наибольшие изменения температуры наблюдаются в верхней части танка. Основными регуляторами микроклимата надводной части танков являются солнечная радиация, температура наружного воздуха и ветер. На рис. 42 показаны графики изменения температуры палубы, поверхностного слоя жидкого груза, наружного воздуха и забортной воды, полученные Ю. К. Леханом в натурных условиях. При сравнительно малых амплитудах колебаний температуры забортной воды и воздуха (1÷5° С) амплитуды колебаний температуры палубы (24 ÷ 38° С) и поверхностного слоя груза (10÷12° С) велики. Сдвиг кривой температуры груза вправо от кривой температуры палубы объясняется большой аккумулирующей способностью груза. При скорости встречного ветра 17—20 м/с температура палубы поднялась до 46° С, на второй день был штиль, и температура палубы достигла 61° С, т. е. на 15° С выше, чем при ветре, при прочих равных условиях. В полдень температура палубы, окрашенной железным суриком, была на 10—15° С выше температуры палубы, окрашенной светло-шаровой краской.

Температура палубы в разных точках незначительно изменяется, уменьшаясь на 2—4° С от центра к бортам. Орошение палубы в дневное время приводит к понижению ее температуры на 10—15° С. В ночное время температура палубы, наружного воздуха и забортной воды почти одинакова, а температура поверхностного слоя груза несколько выше (на 3—5° С). Влияние солнечной радиации на температуру груза распространяется на слой груза в 20—40 см от поверхности. Ниже температура груза практически одинакова и близка к температуре

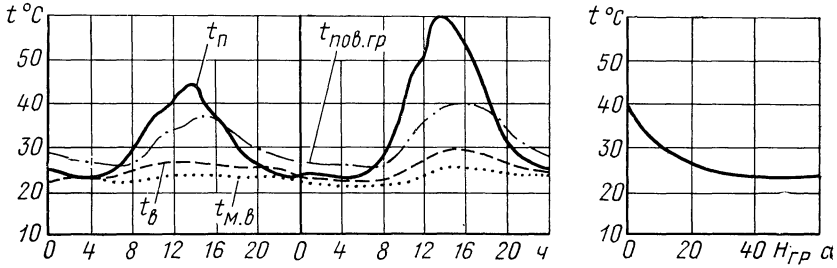


Рис. 42. Графики изменения температуры в верхней части танка наливного судна

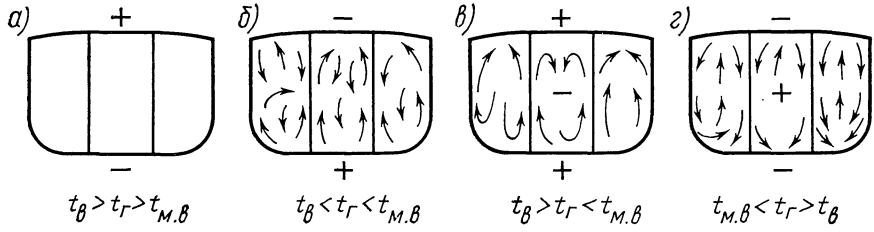


Рис. 43. Схемы процессов в танках наливного судна

забортной воды. Отсюда следует вывод, что при учете теплового расширения груза в расчет надо принимать температуру воды, так как температура основной массы груза равна температуре морской воды.

На переходе танкера в летних условиях в одной климатической зоне груз в танке практически не перемешивается. В бортовых танках, освещенных солнцем (схема *а* на рис. 43), вдоль надводной части освещенного солнцем борта могут возникнуть восходящие потоки жидкости. Такое перемешивание не распространится на основную часть груза. В зимних условиях, когда температура воздуха ниже температуры воды (схема *б*), в танках происходит конвективное перемешивание груза. Восходящие потоки жидкости направлены вдоль подводной части бортов и переборок. В средней части танков идут нисходящие потоки. На переходе судна с севера на юг (схема *в*) конвективные потоки жидкого груза направлены вверх вдоль бортов и переборок, в центральной части танков наблюдаются нисходящие потоки жидкости. На переходе с юга на север (схема *г*) конвективные потоки теплого груза движутся в центральной части танков, нисходящие потоки — вдоль бортов и переборок. Конвективное перемешивание груза в сочетании с его перемещениями, вызванными качкой судна, приводит к выравниванию температуры груза с температурой окружающей среды (забортной воды).

Под воздействием колебаний температуры газового пространства в танке судна происходит улетучивание нефтепродукта. Это явление носит название малых дыханий танков. Днем, когда температура газовой смеси повышается, возрастает ее давление и газ выходит наружу. Вместе с воздухом выбрасываются наружу и пары нефтепродукта. Ночью свежий воздух входит в танк и насыщается парами нефтепродукта. Количество нефтепродукта (в килограммах), потерянного в результате ухода газа в атмосферу за одно малое дыхание, можно подсчитать по формуле

$$q = V\beta\Delta t\omega_{ср}, \tag{106}$$

где V — объем газового пространства в танке, м³;

β — коэффициент объемного расширения газа;

$\Delta t = t_{max} - t_{min}$ — увеличение средней температуры газового пространства;

$\omega_{ср}$ — средняя концентрация паров нефтепродукта, которая вычисляется по формуле, кг/м³

$$\omega_{ср} = \omega_н + \frac{\Delta\omega\Delta t}{2}; \qquad (107)$$

здесь $\omega_н$ — концентрация паров нефтепродукта при t_{min}, кг/м³;
$\Delta\omega$ — средний прирост концентрации паров груза; для бензина Б-70 $\Delta\omega = 0{,}08$ кг/м³, бензина А-60 $\Delta\omega = 0{,}04$ кг/м³.

Расчеты показывают, что при перевозке бензина А-70 при амплитуде колебаний температуры газового пространства $\Delta t = 30°$ С каждые 100 м³ газового пространства за сутки теряют около 37 кг бензина.

В процессе налива и слива нефтепродуктов в результате быстрого их испарения часть груза уходит в атмосферу (налив) или остается в танках (слив) и затем выветривается. Количество нефтепродукта, потерянного в результате испарения при наливе (сливе), можно подсчитать по формуле

$$\Delta Q = k\omega W, \qquad (108)$$

где W — грузовместимость танкера, м³;
k — эмпирический коэффициент, учитывающий неравномерность концентрации ω нефтепродукта по объему танков.

§ 8.7. Технические средства регулирования микроклимата трюмов

Системы естественно-принудительной и механической вентиляции, описанные в § 4.4, позволяют вентилировать трюмы только наружным воздухом, что не всегда дает возможность предотвращать конденсацию влаги и обеспечивать необходимые режимы в трюмах. Последнее возможно только при наличии на судне системы трюмного кондиционирования. Системы трюмного кондиционирования могут быть двух типов: автономные и центральные. Автономные трюмные кондиционеры передвижного типа применяют на судах, перевозящих режимные грузы периодически, и устанавливают только на те трюмы, в которых перевозят режимные грузы, и только на тот рейс, когда такие грузы перевозятся. Системы воздухораспределения в трюме в таком случае выполняются в виде временных воздуховодов. Центральные, или стационарные, кондиционеры устанавливают на тех судах, которые систематически используются для перевозки режимных грузов. Центральный трюмный кондиционер состоит из следующих основных систем: вентиляции и воздухораспределения; обработки (подсушки) воздуха; контроля и управления работой кондиционера.

Система вентиляции и воздухораспределения, принципиальная схема которой показана на рис. 44, позволяет осуществлять четыре режима трюмного кондиционирования: вентиляцию наружным воздухом; рециркуляцию; вентиляцию сухим воздухом; смешанную вентиляцию: рециркуляцию с добавлением наружного воздуха; рециркуля-

цию воздуха с добавлением сухого воздуха; вентиляцию смешанным наружным и сухим воздухом.

Система обработки воздуха состоит из осушителя воздуха, вентиляторов, разводных воздуховодов и контрольно-регулировочных приборов. Существует три типа осушителей воздуха: с твердым химическим влагопоглотителем, с жидким химическим влагопоглотителем и осушители с использованием холода.

Воздухоосушители с твердым химическим влагопоглотителем применяются в широко распространенных системах трюмного кондиционирования, известных под названием «Каргокэйр». В качестве влагопоглотителей используется силикагель (двуокись кремния) — зернистый кристаллический минерал, который при нормальной температуре адсорбирует на своей поверхности влагу в количестве до 40% от собственной массы. При высокой температуре силикагель отдает влагу воздуху. Для нормальной работы установки необходимы две камеры с влагопоглотителем. В то время как одна камера работает на осушку воздуха, в другой происходит процесс регенерации влагопоглотителя.

На рис. 45 показана принципиальная схема работы судовой воздухоосушительной установки ВОУ-2000. Центробежный вентилятор *2* производительностью 2200 м³/ч при напоре 230 даН/м² засасывает через фильтр *1* наружный воздух и через четырехходовой клапан *3* нагнетает его в адсорбер *4*. Воздух, пройдя через слой силикагеля, осушается примерно до $\varphi = 20\%$ (дефицит точки росы $\Delta = 25°$ С) и через верхний клапан *5* поступает в охладитель *6* и далее, через систему воздуховодов, — в трюмы. Вентилятор *7* прогоняет наружный воздух через нагреватель *9*. Воздух, подогретый до 150° С, через клапан *5* поступает в адсорбер *10*, отбирает от силикагеля влагу и через клапан *3* выбрасывается наружу. Когда силикагель в адсорбере *4* сильно увлажнится, заслонки клапанов поворачиваются на 90° и воздух осушается при помощи адсорбера *10*. В адсорбере *4* происходит регенерация силикагеля. Смена работы адсорберов осуществляется автоматически командным электропневматическим прибором КЭП-12у *12* через каждый час. Воздухоосушитель ВОУ-2000 способен обеспечить предотвращение конденсации влаги в грузовых помещениях со свободной кубатурой до 13 500 м³.

Установка «Катабар» с жидким влагопоглотителем осушает воздух до относительной влажности $\varphi = 20\%$ ($\Delta = 25°$ С). Производитель-

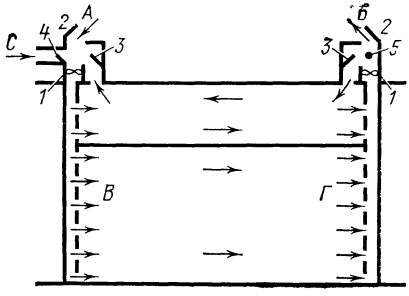


Рис. 44. Принципиальная схема вентиляции и воздухораспределения трюмного кондиционера:

А — нагнетательная шахта; *Б* — вытяжная шахта; *В* и *Г* — воздухораспределительный и воздухосборный коллекторы; *1* — вентиляторы; *2* — заслонки наружного воздуха; *3* — заслонки рециркуляционного воздуха; *4* — заслонка сухого воздуха; *5* — датчик влажности воздуха

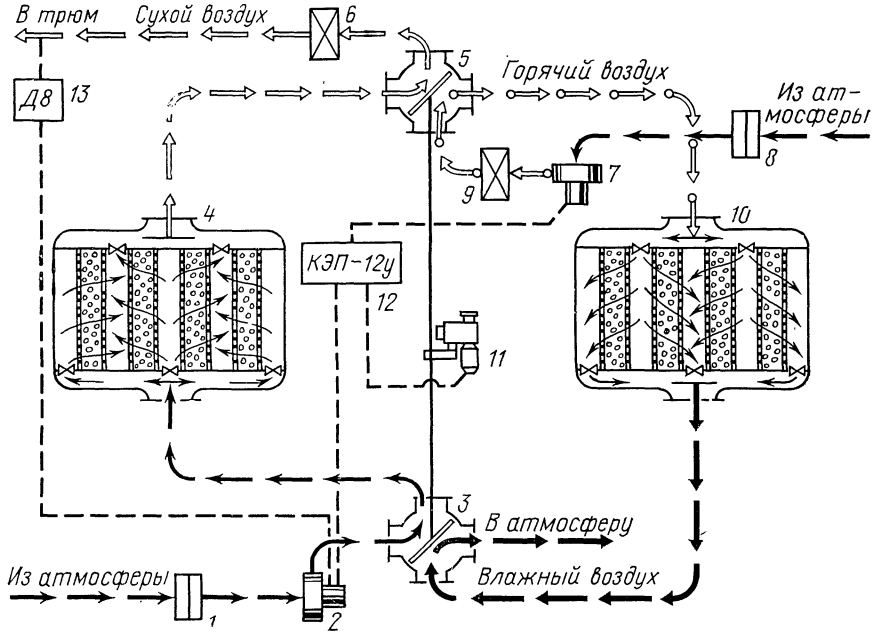


Рис. 45. Принципиальная схема воздухоосушительной установки ВОУ-2000: *1, 8* — воздушные фильтры; *2, 7* — вентиляторы; *3, 5* — четырехходовые клапаны; *4, 10* — адсорберы; *6* — воздухоохладитель; *9* — воздухонагреватель; *11* — переключающее устройство; *12* — командный прибор; *13* — датчик влажности сухого воздуха

ность установки 2550 м³/ч. Максимальная кубатура обслуживаемых помещений — 17 000 м³. Агентом сушки является раствор, называемый катеном, ингибитором (замедлителем) — хромистый калий. Постоянная плотность раствора поддерживается автоматически подогревателем. Производительность установки 28—30 кг влаги в час.

В воздухоосушителе с применением холода вентилятор прогоняет наружный воздух через батарею испарителя холодильной машины. Поверхность испарителя имеет температуру намного меньше точки росы наружного воздуха, в результате чего влага воздуха конденсируется на поверхности испарителя и стекает в водосборник. Охлажденный воздух подогревается калорифером до нужной температуры и направляется в грузовые помещения.

Для приближенного расчета производительности (об/ч) трюмного кондиционера рекомендуется следующая формула:

$$n = \frac{\Delta t}{\Delta_в - \theta_г}, \qquad (109)$$

где Δt — скорость изменения температуры воздуха в трюме; обычно равна 1 град/ч, максимально — 3 град/ч;

$\Delta_в$ — дефицит точки росы вентиляционного (сухого) воздуха;

$\theta_г$ — температурный запас груза.

Система контроля и управления работой трюмного кондиционера состоит из приборов контроля и записи температуры и влажности наружного и трюмного воздуха и приборов ручного или автоматического управления работой трюмного кондиционера. В качестве приборов контроля температуры и влажности воздуха используют термометры сопротивления и электролитические подогревные датчики влажности (ЭЛПДВ), которые устанавливаются в вытяжных шахтах вентиляционной системы и измеряют влажность выходящего из трюмов воздуха. Показания приборов передаются по проводам к записывающему прибору, расположенному в рулевой рубке. На ленте прибора записываются температура наружного воздуха и воды, точка росы сухого, наружного и трюмного воздуха. Режим работы трюмного кондиционера определяется по показаниям самописца.

В процессе погрузки не следует включать вентиляционную систему, за исключением случаев, когда принимается сырой или влажный груз. После погрузки и закрытия трюмов нужно включить вентиляционную систему и вентилировать трюмы на всем переходе до открытия трюмов в порту назначения. При переходе из теплой зоны в холодную — осуществлять вентиляцию наружным воздухом, если точка росы наружного воздуха ниже точки росы трюмного воздуха. Если точка росы трюмного воздуха ниже точки росы наружного воздуха, — осуществлять рециркуляцию. Если точка росы трюмного воздуха равна или больше температуры наружного воздуха либо температура наружной среды быстро падает, — включать систему осушки воздуха. При переходе из холодной зоны в теплую — осуществлять рециркуляцию. При повышении точки росы трюмного воздуха до опасных пределов — включать осушитель. Если точка росы наружного воздуха ниже точки росы трюмного воздуха, — вентилировать наружным воздухом.

На судне следует вести журнал трюмного кондиционирования, в котором ежедневно отмечать координаты судна, состояние погоды, показания температуры и точки росы в трюмах и наружной среды, режим вентиляции и время его смены.

§ 8.8. Принципы регулирования тепловлажностных процессов в трюмах и складах

Для обеспечения сохранности груза в трюме судна ~~или складе~~ необходимо: предотвратить конденсацию влаги на грузе или ограждениях грузового помещения, предотвратить концентрацию влаги в отдельных местах груза, создать оптимальные температурно-влажностные условия для грузов. Конденсация влаги на грузе или конструкциях корпуса не наблюдается, если точка росы воздуха, соприкасающегося с ними, меньше температуры груза $t_г$ или ограждений трюма $t_о$, т. е.

$$\tau_г < t_г;\ \tau_г < t_о.$$

Если нет наблюденных данных, то температура груза в течение рейса считается равной наименьшей температуре воздуха в порту

отправления, температура подводной части борта (в трюме) — температуре воды за бортом, температура надводного борта (твиндек) — температуре наружного воздуха, температура палубы — температуре воздуха, а в ночное время — ниже последней на 3—5° С, в зависимости от условий погоды.

Решение задач по определению возможности и целесообразности вентиляции трюма лучше всего выполнять на t-τ — диаграмме влажного воздуха. Для этого рекомендуется сделать следующие построения (рис. 46): на шкале температур найти значение температуры груза, от которого отложить влево горизонтальный отрезок, равный температурному запасу груза $\theta_г$ (точка *О*). Вертикаль, опущенная на линию температур, покажет оптимальную точку росы груза $\tau_г$, соответствующую условию равновесия системы груз — воздух. Точку *О* можно получить, зная оптимальную относительную влажность (см. § 6.9).

Из точки $t_г$ на шкале температур проводим вертикаль *ЛКГ* (линия конденсации влаги на грузе), которая образует зону *1*, отвечающую условию невозможности вентиляции трюма наружным воздухом. Воздух, точка которого находится правее линии *ЛКГ* в зоне *1*, имеет точку росы более температуры груза и при соприкосновении с ним вызовет конденсацию влаги на грузе. Из точки, соответствующей точке росы груза, проводят горизонтальную линию отсыревания груза *ЛОГ*, которая образует зону *2* невозможности вентиляции теплого груза холодным воздухом (см. § 8.5). Ширина этой зоны равна величине температурного запаса груза $\theta_г$.

Затем строят граничную линию *ГЛ*, которая образует зону *3*, ширина которой равна минимальному температурному запасу Θ_{min}. Минимальный температурный запас принимается равным 1° С, если ведется постоянный контроль за параметрами воздуха в трюме и наружного, и 3° С, если этого не делается. Через точку оптимального воздуха

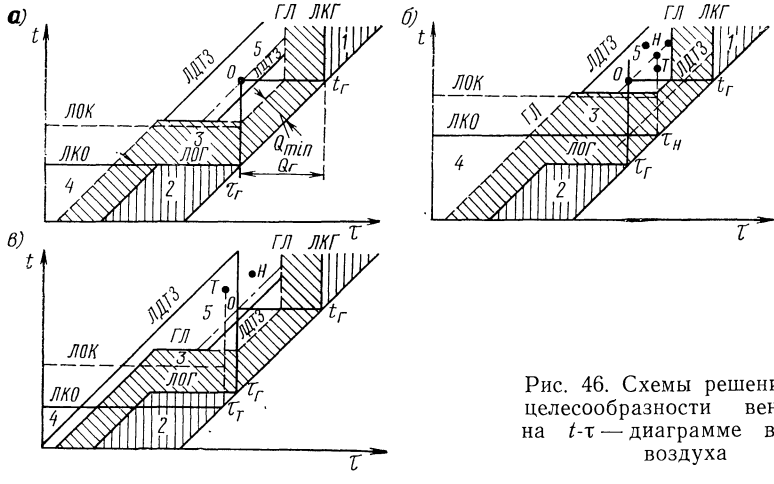


Рис. 46. Схемы решения задач целесообразности вентиляции на t-τ — диаграмме влажного воздуха

О параллельно шкале температур проводим линию оптимального воздуха. На расстояниях, равных минимально и максимально допустимому температурному запасу груза, проводим линии *ЛДТЗ*, образующие зону допустимого изменения параметров воздуха в трюме.

Если точка наружного (вентиляционного) воздуха находится в зонах *1* или *2*, то вентиляция трюма наружным воздухом невозможна, так как она приведет к подмочке груза. Вентиляция трюма воздухом, точка которого находится в резервной зоне *3*, не рекомендуется, так как имеется опасность отпотевания в трюме, и может быть допустимой только в случае крайней необходимости при условии самого тщательного контроля параметров трюмного и вентиляционного воздуха и груза. Вентиляция возможна только в том случае, когда точка вентиляционного воздуха находится в зоне *5*, ограниченной линиями *ЛДТЗ* и *ГЛ*.

На рис. 46 показаны три возможных варианта состояния трюмного воздуха: *а* — точка трюмного воздуха совпадает с оптимальной точкой груза; *б* — точка росы трюмного воздуха больше оптимальной точки росы; *в* — точка росы трюмного воздуха меньше оптимальной точки росы. Линия *ЛКО*, проведенная на уровне точки росы трюмного воздуха, показывает, что в трюме будет конденсация, если температура ограждения меньше точки росы трюмного воздуха, и, следовательно, необходима вентиляция трюма сухим воздухом. Практически осушать воздух надо уже тогда, когда температура ограждения станет меньше величины $\tau_т + \theta_{min}$ — линия *ЛОК*. В этом случае вентиляция трюма наружным воздухом возможна только тогда, когда точка наружного воздуха находится в зоне *4*. Если точка трюмного воздуха находится в зонах *1* или *2*, то в трюме идет процесс конденсации и отсыревания груза и необходимо немедленно вентилировать трюм сухим воздухом. Если точка трюмного воздуха находится в зоне *3*, то появляется опасность отсыревания груза и следует чачать вентилирование сухим воздухом.

Целесообразность вентиляции трюма наружным воздухом в оптимальной зоне определяется положением точек оптимума *О* наружного *Н* и трюмного *Т* воздуха. При расположении точек *Т* и *Н* с одной стороны от вертикали точки росы груза вентиляция наружным воздухом целесообразна, если точка *Н* ближе к вертикали, чем точка *Т*. Вентиляция наружным воздухом целесообразна, если точки *Т* и *Н* находятся с разных сторон от вертикали $\tau_т$. При этом чем ближе точка *Н* к вертикали по сравнению с точкой *Т*, тем интенсивнее должна быть вентиляция.

Условия возможности и целесообразности вентиляции трюмов и складов формулируются следующим образом (табл. 9): вентиляция трюмов невозможна, если точка росы вентиляционного воздуха равна или больше температуры груза (1а); если температура вентиляционного воздуха ниже точки росы, соответствующей влажности груза, и дефицит точки росы вентиляционного воздуха меньше температурного запаса груза (2а).

Не рекомендуется вентилировать грузовые помещения воздухом в случаях, указанных в колонке «б» табл. 9.

Таблица 9

	Условия	Нельзя	Не рекомендуется	Можно	Необходимо
		а	б	в	г
1	$t_в > t_г$	$\tau_в \geqslant t_г$ $\tau_в < t_г - 3$	$\tau_в > t_г - \theta_{min}$ $\Delta_в > \theta_г + 1$	$\tau_в < t_г - \theta_{min}$ $\Delta_в = \theta_г \pm 1$	$\tau_т > \tau_в > t_г$ $\tau_т > t_г > \tau_в$
2	$t_в < \tau_г$	$\Delta_в < \theta_г$	$\Delta_в < \theta_г + \theta_{min}$	$\Delta_в > \theta_г + \theta_{min}$	$\tau_т > t_в$
3	$\tau_г < t_в < t_г$		$\Delta_в < \theta_{min}$ $t_в < \tau_в + \theta_{min}$	$t_в > \tau_в + \theta_{min}$ $\Delta_в = \theta_г \pm 1$	$\tau_т > t_в$

Вентиляция трюма сухим воздухом необходима, если точка росы трюмного воздуха равна или выше температуры груза (1г); если точка росы трюмного воздуха равна или выше температуры ограждения (2 г, 3г).

Рекомендуется вентилировать грузовые помещения, когда дефицит точки росы вентиляционного воздуха равен температурному запасу груза $\pm 1°$ С (1в, 3в).

Вентиляция грузовых помещений наружным (вентиляционным) воздухом возможна, если точка росы вентиляционного воздуха ниже температуры груза, уменьшенной на величину минимального температурного запаса (1в); если температурный запас вентиляционного воздуха, имеющего температуру ниже точки росы груза, больше температурного запаса груза, увеличенного на значение минимального температурного запаса воздуха (2в).

Если точка росы трюмного воздуха больше критической точки росы $\tau_{кг}$, соответствующей гигроскопической точке груза, содержащего водорастворимые вещества (соли), $\tau_т \geqslant \tau_{кг}$, а $\tau_н < \tau_т$, то трюм следует вентилировать.

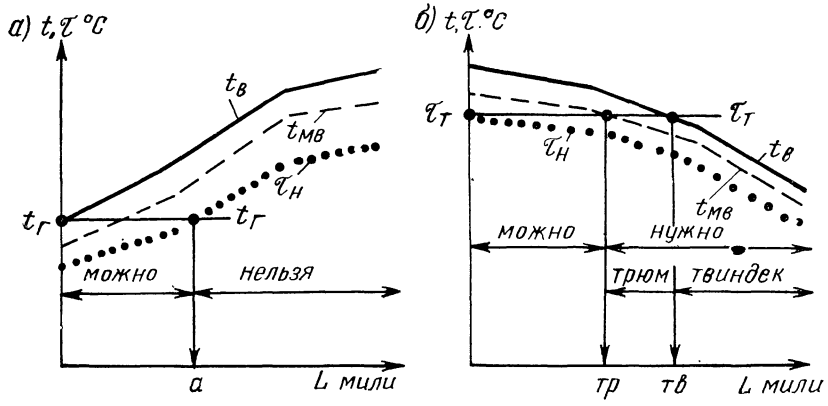


Рис. 47. Схемы предварительного определения возможности вентиляции трюмов на переходе:

а — «с севера на юг»; *б* — «с юга на север»

Для предварительного решения задачи о возможности и целесообразности вентиляции трюмов наружным воздухом на конкретной трассе необходимо иметь или построить график изменения температуры воздуха и воды и точки росы наружного воздуха на переходе (рис. 47). Данные о температуре воздуха и воды и относительной влажности воздуха выбираются из Лоций или Морского атласа (ч. II), точка росы для начального, промежуточных и конечного пунктов пути рассчитывается при помощи t-τ — номограммы влажного воздуха. На оси абсцисс строится шкала расстояний перехода, на оси ординат — температурная шкала. Если совершается переход из холодной зоны в теплую (рис. 47, *а*),то сравнивается температура груза с точкой росы наружного воздуха. Для этого от точки температуры воздуха в порту отправления $t_г$ (она же — температура груза) проводят горизонталь до пересечения с кривой точки росы наружного воздуха $\tau_н$. Опустив перпендикуляр из точки пересечения на шкалу расстояний, получим точку a на пути следования, где проходит граница возможности и целесообразности вентиляции трюмов наружным воздухом. На участке пути, где $\tau_н < t_г$, вентиляция трюмов возможна. На участке, где $\tau_н \geqslant t_г$, вентиляция наружным воздухом приведет к отсыреванию груза.

Если переход совершается из теплой зоны в холодную (рис. 47, *б*), то нужно сравнивать точку росы трюмного воздуха $\tau_т$ с температурой наружной среды (она же — температура трюмных ограждений), для чего горизонталь проводится от точки росы воздуха в порту отправления до пересечения с температурой наружной среды (воздуха и воды). Пересечение горизонтали с температурой воздуха $t_в$ покажет момент, когда начнется конденсация влаги на внутренних поверхностях ограждений твиндека, пересечение с температурой воды $t_{м.в}$ — момент конденсации влаги в трюме. До прихода судна в данный пункт трюмы можно не вентилировать, на дальнейшем переходе вентиляция становится обязательной.

Глава 9

ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ ГРУЗОВ

§ 9.1. Общие принципы обеспечения сохранности грузов при морской транспортировке

В общем виде условия обеспечения сохранности грузов можно сформулировать следующим образом:

грузы должны быть в таком состоянии и так упакованы, чтобы они могли выдержать воздействие на них комплекса агрессивных факторов, присущих условиям морской транспортировки;

технические условия морской перевозки грузов должны соответствовать их свойствам и должны быть заранее определены;

работники морского транспорта должны соблюдать правила и технические условия перевозки грузов и принимать все необходимые меры для обеспечения сохранности грузов.

Упаковка грузов должна отвечать требованиям соответствующих ГОСТов и обеспечивать эффективную защиту груза от внешних агрессивных факторов в течение всей перевозки при обычно встречающихся условиях. Кроме того, упаковка должна обеспечить удобство выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Упаковка опасных грузов должна соответствовать Правилам МОПОГ [18] и ГОСТ 10.74—74. Специальные требования к таре и упаковке ряда грузов предъявляются ГОСТ 15846—70. Сведения об упаковке ряда грузов можно получить из справочников [7, 24].

Технические условия перевозки грузов излагаются в правилах перевозки [17, 18, 19, 23, 25, 27, 28] и постоянно разрабатываются или совершенствуются.

Помимо соблюдения правил и технических условий перевозки, работники транспорта должны принимать конкретные меры обеспечения сохранности грузов, исходя из реально складывающейся обстановки и обеспеченности руководящими материалами — правилами и инстукциями.

Режим перевозки грузов зависит от их свойств и условий перевозки. Специальные режимы соблюдают при перевозке и хранении особо-бережимных грузов — скоропортящихся, опасных, живого скота и сырых животных продуктов. При перевозке скоропортящихся грузов особое внимание уделяют температурно-влажностным и вентиляционным режимам перевозки и хранения, при перевозке опасных грузов — режимам безопасности, при перевозке живого скота и сырых животных продуктов — санитарно-ветеринарным режимам.

§ 9.2. Совместное хранение и перевозка грузов

Многообразие физико-химических свойств грузов нередко приводит к тому, что совместная перевозка или хранение двух разнородных грузов в одном грузовом помещении может нанести им ущерб. Для решения вопроса о возможности совмещения в одном грузовом помещении различных грузов необходимо, прежде всего, хорошо знать их свойства в конкретной упаковке.

В существующей литературе по перевозке грузов морем и хранению в портах имеются некоторые конкретные указания о том, с какими грузами данный груз несовместим.

Для решения вопроса совмещения грузов при хранении или перевозке можно рекомендовать способ сопоставления шифров свойств грузов. Шифр состоит из букв и цифр, обозначающих те или иные свойства груза и записанных в виде дроби:

$$\text{сахар} — \frac{\text{ПС}}{\text{ВЗИКН}}, \qquad \text{цемент} — \frac{\text{ЗСТ}}{\text{ВИНТ}}.$$

В числителе записывают цифры и буквы кода, соответствующие свойствам, которыми обладает сам груз, в знаменателе указывают свойства, которых данный груз боится:

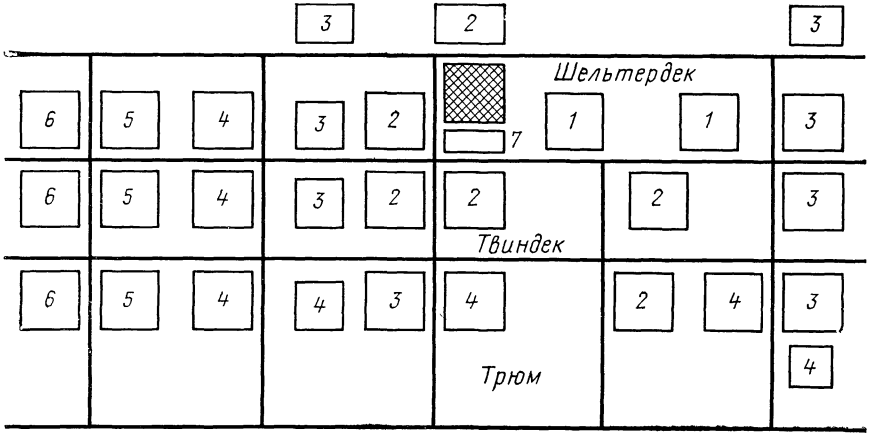


Рис. 48. Условия разделения несовместимых грузов на морском судне

В — влажный, сырой;
Ж — жидкий;
З — загрязняющий, пыльный;
И — испарения, запахи;
К — карантинированный, санитарно-ветеринарная опасность;
Н — навалочный, насыпной;
П — пищевой;
Р — рефрижераторный, скоропортящийся;
С — сухой;
Т — тяжелый;
Я — ядовитый;
ОГ-4321 — опасный груз группы 4321.

Одинаковые буквы в числителе одного и знаменателе другого груза говорят о его несовместимости в одном грузовом помещении. Вопрос совместной перевозки или хранения опасных грузов решают при помощи таблиц совместимости [18].

Условия разделения несовместимых грузов закодированы следующим образом (рис. 48):

0 — запрещается перевозка на одном судне или хранение в одном складе;

1 —**вдали от**... — грузы можно укладывать в одном помещении, но они должны быть эффективно отсепарированы друг от друга (считается, что горизонтальное расстояние между ними, равное 3 м, является достаточным);

2 — **отдельно от**... — грузы нельзя размещать в одном грузовом помещении, они должны быть разделены водонепроницаемой стальной переборкой или палубой;

3 — **в другом отсеке от**.... — грузы должны быть разделены вертикальной водонепроницаемой переборкой;

4 — **через одно помещение от**.... — между грузами должны быть две водонепроницаемые стальные переборки или палубы;

5 — **через отсек от**... — грузы должны быть разделены двумя стальными водонепроницаемыми переборками;

6 — разделенные максимальным, но не менее двух, числом отсеков, что практически означает погрузку одного груза в носовой, а другого в кормовой отсеки;

7 — совмещение в одном грузовом помещении допускается при условии тщательной сепарации.

Эти условия являются ограничительными, поэтому любое более эффективное разделение груза допустимо.

При распределении и комплектации грузов на судне или складе в первую очередь решают вопросы совместимости грузов. При послойной загрузке трюмов приходится учитывать свойства груза в каждом слое. Нельзя, например, на табак в кипах погрузить металл, а на металлы грузить соду или краски. В то же время табак на металл грузить можно. Решение задачи совместимости грузов в трюмах судна удобно проводить в табличной форме (табл. 10). В головке и боковике таблицы записывают наименования грузов и их шифры. В графах записывают цифры, соответствующие коду совместимости.

Таблица 10

Груз снизу	Груз сверху				
	Сахар ПС / ВЗИКН	Цемент ЗСТ / ВИНТ	Асбест — / З	Металл СТ / ВЕЗН	Табак ИПС / ВЕЗИКНТЯ
Сахар	—	3	—	1	3
Цемент	3	—	7	2	3
Асбест	—	2	—	1	—
Металл	7	2	—	—	7
Табак	3	3	1	1	—

§ 9.3. Температурно-влажностные и вентиляционные режимы

При хранении и перевозке грузов морем необходимо соблюдать температурно-влажностные и вентиляционные режимы, под которыми понимаются соответствующие температуры груза и окружающей среды, влажность и воздухообмен в грузовом помещении. Особенно строго необходимо следить и поддерживать режимы перевозки скоропортящихся грузов. Температурные режимы необходимо соблюдать при перевозке многих грузов — каучука и резиновых изделий, кондитерских и медицинских товаров, олова и др.

Для сохранения качества грузов, а также их влажности необходимо поддерживать в складах и трюмах определенную влажность воздуха. Обычно задается оптимальная относительная влажность воздуха. Для гигроскопических грузов следует определять оптимальную влажность воздуха по влажности и температуре груза при помощи кривых равновесной влажности (см. рис. 32). Нельзя совмещать в одном грузовом помещении грузы, требующие различных влажностных режимов.

Таблица 11

Наименование груза	Температура, °С	Относительная влажность, %	Температурный запас, °С	Вентиляция
Бумага	До 30	65—70	5,6—6,6	Умеренная
Волокнистые грузы	До 30	До 70	Более 7	»
Каучук натуральный	8—10	70—80	4,0—5,6	»
Кожи и кожевенные изделия	До 20	70—80	4,0—5,6	Усиленная
Кофе натуральный, чай	—	До 75	Более 4,7	Умеренная
Крупы, макароны, мука	—	65—75	4,7—6,6	»
Резиновые изделия	0—20	50—70	5,6—10,5	»
Сахар, крахмал	6—10	70—75	4,5—5,6	—
Соль поваренная	—	До 75	Более 5,0	—
Табак и табачные изделия	12—14	60—70	5,6—8,0	Усиленная

Большинство гигроскопических грузов требует поддержания относительной влажности воздуха, близкой к значениям параметров стандартной атмосферы, т. е. около 65—75%. При хранении мороженных и охлажденных продуктов поддерживается влажность 95—100%, фруктов, овощей, сыров — 80—90%. Повышенную влажность воздуха поддерживают при хранении жидких и тузлучных пищевых продуктов, которые перевозят в деревянных бочках.

Чрезмерная влажность воздуха приводит к увлажнению и порче груза под воздействием биохимических процессов. Слишком низкая влажность приводит к усушке груза и потере некоторых технологических свойств материала.

Вентиляция грузов необходима для удаления вредных продуктов распада веществ, прекращения биохимических процессов или жизнедеятельности микроорганизмов и вредителей грузов, а также для поддержания необходимых температурно-влажностных условий в грузовых помещениях. Особое значение воздухообмен имеет при перевозке свежих плодов и овощей, зерна и ряда других скоропортящихся грузов, которые подвержены действию биохимических процессов. При помощи вентиляции удаляется углекислый газ, появляющийся при «дыхании» свежих плодов, овощей и зерна, этилен — при созревании бананов, метан — при перевозке каменного угля.

Вентиляционный режим хранения груза обычно задается числом обменов воздуха. Если, например, объем трюма 500 м³ и задан вентиляционный режим три обмена в час, то за каждый час через данное помещение нужно пропускать 1500 м³ свежего воздуха. Иногда указывается степень вентиляции — умеренная, интенсивная (табл. 11).

§ 9.4. Санитарные, ветеринарные и карантинные режимы

Морские суда, посещая разные порты мира, могут явиться носителем заразных заболеваний, вредителей сельскохозяйственных растений и сорняков. Для предупреждения распространения заболеваний государства создали или создают специальные органы по санитар-

ной охране своих границ. В соответствии с «Правилами по санитарной охране границ Союза ССР» все грузы подвергаются контролю и осмотру на предмет недопущения распространения инфекционных заболеваний людей. Этими вопросами занимаются портовые санитарно-эпидемиологические станции, в которые входят отделы: санитарно-противоэпидемический, санитарно-карантинный, дезинфекционный (при котором имеется хозрасчетное отделение профилактической дезинфекции, дезинсекции и дератизации) и санитарно-гигиеническая лаборатория. Карантинные отделы производят санитарный осмотр приходящих и отходящих судов, оформление санитарной документации, санитарное наблюдение за людьми и контроль за выполнением санитарных правил, наблюдают за опасными в санитарном отношении грузами — сырыми животными продуктами, тряпьем, ядовитыми химикатами и т. п. и пищевыми продуктами, перевозимыми как груз и как запас питания для пассажиров и экипажа.

На судах и в портах проводятся следующие санитарно-карантинные мероприятия: *дезинфекция* — обеззараживание помещений, предметов и грузов; *дезинсекция* — меры по уничтожению насекомых и их зародышей; *дератизация* — меры по уничтожению грызунов; *дезодорация* — меры по устранению запахов; *дегазация* — меры по удалению вредных газов и пыли; *фумигация* — окуривание помещений ядовитыми газами или парами для уничтожения вредителей (насекомых, грызунов) и болезней сельскохозяйственных грузов.

Грузы подвергаются дезинфекции или дезинсекции, если есть признаки заражения груза или тары конвенционными болезнями или подозрение на них. После перевозки или хранения тряпья, ветоши, сырых животных продуктов и живого груза дезинфекция обязательна. Все дезинфекционные мероприятия в портах и на судах производятся работниками дезинфекционного отдела портовой санитарно-эпидемиологической станции.

Для проведения газовой дезинфекции и дератизации необходима тщательная герметическая закупорка окуриваемых помещений, для чего заделывают и заклеивают все щели и отверстия. Проведение дератизации требует вывода судна из эксплуатации не менее чем на сутки и связано с затратами. В настоящее время разрабатываются и применяются способы и методы фумигации трюмов судов, значительно сокращающие непроизводительные простои судна или выполняемые на судне во время рейса. После проведения на судах и в складах мероприятий, связанных с фумигацией или распыливанием (разбрызгиванием) ядовитых веществ, необходимо проводить дегазацию всеми возможными средствами. Дегазацию проводят также и в тех случаях, когда в грузовых помещениях перевозят или перевозили грузы, выделяющие вредные пары и газы.

В целях предупреждения заноса в СССР вредителей сельскохозяйственных растений, их болезней и сорняков в морских и речных портах, пограничных железнодорожных станциях и аэропортах создана сеть пограничных карантинных пунктов, которые производят досмотр грузов растительного происхождения, следующих через государственную

границу СССР. В обязательном порядке карантинному досмотру подлежат следующие импортные или транзитные грузы: семена культурных и диких растений, живые растения и их части (саженцы, черенки, лозы, отводки, корни, клубни, луковицы), продовольственное и фуражное зерно, свежие плоды, хлопковое волокно, шерсть, волокна льна и других прядильно-волокнистых культур, табак-сырец и всякие пряности; тара указанных грузов и упаковочные материалы растительного происхождения; образцы почвы, живые растения с почвой; все виды живых культур грибов, бактерий, вирусов и энтомологических объектов; все виды коллекций насекомых, семян, гербарии; не очищенная от коры древесина; подстилка и фураж при ввозе животных из-за границы; все прибывшие из-за границы посылки, а также ручная кладь и багаж пассажиров, содержащие вложения подкарантинных материалов. Ввоз растительных грузов из-за границы допускается только при наличии импортного карантинного разрешения, выдаваемого пунктами Главной государственной инспекции по карантину и защите растений Министерства сельского хозяйства СССР, и сертификата (свидетельства), выдаваемого соответствующими сельскохозяйственными органами страны, откуда завезен груз.

Администрация морских портов и грузополучатели должны своевременно извещать местные государственные инспекции по карантину и защите растений о прибытии судов с растительными грузами. Все расходы, связанные с проведением карантинного обеззараживания трюмов, вагонов и складов, по вскрытию и упаковке отдельных мест для досмотра и отбора проб несут грузополучатели.

Грузы растительного происхождения, экспортируемые в страны, заключившие с СССР соответствующие конвенции, подвергаются в пунктах первоначального вывоза тщательной карантинной экспертизе с выдачей карантинного сертификата. На грузы, вывозимые в другие страны, карантинный сертификат выдается только по требованию импортера.

§ 9.5. Зачистка и подготовка грузовых помещений

В соответствии с «Правилами технической эксплуатации морских судов» грузовые помещения должны удовлетворять следующим требованиям: внутренние поверхности трюмов должны быть очищены от ржавчины и окрашены в соответствии с «Правилами ухода за корпусами морских судов» и «Правилами по окраске морских судов»; трюмы должны быть обеспечены вентиляционными устройствами соответственно роду перевозимого груза; деревянные щиты над льялами должны быть плотно пригнаны и вместе с тем легко открываться; на всех выступающих частях — воздушных, измерительных, балластных, осушительных и других трубах — должны быть установлены оградительные устройства в виде кожухов, решеток и т. п. для предохранения от повреждения грузами; для обеспечения грузовых операций трюмы должны быть снабжены исправными трапами, а части внутреннего набора рымами и рыбинсами на кронштейнах; люки грузовых трюмов должны быть снабжены надежными закрытиями от непогоды.

После каждой разгрузки грузовые трюмы очищают и подготавливают для приема нового груза. Перед каждой погрузкой грузовые трюмы осматривают и проверяют их подготовленность к приему груза. Общие задачи подготовки грузовых помещений судна к приему грузов заключаются в следующем: грузовые помещения нужно привести в соответствующее для данных грузов состояние; устройства, служащие для наблюдения за уровнем воды в льялах и ее откачки, приборы контроля и регулирования микроклимата должны быть в полной исправности; необходимо подготовить и, если надо, установить дополнительные устройства, сепарационный, прокладочный и подкладочный материал, необходимые для обеспечения сохранности грузов; состояние трюмов должно быть в течение всего рейса таким, чтобы сохранность грузов была обеспечена.

Тщательность подготовки трюмов зависит от рода перевозимого ранее груза и груза, подлежащего перевозке. После освобождения грузовых помещений от груза необходимо тщательно обмести трюм, удалив все остатки перевезенного груза. Обметать следует не только пайол, но и рыбинсы, шпангоуты, бимсы, стрингеры и другие части трюмного устройства для того, чтобы на них не было пыли и россыпи грузов. Тщательное подметание с влажными древесными опилками в некоторых случаях может заменить мойку трюмов.

При перевозке угля удаляют из трюма куски дерева, тряпье, паклю и другие материалы, подверженные окислению и самовозгоранию, а также следят за тем, чтобы они не попадали в трюм вместе с углем. Льяльные лючины при перевозке насыпных и навалочных грузов необходимо конопатить. При перевозке хлопка грузовые помещения должны быть тщательно очищены от сора и пыли, вымыты и просушены. Перед погрузкой цемента необходимо произвести тщательную сухую зачистку и просушку грузовых помещений. После выгрузки цемента россыпь тарируют и сдают на берег, а трюм подметают. Если после перевозки цемента, апатитовой руды, сульфата, угля, руды и других пылящих грузов трюмы надо подготовить к приему пищевых или боящихся пыли грузов, то после зачистки грузовые помещения моют при помощи шлангов с хорошим напором струй, с одновременной откачкой воды из льял. После этого трюм тщательно просушивают.

При погрузке хлебных грузов, кроме чистоты помещений, требуется тщательная изоляция груза от соприкосновения с металлическими частями набора судна для предотвращения отпотевания. Помещения, предназначенные для перевозки зерна, тщательно устилают брезентом. Льяльные лючины и пайол тщательно конопатят во избежание попадания зерна в льяла.

При перевозке мешковых грузов (мука, сахар, крупы) борта и переборки завешивают мешковиной, а пайол устилают 2—3-дюймовыми досками на расстоянии 5—7 см друг от друга. Если доски небольшой толщины, настил делают в два ряда — первый поперек судна, второй — вдоль него. Настил предохраняет груз от соприкосновения с пайолом, который может быть мокрым от скопившейся в льялах и под пайолом воды. При перевозке табака необходимо отделять его от пайола досками и брезентом, так как табак интенсивно впитывает влагу.

Перед погрузкой чая все масляные пятна на пайоле и других местах должны быть тщательно удалены при помощи раствора каустической соды, после чего эти места нужно побелить раствором негашеной извести. Так как чай очень боится запаха, то льяла должны быть хорошо вычищены, промыты, продезинфицированы хлористым кальцием и покрыты цементным молоком. При перевозке концентрированной или твердой патоки вся поверхность трюмов должна быть тщательно побелена известью и покрыта двумя рядами матов для предупреждения разъедающего действия патоки на металл. При перевозке соли насыпью все стальные и железные части в трюмах должны быть перед погрузкой покрыты слоем гашеной извести, которая предохраняет металл от действия солевых растворов. Все щели в пайоле и в льяльных лючинах должны быть заделаны. После выгрузки соли трюмы должны быть тщательно вымыты. Необходимо в этих случаях применять для промывки пресную воду. Рекомендуется при мойке трюмов после перевозки соли, селитры и подобных грузов поднять часть трюмного настила и с помощью шланга хорошо промыть пайол с обеих сторон, поверхность двойного дна и льяла. После этого сначала надо хорошо просушить трюм, а затем уже уложить трюмный настил.

При подготовке судна к приему сахара необходимо тщательно очистить трюмы от мусора, пыли, удалить запахи, хорошо проветрить трюмы, а льяла вычистить и покрасить известковым молоком. После перевозки грязных грузов (цемент, уголь, руда) трюмы необходимо вымыть.

Перед погрузкой мясных продуктов трюм необходимо промыть горячей водой. После выгрузки мясных продуктов трюм также должен быть вымыт. В необходимых случаях до или после перевозки мясных продуктов трюмы подвергаются дезинфекции, дезинсекции, дератизации и дезодорации силами и средствами санитарных организаций.

Льяла очищают следующим образом: откачивают, сколько возможно, воду из льял, очищают от мусора приемные отростки, напускают при помощи шланга чистую воду, протирают стенки льял голиками и щетками, а затем осушают льяла. Покрывают цементом те места, где цементировка нарушена.

§ 9.6. Сушка трюмов

Сушка трюмов после мойки — сложный и трудоемкий процесс. До сих пор еще не разработаны достаточно эффективные средства сушки трюмов. В практике используют довольно примитивные и трудоемкие способы, часто сопряженные с пожарной опасностью. Можно применять воздушно-газовую (конвективная, с принудительной вентиляцией, горячим воздухом или газом) и тепловую сушку (контактная и инфракрасным излучением). При тепловой сушке неизбежно участие конвективного воздухообмена, который способствует усилению процесса сушки.

Конвективная сушка наиболее длительна и малоэффективна, поэтому она почти не применяется. Применяют в основном сушку прину-

дительной вентиляцией. После мойки трюмов открывают люки, все дефлекторы разворачивают против ветра, и они работают на нагнетание. Для усиления воздухообмена к носу грузовой стрелы подвешивается виндзейль — парусиновый рукав диаметром до 1 м, в верхнем конце которого имеется боковое отверстие с укрепленными боковыми полками. Отверстие располагают против ветра и в него входит воздух, нагоняемый ветром. Нижний конец виндзейля располагают на расстоянии 1,5 м от пайола, что заставляет воздух проходить вдоль пайола. Интенсивность такой сушки целиком зависит от температуры и влажности наружного воздуха и скорости ветра. Для усиления сушки часть пайола разбирается так, чтобы вентиляционный воздух мог проходить между пайолом и вторым дном.

Сушка горячим воздухом или газом дает хороший эффект. В Одесском порту были использованы пламенные сушилки, состоящие из корытообразного металлического кожуха, укрепленного на колесиках. К кожуху приварены ручки, на которых укреплены две форсунки, бак для керосина и приборы управления. Форсунки дают факел пламени с высокой температурой. Пламя с раскаленным воздухом быстро прогревают пайол трюма и высушивают его. Эффективность такой установки очень высока; в зимних условиях она позволяет высушить пайол среднего по величине трюма примерно за 2—3 ч. Однако эта установка очень опасна в пожарном отношении, а от сильного перегрева дерево пайола становится хрупким и быстро изнашивается, особенно при работе в трюме грейферами.

По предложению работников Черноморского пароходства тт. Елисеева и Могилевского проведена опытная сушка трюмов при помощи мотороподогревателей типов МП-85 и МП-300 отечественного производства. Мотороподогреватель МП-85 массой 300 кг имеет производительность 320—385 МДж/ч и дает на выходе температуру 110—115° С. Воздух, нагреваемый в калорифере при помощи форсунок, работающих на бензине или керосине, подается по специальным рукавам. Два подогревателя МП-85, опущенные в трюм вместимостью 1300 м³, подняли температуру с 4,5 до 36° С. Сушка трюма была осуществлена за 10 ч. Мотороподогреватель МП-300 смонтирован на автомобиле ГАЗ-51 и имеет производительность 1,25 ГДж/ч при температуре горячего воздуха около 150° С. Установка МП-300 более безопасна в пожарном отношении, чем МП-85, так как она находится на берегу, а в трюм подается только сухой и чистый воздух. Для этого в трюм опускаются четыре рукава длиной 12 м каждый. Сушка трюма при температуре наружного воздуха 1° С и закрытых люках осуществляется за 2 ч.

Примером контактной тепловой сушилки является передвижная электрическая машинка для сушки пайолов трюмов, предложенная работниками Калининградского порта М. И. Прониным и А. Н. Соболевым. Машинка имеет шесть катков диаметром 120 мм, изготовленных из металлических труб, внутри которых расположены электронагревательные элементы (спирали). Площадь нагрева машинки 0,96 м², температура на поверхности катков 250—300° С, потребляемая мощность 14,4 кВа. Питание машинки осуществляется трехфазным током 220 в от береговой сети. Катки сверху закрыты теплоизолирующим

кожухом. Производительность машинки 50 м² площади пайола в час, т. е. примерно 6—8 ч на один трюм.

Для сушки трюмов с большим успехом могут быть использованы турбореактивные двигатели, выработавшие свой моторесурс на самолетах, но пригодные для работы в наземных условиях. Такие двигатели можно установить на автомобиле или передвижной платформе и снабдить рукавами для подачи газо-воздушной смеси в трюмы. Тепло- и газопроизводительность таких установок очень велика, что позволит резко сократить непроизводительные простои судов.

§ 9.7. Укладка грузов в трюме; подстилочный, прокладочный и сепарационный материал

В общем случае укладка генеральных грузов в трюме должна быть как можно более плотной, что предотвращает их перемещение и поломку во время качки. Такую укладку легко осуществить, если груз упакован в стандартную тару и линейные размеры его не превышают 1 : 10 размеров трюма. Если партия состоит из грузовых мест различного размера, то необходимо обеспечить укладку грузов таким образом, чтобы давление верхнего груза равномерно распределялось на нижние грузовые места. Если нет возможности выровнять слой груза путем подбора грузовых мест соответствующей высоты и прочности, то используют деревянные брусья или доски.

Особое внимание проявляют при укладке грузовых мест значительного размера в трюмах с искривленными обводами, где ширина грузового помещения увеличивается с высотой, и в районе скуловой части, где лючины льял расположены наклонно. Здесь приходится устраивать платформы или настилы из досок и брусьев с тем, чтобы грузовые места не проваливались в пространство между грузом и бортом, в результате чего неизбежны деформация грузовых мест, поломка тары и повреждение груза.

При перевозке гигроскопических грузов в мягкой упаковке (мешки, кипы) из теплой зоны в холодную на длительных переходах (более четырех суток) металлические части корпуса в трюме застилают или завешивают мешковиной, брезентом, фанерой или досками. На переходе из холодной зоны в теплую или в одной климатической зоне, когда температура наружной среды не опускается ниже температуры груза, такая застилка металла не требуется.

Подстилочный, прокладочный и сепарационный материал должен быть чистым и сухим. В качестве прокладочного материала используют доски толщиной 25 мм, шириной 10—15 см, длиной 3—4 м и рейки толщиной 25 мм, шириной 5 см и длиной более 1,8 м. В качестве подстилочного материала используют доски шириной 7—10 см и длиной 1—6 м, рейки сечением 5—10 см и длиной 0,4—2 м. Для рефрижераторного груза требуются планки сечением 10 × 40 мм и длиной 120 см. В качестве подстилки для тяжеловесов требуются доски сечением 50 × 250 мм либо брусья сечением 150 × 200 мм. Для определения количества сепарационного материала в практике существует мнемо-

ническое правило: число погонных метров досок для генеральных грузов равно числу кубических метров объема помещения, т. е. в среднем объем пилолеса определится по формуле

$$П = 0{,}003\ W, \tag{110}$$

где W — грузовместимость помещения, м³.

Необходимое количество сепарационного материала можно определять по эмпирическим формулам:

$$П = k_л Q; \quad q_{г\,(п,\,т)} = k_{г\,(п,\,т)} Q, \tag{111}$$

где $П$ — объем крепежного леса, м³;

$q_г$, $q_п$, $q_т$ — количество гвоздей, проволоки-катанки, троса, кг;

Q — масса партии груза, т;

$k_л$, $k_г$, $k_п$, $k_т$ — нормы расхода лесоматериалов, гвоздей, проволоки, стального троса, которые определяются опытным путем стивидорами и зависят от рода груза и местных условий.

В табл. 12 приведены ориентировочные нормы расхода сепарационных материалов (по опытным данным ЧМП).

Нормы расхода сепарационных и крепежных материалов нужно устанавливать для каждого груза и вида его укладки [23].

Таблица 12

Наименование груза	$k_л$, м³/т	$k_г$, кг/т	$k_п$, кг/т	$k_т$, кг/т
Оборудование разное	0,010	0,015	1,0	1,56
Металлоконструкции	0,015	0,010	1,5	1,56
Металлы	0,006	0,005	—	—
Зерно	0,020	0,020	—	—
Прочие	0,005	—	—	—

Раздел второй

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПОРТОВЫХ СКЛАДОВ

Глава 10

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ МОРСКИХ СУДОВ

§ 10.1. Основные требования к рациональной загрузке судна

При размещении и укладке грузов на судне должны быть обеспечены: сохранность грузов, судна и перегрузочного оборудования; надлежащие мореходные качества судна; максимальное использование грузоподъемности и грузовместимости судна; быстрая и последовательная погрузка и выгрузка судна; охрана труда экипажа судна и портовых рабочих.

Сохранность груза зависит от правильной подготовки грузовых помещений судна к приему грузов и распределения их по грузовым помещениям с учетом их физико-химических свойств, прочности тары, технических средств обеспечения сохранности грузов на судне, предстоящего рейса, от применения соответствующих грузозахватных приспособлений, средств кантовки, укладки и сепарации. Сохранность перегрузочного оборудования обеспечивается применением перегрузочных средств и грузозахватных приспособлений, соответствующих роду перевозимого груза, таре и массе грузового места. Судно должно быть загружено так, чтобы не появилось крена, были надлежащий дифферент и достаточная остойчивость, не были нарушены условия местной и общей (продольной) прочности. Это достигается соответствующим распределением весовой нагрузки по грузовым помещениям судна. Максимальное использование грузоподъемности и грузовместимости судна возможно только при соответствующем подборе тяжелых и легких грузов.

Для того чтобы судно стояло под погрузкой и выгрузкой минимальное время, необходимо распределить грузы по отсекам так, чтобы время обработки всех трюмов было минимальным. Следует учитывать также очередность заходов судна в порты назначения или погрузки, чтобы не приходилось в промежуточных портах перемещать уже погруженные грузы с места на место. Это достигается загрузкой в последнюю очередь тех грузов, которые идут в промежуточный порт. При размещении и укладке грузов нельзя игнорировать требования техники безопас-

ности как в отношении размещения грузов в соответствующих помещениях, так и в отношении плотности укладки и высоты штабелирования грузов.

При планировании загрузки морского судна приходится учитывать множество различных факторов, обусловливающих рациональное использование судов, сохранность грузов и нормальное протекание технологического процесса погрузки или разгрузки судна. Обычно эти задачи решаются поэтапно. Сначала подбирают совместимые на одном судне грузы до полного использования грузоподъемности и грузовместимости. Затем составляют грузовой план судна, учитывающий совместимость грузов в одном грузовом помещении и удовлетворяющий требованиям мореходности и прочности корпуса судна. На основании составленного грузового плана разрабатывают технологию загрузки судна.

Уровень развития математических методов в экономическом планировании и широкое внедрение в практику современной вычислительной техники позволяют ставить вопрос о комплексном планировании загрузки судна. В таком случае принципиально меняется подход к решению этой задачи. Если при поэтапном планировании, составив грузовой план, анализировали его удовлетворительность по ряду показателей (дифферент, остойчивость, изгибающий момент, коэффициент люковой неравномерности), то при комплексном планировании ставится вопрос об отыскании оптимального грузового плана, удовлетворяющего всем критериям рациональной загрузки судна.

В дальнейшем примем следующие обозначения:

D — водоизмещение судна, т;

D_0 — водоизмещение порожнего судна, т;

$D_в$ — дедвейт, т;

$D_ч$ — чистая грузоподъемность судна, т;

W — грузовместимость судна, м^3;

$w = \frac{W}{D_ч}$ — удельная грузовместимость судна, м^3/т;

L, B, T — длина, ширина и осадка судна, м;

X_0, Z_0 — абсцисса (от миделя в нос — плюс, в корму — минус) и апликата (от киля) центра тяжести (ц. т.)) порожнего судна, м;

X_g, Z_g — то же, груженого судна, м;

X_c, Z_c — абсцисса и апликата центра величины (ц. в.) судна, которые определяются по гидростатическим кривым судна;

M — момент силы веса относительно какой-либо плоскости, тм.

Любое грузовое помещение судна характеризуется следующими данными:

W_j — грузовместимость j-го грузового помещения, м^3;

F_j — площадь палубы грузового помещения, м^2;

H_j — высота помещения, м;

X_j — абсцисса ц. т. помещения, т. е. горизонтальное отстояние ц. т. помещения от миделя (в нос — плюс, в кор-

му — минус), м;

Z_j — апликата ц. т. помещения, т. е. расстояние от киля до ц. т. помещения, м;

w_j — удельная грузовместимость помещения, м³/т;

P_j — распределенный вес, т. е. расчетное количество груза, которое должно быть помещено в грузовое помещение, т.

Любой груз на судне характеризуется следующими данными:

q_{ij} — масса отдельной партии i-го груза в j-м грузовом помещении, т;

$Q_i = \sum_{j=1}^{j=n} q_{ij}$ — масса всей партии i-го груза;

u_i — удельный объем груза, м³/т;

$u_{ij} = u_i K_{ij}$ — удельный погрузочный объем i-го груза в j-м помещении, м³/т;

K_{ij} — коэффициент укладки i-го груза в j-м грузовом помещении;

X_{ij} — абсцисса ц. т. груза, т. е. горизонтальное отстояние ц. т. груза от миделя, м;

Z_{ij} — апликата ц. т. груза, т. е. расстояние от киля до ц. т. груза, м;

h_i — высота слоя груза, м;

a_i — норма расхода сепарационного материала, т/т;

c_i — норма времени погрузки (разгрузки), ч/т.

§ 10.2. Критерий использования грузоподъемности и грузовместимости судна

Критерием использования грузоподъемности и грузовместимости является отношение удельного погрузочного объема грузов к удельной грузовместимости судна:

$$K_u = \frac{u}{w}. \tag{112}$$

Средневзвешенный удельный погрузочный объем находят из выражения

$$u_{\text{ср}} = \frac{\Sigma Q_i u_i}{\Sigma Q_i}. \tag{113}$$

Полное использование и грузоподъемности, и грузовместимости имеет место тогда, когда $K_u = 1$. Если удельный погрузочный объем груза больше удельной грузовместимости судна ($K_u > 1$), то полностью может быть использована только грузовместимость судна, а его грузоподъемность используется частично. Груз, у которого $u > w$, называется легким грузом. Степень использования грузоподъемности судна легким грузом (коэффициент загрузки судна) определяется соотношением

$$\alpha_D = \frac{\Sigma Q_i}{D_{\text{ч}}}, \quad \text{или} \quad \alpha_D = \frac{w}{u}. \tag{114}$$

С целью наибольшего использования грузоподъемности судна в этом случае следует максимально загрузить палубу, что приведет к увеличению удельной грузовместимости судна и уменьшит потерю грузоподъемности.

При загрузке судна тяжелыми грузами ($u < w$, $K_u < 1$) грузоподъемность судна используется полностью ($\alpha_D = 1$), а грузовместимость недоиспользуется. Степень (коэффициент) использования грузовместимости определится:

$$\alpha_W = \frac{\Sigma Q_i u_i}{W}, \quad \text{или} \quad \alpha_W = \frac{u}{w}. \tag{115}$$

Таким образом, для того чтобы полностью использовать и грузоподъемность и грузовместимость судна, необходимо иметь в достаточном количестве по крайней мере два груза — легкий и тяжелый, для одного из которых критерий K_u больше, а для другого — меньше единицы:

$$K_{u_л} > 1 > K_{u_т} \text{ или } u_1 > w > u_2.$$

Полное использование грузоподъемности и грузовместимости имеет место, если

$$\Sigma Q_i = D_ч; \quad \Sigma Q_i u_i = W, \tag{116}$$

т. е. если сумма массы грузов, принимаемых на судно, равна чистой грузоподъемности, а суммарная кубатура помещений, занимаемая этими грузами, равна грузовместимости судна.

§ 10.3. Удифферентование судна

Дифферент судна (разность осадок носом и кормой) появляется в том случае, если ц.т. и ц.в. судна не находятся на одной вертикали (рис. 49). Если ц.т. расположен ближе к корме по отношению к ц.в. (случай *I*), то будет дифферент на корму (отрицательный), если ц.т. ближе к носу, чем ц.в. (случай *II*), то возникает дифферент на нос (положительный). В этих случаях пара сил — поддержания и веса — создает дифферентующий момент, который действует до тех пор, пока ц. т. и ц. в. не расположатся на одной вертикали (случай *III*). При этом судно получит определенный дифферент. Для определения дифферента нужно знать удельный дифферентующий момент, т. е. момент, который при данном водоизмещении судна создает дифферент в 1 см. Зависимость удельного дифференцирующего момента m от средней осадки приводится на диаграмме гидростатических кривых либо на грузовой шкале судна (рис. 50). Если нет этих данных, то величину m можно определить по приближенным формулам В. Л. Поздюнина:

$$m = 7{,}14\frac{q^2}{B}; \quad m = kB\left(\frac{L}{100}\right)^2, \tag{117}$$

где q — число тонн на 1 см осадки;

k — для больших грузовых судов равен 5,3; для средних — 5,4.

Дифферентующий момент определяется по формуле

$$M_{\text{диф}} = (X_g - X_c)\, D. \tag{118}$$

Отстояние ц. т. судна от миделя определяется (в метрах) по формуле

$$X_g = \frac{D_0 X_0 + \Sigma q_i X_i}{D}, \tag{119}$$

где $M_X = \Sigma q_i X_i$ — сумма моментов всей переменной нагрузки относительно миделя.

Дифферент судна определяется в сантиметрах по формуле

$$d = \frac{M_{\text{диф}}}{m} = \frac{D_0 X_0 - D X_c + \Sigma q_i X_i}{m}. \tag{120}$$

Если задаться величиной дифферента, то из формулы (120) можно найти величину суммарного момента переменной весовой нагрузки относительно миделя, при котором судно будет иметь заданный дифферент. Этот момент назовем *моментом оптимального дифферента* M_d (в тонно-метрах):

$$M_d = D X_c - D_0 X_0 + d_{\text{опт}}\, m. \tag{121}$$

Отношение фактического момента переменной нагрузки $M_x = \Sigma q_i X_i$ к оптимальному является критерием оптимальности загрузки судна с точки зрения дифферента. Этот критерий должен стремиться к единице

$$K_d = \frac{M_x}{M_d} \to 1. \tag{122}$$

Величина оптимального дифферента, обеспечивающего лучшую ходкость и управляемость судна в зависимости от водоизмещения, определяется опытным путем в процессе ходовых испытаний и уточняется в процессе эксплуатации. В первом приближении для судна с полной загрузкой дифферент на корму 0,5—1,0 м можно считать оптимальным.

В случае балластного перехода или с неполной загрузкой дифферент должен быть таким, чтобы винт был погружен в воду не менее чем на $^3/_4$ диаметра. При переходе на мелководье обычно обеспечивают посадку судна на ровный киль ($d_{\text{опт}} = 0$). Границы допустимых значений дифферента должны учитывать также требование непотопляемости судна. С этой целью необходимо иметь на судне диаграмму допустимых дифферентов, учитывающую коэффициент проницаемости перевозимых грузов.

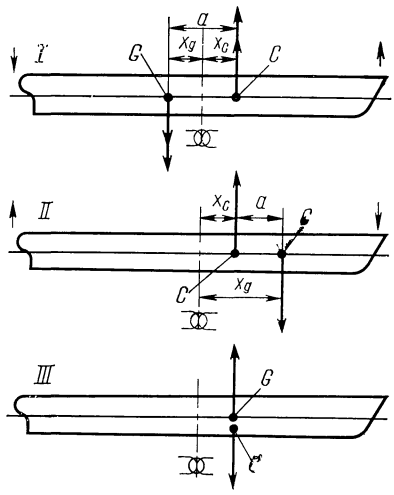


Рис. 49. Схема действия дифферентующих сил

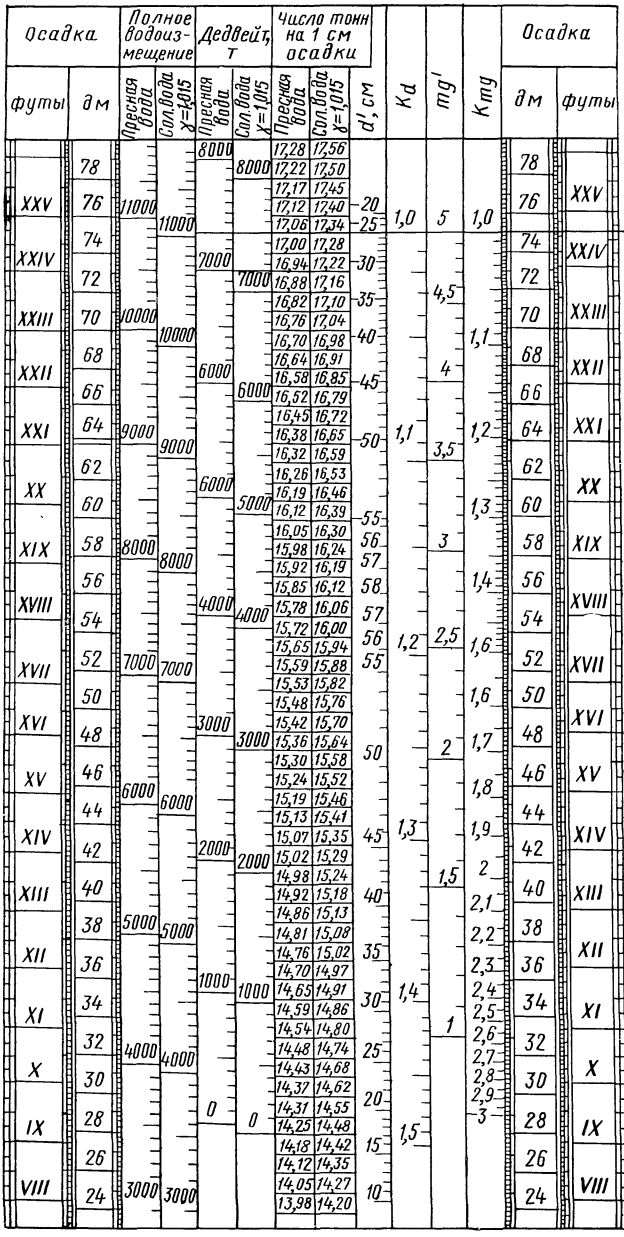


Рис. 50. Грузовая шкала судна с дополнительными шкалами d'; K_d; mg'; K_{mg}

Целесообразно иметь на судне заранее рассчитанные значения моментов оптимального и предельного дифферента в зависимости от водоизмещения судна.

§ 10.4. Обеспечение надлежащей остойчивости судна

Остойчивостью называется способность судна возвращаться в положение устойчивого равновесия после того, как оно будет выведено из него внешними силами (волнение, ветер). Простейшей характеристикой поперечной остойчивости судна является начальная поперечная метацентрическая высота, т. е. возвышение поперечного метацентра над центром тяжести судна в прямом положении, т. е. без крена (рис. 51). Возвышение поперечного метацентра над килем определяют в метрах по формуле

$$Z_m = Z_c + \rho. \tag{123}$$

Отстояние метацентра и ц.в. от киля, а также поперечный метацентрический радиус ρ определяют по гидростатическим кривым для заданного водоизмещения или осадки судна. При отсутствии кривых элементов теоретического чертежа величины Z_c и ρ можно рассчитать в метрах по приближенным формулам:

$$\left.\begin{aligned} &\rho = 877\,\frac{Bq^2}{LD}; \qquad \rho \approx 0{,}08\,\frac{B^2}{T}; \\ &Z_c = 0{,}83T - 3{,}43\cdot 10^{-3}\,\frac{D}{q}. \end{aligned}\right\} \tag{124}$$

Если на судне имеются не полностью заполненные цистерны, следует специально учесть влияние на остойчивость жидкого груза.

Уменьшение метацентрического радиуса от наличия свободной поверхности жидкости определяют в метрах по формуле

$$\Delta\rho = \frac{\Sigma J_i \gamma_i}{D}, \tag{125}$$

где γ_i — плотность жидкости в i-м танке, т/м^3;

J_i — момент инерции свободной поверхности жидкости в i-м танке относительно продольной оси, проходящей через ее ц.т.

Величину J_i определяют (м^4) по значениям длины l и ширины b танка:

$$J = \frac{l\left(\frac{b}{n+1}\right)^3}{12}(n+1). \tag{126}$$

Здесь n — число продольных переборок в танке.

Возвышение ц. т. судна над килем определяют в метрах по формуле

$$Z_g = \frac{D_0 Z_0 + \Sigma q_i Z_i}{D}. \tag{127}$$

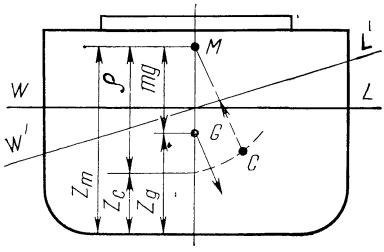


Рис. 51. Схема определения метацентрической высоты

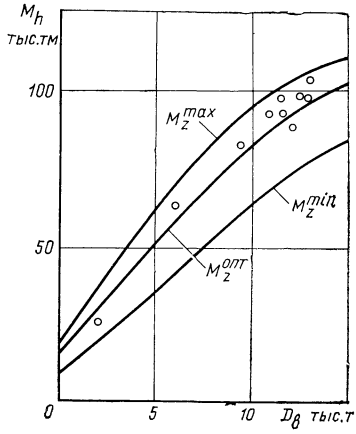


Рис. 52. Диаграмма моментов сил веса относительно основной плоскости

Для быстрого ориентировочного расчета возвышения центра тяжести порожнего судна можно воспользоваться формулой В. Л. Поздюнина

$$Z_0 = kH,$$

где H — высота борта до главной палубы, м;

k — коэффициент, равный для грузовых судов трехостровного типа — 0,62—0,68; углерудовозов — 0,67—0,72; танкеров — 0,62—0,65.

Начальная метацентрическая высота с учетом влияния свободной поверхности в цистернах определится:

$$mg = Z_m - Z_g - \Delta\rho. \qquad (128)$$

Подставив в (128) значение Z_g из (127), после преобразований получим значение момента переменной нагрузки относительно киля $M_Z = \Sigma q_i Z_i$, который обеспечивает заданную метацентрическую высоту:

$$M_Z = D\ (Z_m - mg_{\text{опт}} - \Delta\rho) - D_0 Z_0. \qquad (129)$$

Назовем величину M_Z *моментом оптимальной остойчивости*, а отношение фактического момента переменной нагрузки ($M_h = \Sigma q_i Z_i$) к оптимальному — *критерием метацентрической высоты* (или остойчивости)

$$K_Z = \frac{M_h}{M_Z}. \qquad (130)$$

Оптимальная метацентрическая высота выбирается в зависимости от типа судна, его мореходных качеств, состояния погоды и эксплуатационных задач. Ориентировочные значения метацентрических высот указаны в табл. 13.

Таблица 13

Тип судов	Метацентрическая высота
Средние грузо-пассажирские	0,5—0,8
Грузовые большого тоннажа	0,3—1,5
Грузовые среднего тоннажа	0,3—1,0
Лесовозы	0,1—0,3
Большие танкеры	0,8—1,5

Поскольку на практике трудно определить значение оптимальной метацентрической высоты, ее заменяют минимально допустимой величиной. Предпочтительнее вообще заменить нормирование метацентрической высоты нормированием величины момента переменной нагрузки относительно основной плоскости M_Z. Величина $M_Z^{\max}$ должна определяться по нормам Регистра СССР [22, ч. IV]. При этом следует учитывать требования о непотопляемости судна. Методика определения величин $M_Z^{\max}$ с учетом непотопляемости судна разработана Ю. Л. Воробьевым (ОИИМФ).

Предельные значения момента веса судна по высоте с учетом момента порожнего судна ($M_Z + D_0 Z_0$), вычисленные относительно основной или иной плоскости, могут быть взяты из диаграммы допустимых моментов веса (рис. 52), прилагаемой к «Информации об остойчивости судна для капитана». Если такой диаграммы не имеется, то значения M_Z могут быть рассчитаны в КБ или на судне.

Минимальное значение момента относительно $M_Z^{\min}$ целесообразно определять из условия недопущения стремительной качки судна. Считается, что период свободной боковой качки судна не должен быть менее 10 с. Приняв эту величину за предельную, из формулы (70) получим максимально допустимую величину поперечной метацентрической высоты

$$mg_{\max} = 6{,}1 \cdot 10^{-3} B^2. \qquad (131)$$

Минимальное значение момента $M_Z^{\min}$ определится по формуле (129).

§ 10.5. Условия сохранения местной прочности корпуса судна

Удельная нагрузка на перекрытия судна лимитируется их прочностными свойствами и должна быть известна из паспортных данных судна либо рассчитана по нормам Регистра СССР. В соответствии с требованиями Регистра СССР численная величина удельной нагрузки (т/м^2) на второе дно или палубу твиндека обычного сухогрузного судна принимается равной

$$p_{\text{тв}} = 0{,}7\, H, \qquad (132)$$

где H — наибольшая высота помещения, м.

Это означает, что твиндек не может быть полностью загружен грузом, у которого удельный погрузочный объем менее 1,42 м³/т. Максимальное количество груза, в тоннах, которое может быть погружено в твиндек объемом W,

$$P_{\text{тв. max}} = 0{,}7\, W_{\text{тв}}. \tag{133}$$

Для трюмов можно принять предельным удельный погрузочный объем, равный единице. Тогда максимальное количество груза в трюме будет численно равно его грузовместимости. Допускаемая нагрузка на палубы и двойное дно рудовозов рассчитывается особо и имеет бо́льшие значения, чем вычисленные по формуле (132).

Допустимая нагрузка (т/м²) на верхнюю палубу по нормам Регистра СССР определяется по формуле

$$p_{\text{п}} = 0{,}0085L + 1{,}33\frac{T}{H} - 0{,}50, \tag{134}$$

при этом L не может приниматься менее 40 и более 140 м.

Закрытия грузовых люков на верхней палубе могут выдержать нагрузку не менее 1,75 т/м² на судах длиной 100 м и более, на судах меньшей длины $p_{\text{л}} = (0{,}75 + 0{,}01\, L)$ т/м², но не менее $p_{\text{л}} = 1{,}0$ т/м².

Критерием оценки рациональной загрузки судна с точки зрения местной прочности является отношение фактической нагрузки к технически допустимой, которое не должно быть более единицы:

$$K_{\text{м}} = \frac{p_{\text{ф}}}{p_{\text{т}}}; \quad K_{\text{м}} \leqslant 1. \tag{135}$$

Фактическая нагрузка вычисляется по формуле (68).

Средняя удельная грузовместимость судна, как правило, больше критериальной. Это означает, что большинство грузовых помещений судна обычно не загружено до максимально допустимого значения и фактическая нагрузка в них меньше технической. В то же время это позволяет варьировать загрузкой отдельных помещений с целью удовлетворения другим условиям рациональной загрузки судна.

§ 10.6. Условия сохранения общей (продольной) прочности корпуса судна

Грузы на судне необходимо распределять так, чтобы оно испытывало минимально возможные напряжения и в спокойной воде, и в штормовую погоду. Продольная прочность корпуса судна сохраняется, если изгибающий момент на вершине и подошве волны в наихудших условиях не превышает максимально допустимого значения. Выполнить это условие можно только соответствующим распределением переменной весовой нагрузки по длине судна.

На практике принято распределять весовую нагрузку по длине судна пропорционально кубатуре грузовых помещений. Распределенный вес отсека, которым называют абстрактную нагрузку в тоннах,

приходящуюся на грузовое помещение или отсек, в этом случае определяется по формулам:

$$P_j = \frac{W_j}{w}, \quad \text{или} \quad P_j = K_j D_{ч\,(в)}, \tag{136}$$

где $K_j = \frac{W_j}{W}$ — коэффициент соизмерения отсека.

Этот принцип распределения нагрузки принят в расчетах прочности корпуса. Однако практикой и расчетами установлено, что такой метод распределения нагрузки приводит к нежелательному, а иногда и чрезмерному увеличению изгибающего момента и практически никогда не обеспечивает необходимого дифферента (рис. 53). После составления предварительного грузового плана судна всегда приходится его корректировать для придания судну необходимого дифферента и уменьшения изгибающего момента.

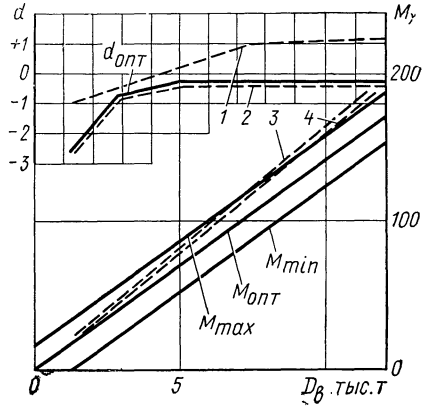


Рис. 53. Кривые моментов переменной нагрузки и дифферента судна с МО в середине при распределении нагрузки разными методами

Метод оптимального дифферента дает возможность заранее распределить переменную нагрузку так, чтобы судно имело заданный дифферент. Принцип пропорционального распределения грузов здесь сохраняется отдельно для носовых и кормовых отсеков.

Из условия оптимального дифферента (121) следует:

$$M_d = P_н X_н + P_к X_к, \tag{137}$$

где $P_н$ и $P_к$ — суммарный распределенный вес носовых и кормовых отсеков;

$X_н$ и $X_к$ — средние плечи носовых и кормовых отсеков:

$$X_н = \frac{\Sigma W_{jн} X_{jн}}{\Sigma W_{jн}}; \quad X_к = \frac{\Sigma W_{jк} X_{jк}}{\Sigma W_{jк}}. \tag{138}$$

Суммарная переменная нагрузка принимается равной чистой (либо валовой) грузоподъемности судна, т. е.

$$D_ч = P_н + P_к. \tag{139}$$

Решив систему уравнений (137) и (139) относительно $P_н$ и $P_к$, получим:

$$P_н = \frac{M_d - D_ч X_к}{X_н - X_к}; \quad P_к = \frac{D_ч X_н - M_d}{X_н - X_к}. \tag{140}$$

Из условия пропорционального распределения нагрузки между отсеками в каждой половине судна найдем распределенный вес

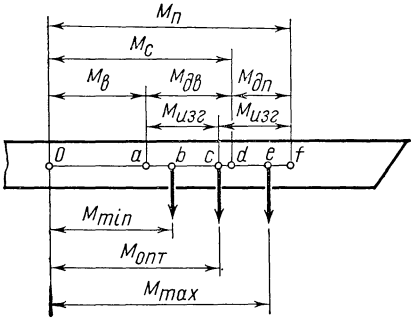


Рис. 54. Схема действия сил веса и сил поддержания половины корпуса судна

конкретных отсеков:

$$P_{j\text{н}} = W_{j\text{н}} \frac{P_{\text{н}}}{\Sigma W_{j\text{н}}};$$

$$P_{j\text{к}} = W_{j\text{к}} \frac{P_{\text{к}}}{\Sigma W_{j\text{к}}}. \qquad (141)$$

Проверка изгибающего момента при расчете распределенной массы данным методом показала, что и в этом случае судно испытывает при полной загрузке изгибающий момент более оптимального.

На рис. 54 показана схема действия сил веса и сил поддержания для одной половины судна. На тихой воде равнодействующая сил поддержания приложена в точке d, а момент сил поддержания $M_с$ пропорционален плечу od. В точке c приложена равнодействующая сил веса. Изгибающий момент пропорционален плечу cd. На гребне волны сила поддержания перемещается в точку a и плечо изгибающего момента становится равным ac. На подошве волны плечо изгибающего момента равно cf. Очевидно, что оптимальный изгибающий момент будет в том случае, когда плечо ac равно cf, а момент сил веса пропорционален oc. Для того чтобы определить допустимые значения момента сил веса, необходимо от точек a и f отложить плечи максимально допустимого изгибающего момента ae и fb. Минимально допустимый момент сил веса пропорционален плечу ob, а максимальный — oe.

Изгибающий момент на тихой воде определяется по формуле

$$M_{\text{тв}} = M_0 + M_l - M_с, \qquad (142)$$

где M_0 — изгибающий момент от сил веса порожнего судна, который ориентировочно может быть определен по формуле

$$M_0 = k_0 D_0 L; \qquad (143)$$

k_0 — эмпирический коэффициент, который для судов с машинным отделением в середине равен $k_0 = 0{,}10$, а для судов с МО в корме — $k_0 = 0{,}126$; более точно величина M_0 определяется по методике Регистра СССР [см. 22, ч. II, приложение 1];

$M_l = \frac{\Sigma Q_i l_i}{2}$ — арифметическая сумма моментов сил дедвейта;

$l_i = |X_i|$ — отстояние ц. т. нагрузки от миделя без учета знака;

$M_с$ — составляющая изгибающего момента от сил поддержания на тихой воде, которая рассчитывается по формуле [22]

$$M_с = k_{\text{сп}} D_{\text{р}} L, \qquad (144)$$

коэффициент $k_{\text{сп}}$ определяется в зависимости от коэффициента общей полноты судна $\delta_{\text{р}}$ при осадке, соответствующей расчетному водоизмещению $D_{\text{р}}$

$$k_{\text{сп}} = 0{,}0315 + 0{,}0895\ \delta_{\text{р}}. \qquad (145)$$

Максимально допустимый изгибающий момент судна по Нормам Регистра СССР может быть найден из формулы для расчета момента сопротивления поперечного сечения корпуса на миделе [22, ч. II, гл. 1.4, п. 1.4.2]

$$M_{\text{изг. max}} = (k_1 + k_2\delta)BL^{2,3}, \tag{146}$$

где k_1 — коэффициент, характеризующий отклонение момента сил веса от момента сил поддержания на тихой воде, который в зависимости от типа судна и положения на волне имеет значения, показанные в табл. 14;

k_2 — коэффициент, учитывающий дополнительный изгибающий момент, который при постановке судна на вершину волны равен $k_2^{\text{в}} = 0{,}0325$, а на подошву волны $k_2^{\text{п}} = 0{,}0360$.

Таблица 14

Расчетный случай	Сухогрузные суда	Танкеры и рудовозы
На вершине волны ($k_1^{\text{в}}$)	0,0205	0,0199
На подошве волны ($k_1^{\text{п}}$)	0,0182	0,0173

Оптимальным случаем загрузки судна с точки зрения продольной прочности А. Ф. Мироненко предложил считать тот, при котором получается минимально возможный при наихудших условиях изгибающий момент. Это достигается в том случае, когда момент сил веса половины судна равен полусумме моментов сил поддержания на подошве $M_{\text{п}}$ и вершине $M_{\text{в}}$ волны:

$$M_{\text{опт}}^{\text{в}} = \frac{M_{\text{п}} + M_{\text{в}}}{2}. \tag{147}$$

В общем случае предельные значения полусуммы момента сил веса определятся

$$\left.\begin{aligned} M_{\min}^{\text{в}} &= M_{\text{п}} - M_{\text{изг. max}}; \\ M_{\max}^{\text{в}} &= M_{\text{в}} + M_{\text{изг. max}}. \end{aligned}\right\} \tag{148}$$

Составляющие сил поддержания на вершине $M_{\text{в}}$ и подошве волны $M_{\text{п}}$ определятся по формулам:

$$M_{\text{п}} = M_{\text{с}} + M_{\text{дп}}; \quad M_{\text{в}} = M_{\text{с}} - M_{\text{дв}}. \tag{149}$$

Величины дополнительных изгибающих моментов от постановки на волну определятся

$$M_{\text{дп}} = k_2^{\text{п}}\,\delta BL^{2,3}; \quad M_{\text{дв}} = k_2^{\text{в}}\,\delta BL^{2,3}. \tag{150}$$

Подставив в (147) и (148) значения (146), (149) и (150), получим:

$$\left.\begin{aligned} M^{в}_{опт} &= M_c + \frac{k^{п}_2 - k^{в}_2}{2}\,\delta B L^{2,3}; \\ M^{в}_{min} &= M_c - k^{п}_1 B L^{2,3}; \\ M^{в}_{max} &= M_c + k^{в}_1 B L^{2,3}. \end{aligned}\right\} \qquad (151)$$

Величина M_0 постоянна, поэтому целесообразно рассчитывать величины полусуммы моментов сил переменной нагрузки $M_l = \frac{\Sigma Q_i l_i}{2}$ (сил дедвейта) — $M_{опт}$; M_{min}; M_{max} по формуле

$$M_{опт\,(min,\,max)} = M_c - M_0 + \Delta M_{опт(min,\,max)}, \qquad (152)$$

где

$$\Delta M_{опт} = 1{,}75 \cdot 10^{-3}\,\delta B L^{2,3};$$
$$\Delta M_{min} = -k^{п}_1 B L^{2,3};$$
$$\Delta M_{max} = k^{в}_1 B L^{2,3}.$$

Ориентировочные значения величины $M_{опт}$ в зависимости от типа и водоизмещения судна приведены на рис. 55. Для расчета составляющих изгибающего момента M_0, M_c, $M_{дв}$, $M_{дп}$, ΔM_{max} и ΔM_{min} [формулы (143), (144), (146), (150), (152)] можно использовать составленные автором номограммы (рис. 56 и 57).

Как показывают расчеты, величины ΔM_{min} и ΔM_{max} составляют не менее 10% от величины M_c (иногда до 30% и более). Следовательно, в первом приближении эту величину можно считать допустимым диапазоном изменений полусуммы моментов переменной нагрузки:

$$M_l = \frac{\Sigma Q_i l_i}{2} = (1 \pm 0{,}1)\, M_{опт}. \qquad (153)$$

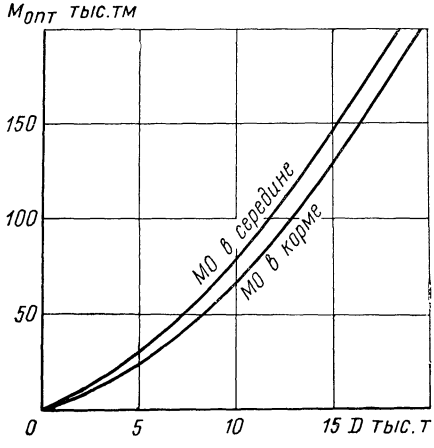


Рис. 55. График оптимального момента переменной нагрузки

Более точно граничные условия определятся:

$$M_{min} \leqslant M_l \leqslant M_{max}. \qquad (154)$$

Критерием оптимальности загрузки судна с точки зрения общей прочности является отношение фактической полусуммы сил дедвейта к ее оптимальному значению, обеспечивающему минимальный изгибающий момент. Оптимальным будет случай, когда это отношение равно единице, удовлетворительным — когда оно находится в пределах 0,9 — 1,1;

$$K_{опт} = \frac{M_l}{M_{опт}} \to 1;$$
$$0{,}9 \leqslant K_{опт} \leqslant 1{,}1. \qquad (155)$$

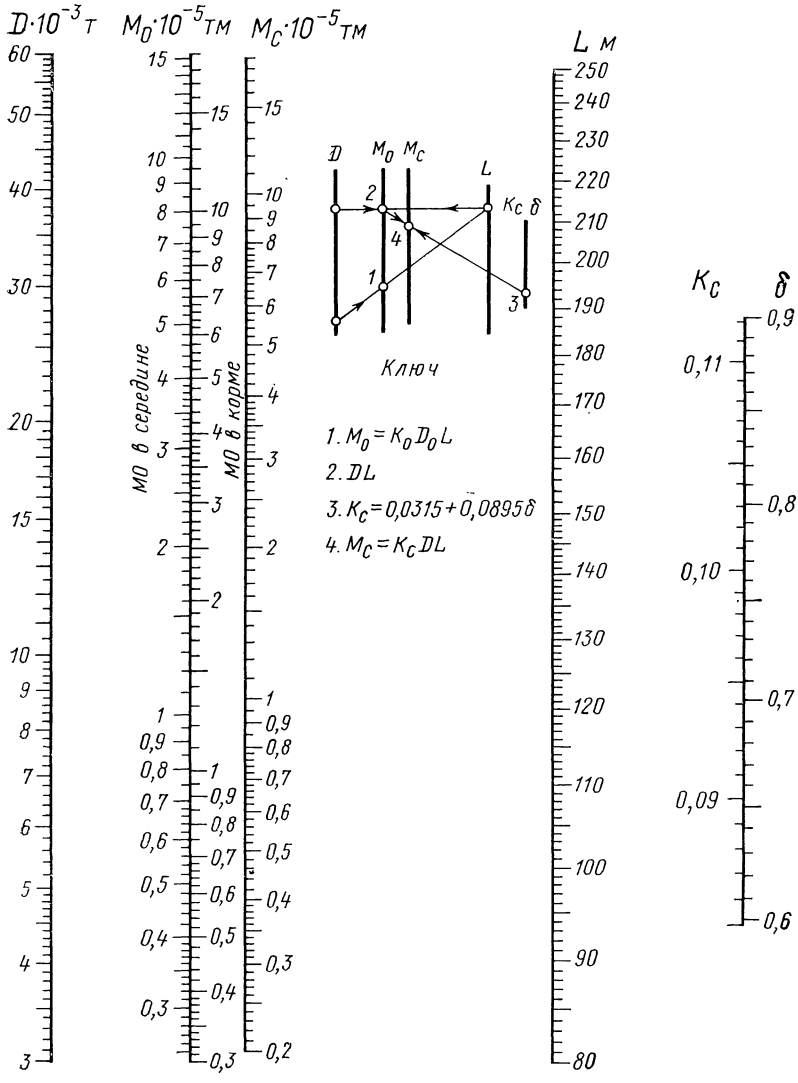


Рис. 56. Номограмма для расчета составляющих изгибающего момента M_c и M_0

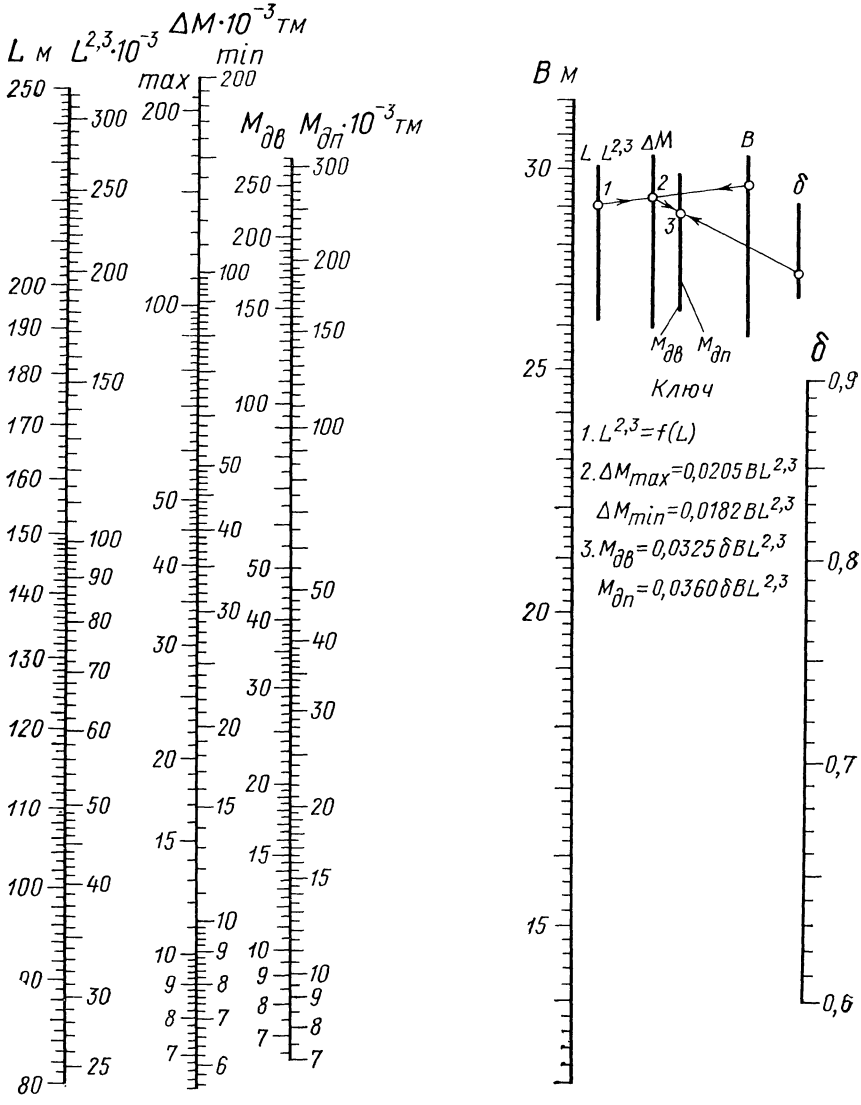


Рис. 57. Номограмма для расчета составляющих изгибающего момента $M_{дв}$; $M_{дп}$; ΔM_{max}; ΔM_{min}.
Для танкеров полученного значения уменьшают:
ΔM_{max} — на 3%, ΔM_{min} — на 5%

Как видно из рис. 53, при пропорциональном распределении нагрузки полусумма моментов сил переменной нагрузки значительно превышает $M_{\text{опт}}$ и даже может превышать $M_{\max}$, поэтому для судов с расположением МО в середине судна можно считать загрузку удовлетворительной, если соблюдается условие

$$M_l \leqslant M_{\max}. \tag{156}$$

Для танкеров и других судов с расположением машинного отделения в корме, где обычно полусумма моментов сил дедвейта значительно меньше $M_{\text{опт}}$ и часто меньше $M_{\min}$, можно ставить условие

$$M_l \geqslant M_{\min}. \tag{157}$$

Для оперативного решения задач загрузки судна необходимо иметь заранее рассчитанные значения величин $M_{\text{опт}}$, $M_{\min}$, $M_{\max}$ в зависимости от водоизмещения (или дедвейта) судна. В настоящее время на ряде судов такие данные имеются в виде графиков, пример которых показан на рис. 53.

§ 10.7. Обеспечение оптимальности перегрузочного процесса

Сокращение стояночного времени судна способствует увеличению его провозной способности. При перевозке на судне грузов с различной трудоемкостью их перегрузки можно добиться сокращения стояночного времени за счет правильного их распределения по грузовым помещениям судна. Трудоемкость переработки груза зависит от особенностей грузового помещения и места укладки груза на судне. Поэтому в общем случае можно ставить задачу отыскания минимума затрат времени на переработку запланированных к погрузке грузов, т. е.

$$L = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} c_{ij} \to \min. \tag{158}$$

Более конкретная задача ставится в том случае, когда число технологических линий равно числу отсеков судна, а грузы имеют разную трудоемкость. Здесь следует стремиться к тому, чтобы время переработки грузов каждого отсека (в часах) было одинаковым, т. е. равно

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} c_{ij}}{m}, \tag{159}$$

где m — число отсеков.

Из уравнений распределенного веса отсека, грузовместимости и времени переработки грузов отсека следует:

$$\left.\begin{aligned} q_1 + q_2 + q_3 &= P_j; \\ u_1 q_1 + u_2 q_2 + u_3 q_3 &= W_j; \\ c_1 q_1 + c_2 q_2 + c_3 q_3 &= t. \end{aligned}\right\} \tag{160}$$

Графическое решение системы уравнений (160) было предложено Д. Я. Пастернаком. Аналитически количество конкретных грузов может быть найдено по формуле

$$q_i = \frac{P_j}{D} D_i. \tag{161}$$

Определитель системы может быть найден по формуле

$$D = (u_2 - u_1)\ (c_3 - c_1) - (u_3 - u_1)\ (c_2 - c_1). \tag{162}$$

Определители неизвестных могут быть найдены по формулам:

$$\left.\begin{aligned} D_1 &= \Delta u_2 \Delta c_3 - \Delta u_3 \Delta c_2; \\ D_2 &= \Delta u_3 \Delta c_1 - \Delta u_1 \Delta c_3; \\ D_3 &= \Delta u_1 \Delta c_2 - \Delta u_2 \Delta c_1, \end{aligned}\right\} \tag{163}$$

где $\Delta u_i = u_i - w$; $\Delta c_i = c_i - c_{\text{ср}}$; $c_{\text{ср}} = \frac{t}{P}$.

Положительное решение системы возможно только при условии, если все ее определители будут иметь одинаковый знак. Обратный знак какого-либо определителя свидетельствует о невозможности решения задачи при данном наборе грузов и требует замены соответствующего груза.

В практических условиях сравнительно редко удается подобрать грузы, дающие положительное решение приведенной системы, поэтому чаще пользуются приближенным решением, распределяя грузы по принципу: в больший отсек — грузы с меньшей трудоемкостью.

§ 10.8. Критериальные уравнения рациональной загрузки судна

С математической точки зрения грузовой план судна представляет собой многоцелевую распределительную задачу с многовариантным решением, зависящим, помимо указанных выше критериев рациональной загрузки, от фактически складывающихся условий эксплуатационного характера, которые не всегда могут быть описаны математически. К числу таких условий могут быть отнесены условия несовместимости грузов, неразрывности партии груза, очередность погрузки и выгрузки и др.

В общем случае, при отсутствии ограничений, на основе критериев оптимальности, рассмотренных выше, рациональную загрузку судна можно описать математически следующими критериальными уравнениями и неравенствами:

уравнение (неравенство) грузоподъемности

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} (1 + a_i) \leqslant D_{\text{ч}}; \tag{164}$$

уравнение (неравенство) грузовместимости

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} q_{ij}\,u_i\,K_{ij} \leqslant W; \tag{165}$$

уравнение дифферента

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} q_{ij}\,X_{ij} = M_d; \tag{166}$$

уравнение остойчивости

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} q_{ij}\,Z_{ij} = M_Z; \tag{167}$$

уравнение общей прочности

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} q_{ij}\,l_{ij} = 2M_{\text{опт}}; \tag{168}$$

уравнение времени погрузки

$$\sum_{i=1}^{n} q_{ij}\,c_{ij} = t. \tag{169}$$

Кроме того, должны быть выполнены следующие условия:
условие местной прочности

$$\sum_{i=1}^{n} q_{ij} \leqslant P_{j\,\max}; \quad \sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{u_i} \leqslant p_{\text{т}}; \tag{170}$$

условие грузовместимости помещения

$$\sum_{i=1}^{n} q_{ij}\,u_i\,K_{ij} \leqslant W_j; \tag{171}$$

условие наличия груза

$$\sum_{j=1}^{m} q_{ij} = Q_{i \neq n \neq n-1}; \quad \sum_{j=1}^{m} q_{nj} \geqslant Q_n; \quad \sum_{j=1}^{m} q_{(n-1)\,j} \geqslant Q_{n-1}. \tag{172}$$

При этом следующие величины не могут быть отрицательными:

$$q_i \geqslant 0; \quad Q_i \geqslant 0.$$

Решение системы уравнений рациональной загрузки судна зависит от типа поставленной задачи. Функция цели также зависит от конкретной задачи. Прежде всего определяется возможность полного использования грузоподъемности и грузовместимости. Если критерий K_u

равен, или может быть равен, единице, то можно в некоторых случаях оптимизировать набор грузов по максимуму фрахта. Если к погрузке предъявлены «тяжелые» грузы ($K_u < 1$), то суммарное количество грузов равно чистой грузоподъемности и неравенство (164) становится равенством, а неравенство (165) может служить функцией цели:

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} u_i K_{ij} \to \max. \qquad (173)$$

Наоборот, при наличии преимущественно легких грузов функцией цели становится уравнение грузоподъемности

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} q_{ij} (1 + a) \to \max. \qquad (174)$$

Методика и средства решения также зависят от поставленной задачи. При комплексном планировании загрузки судна большим количеством разнообразных по своим свойствам и данным грузов предпочтительным является решение с использованием быстродействующих счетных машин. В более простых случаях вполне применимы аналитические, графо-аналитические методы и использование приборов (см. гл. 11 и 12).

Глава 11

ГРУЗОВОЙ ПЛАН МОРСКОГО СУДНА

§ 11.1. Порядок составления грузового плана

Грузовым планом называется план размещения грузов на судне. Различают предварительный и исполнительный грузовые планы. *Предварительный грузовой план*, составленный портом, должен быть рассмотрен и утвержден капитаном судна, который несет полную ответственность за правильное размещение, укладку и сепарацию грузов, обеспечение их сохранности, за безопасность и сохранение мореходности судна.

В процессе погрузки практически неизбежны изменения в плане погрузки судна, которые могут быть вызваны не вполне качественным составлением грузового плана, изменением списка грузов, подлежащих отправке, спецификой организации грузовых работ в порту и очередностью подачи груза в порт. Все изменения в грузовом плане должны быть согласованы с капитаном судна. Грузовой план, отражающий фактическую загрузку судна, называется *исполнительным*.

Составление грузового плана судна — сложная инженерная задача, требующая от ее составителя высокой теоретической и практической подготовки, наличия достаточной и полной информации, технических средств решения и соответствующих организационных форм.

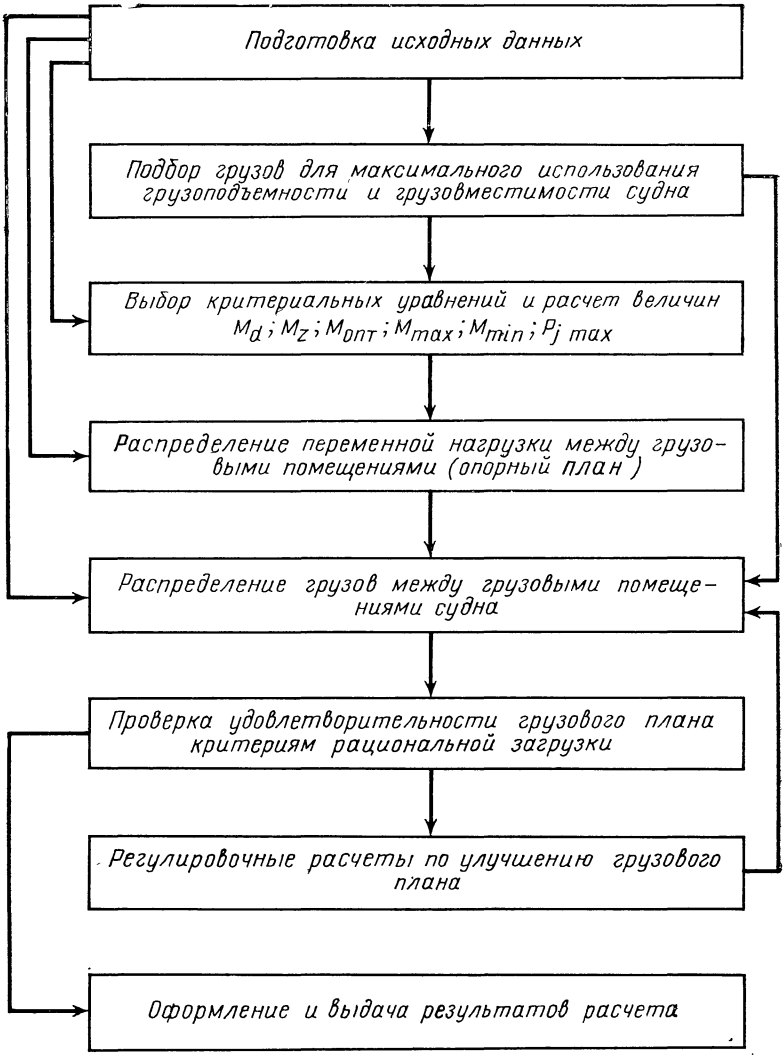


Рис. 58. Принципиальная блок-схема расчета грузового плана судна

Грузовой план судна составляется в порту погрузки специально выделенной группой инженеров. В распоряжении этой группы должна быть полная информация о транспортной характеристике грузов и технико-эксплуатационных данных судна, а также соответствующие расчетные средства. Необходимы следующие данные о грузах: наименование и количество груза в партии, линейные размеры и масса места, удельный объем груза, условия совместимости с другими грузами, порты погрузки и выгрузки. Необходимы также следующие данные технико-эксплуатационной характеристики судна: главные размере-

ния — длина, ширина, осадка, высота борта; водоизмещение судна с полным грузом, расчетное водоизмещение и водоизмещение порожнего судна; дедвейт и чистая грузоподъемность судна, грузовместимость, размеры и отстояние центра тяжести от киля и миделя всех грузовых помещений и помещений для судовых запасов; графики коэффициентов трюмной укладки для всех грузовых помещений дифференцированно по роду груза; масштабные чертежи судна — разрез по диаметрали, планы палуб; гидростатические кривые чертежа или таблицы зависимости от осадки или водоизмещения величин: X_c, Z_m, m, δ; грузовая шкала судна; координаты центра тяжести порожнего судна X_0, Z_0; допустимые нагрузки на палубы и перекрытия; оптимальные величины дифферента и метацентрической высоты, предельные величины арифметической полусуммы моментов сил дедвейта. Целесообразно иметь вычисленные заранее величины M_d, M_Z, $M_{опт}$, M_{max}, M_{min}, $P_{тр.\,max}$, $P_{тв.\,max}$, $P_{отс.\,max}$, таблицы или графики изменения дифферента и метацентрической высоты от переноса груза с миделя (киля) в соответствующие грузовые помещения (см. § 12.4), а также таблицы или графики емкости грузовых помещений (см. § 12.1).

Схема расчетов грузового плана судна в общем случае показана на рис. 58.

§ 11.2. Расчет количества грузов на рейс

Грузовой план судна при перевозке экспортных грузов составляют на основании разнарядки местной конторы В/О «Союзвнештранс». От качества составления этой разнарядки в первую очередь зависят ка-

Таблица 15

Наименование груза	Масса груза Q, т	Норма расхода сепарации a	Масса груза с учетом сепарации Q, т	Удельный объем u, м³/т	Средний коэффициент укладки K_c	Средний удельный погрузочный объем $\bar{u}$, м³/т	Занимаемая грузовместимость W, м³
Обязательные грузы							
1. Цемент	720	0,003	722	0,7	1,1	0,77	798
2. Автомашины	50	0,010	51	—	—	—	—
3. Бумага	1200	0,005	1206	2,0	1,3	2,6	3136
. . . .							
Итого	5260		5286				8324
Факультативные грузы							
1. Металл			1066	0,78	1,28	0,9	960
2. Оборудование			1098	1,55	1,35	2,1	2306
Итого			2164			1,51	3266
Всего			$D_ч$=7450			1,56	11590

чество грузового плана и все показатели эксплуатационной деятельности судна. Работникам Союзвнештранса практически невозможно учесть все факторы, определяющие рациональную загрузку судна, поэтому порт должен иметь определенную свободу в подборе грузов для укомплектования судна, т. е. в разнарядке должны быть указаны как обязательные, так и факультативные грузы, количество которых определится при расчете грузового плана судна.

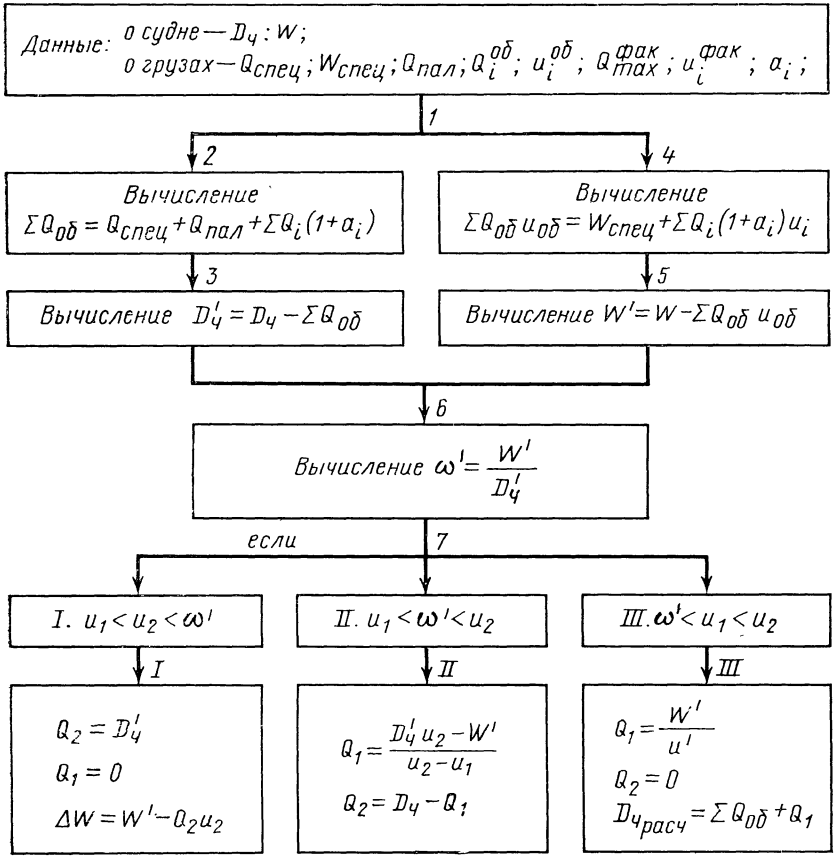


Рис. 59. Блок-схема решения задачи комплектации грузов на рейс

Расчет количества грузов целесообразно вести в табличной форме (табл. 15). Сначала в таблицу записывают все обязательные грузы, заданные в строго определенном количестве. Значения удельного погрузочного объема груза указывают с учетом средней для судна величины коэффициента трюмной укладки (кривая *c*, см. рис. 6). Массу

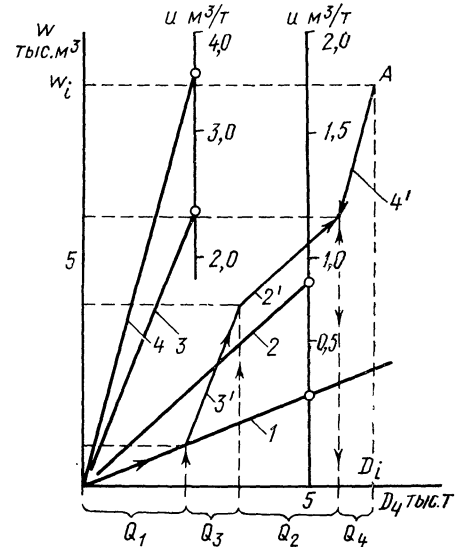


Рис. 60. Номограмма для расчета количества грузов на рейс

партии обязательного груза увеличивают с учетом нормы расхода сепарационного материала.

Если в наборе грузов есть специфические, не совместимые с другими грузами, то для таких грузов подбирают уже на этом этапе подходящее помещение и в графе грузовместимости указывают не произведение Qu, а грузовместимость занятого помещения. Для палубных грузов в этой графе ставят прочерк или ноль.

В тех случаях, когда часть грузов идет навалом, необходимо учитывать, что они будут заполнять и те пространства трюма (например, шпангоутное пространство), которые генеральными грузами не используются. Поэтому различают грузовместимость судна (или помещения) *киповую* и *насыпью*. Для удобства расчетов при комплектации грузов в таком случае следует корректировать погрузочный объем насыпного груза на отношение киповой грузовместимости помещения к грузовместимости насыпью (см. § 11.5).

Затем определяют остаток грузоподъемности и грузовместимости судна и остаточную удельную грузовместимость, которую сравнивают с удельными погрузочными объемами факультативных грузов. Если среди факультативных грузов есть и тяжелые и легкие ($u_i < w' < u_{i+1}$), то решают задачу полного использования грузоподъемности и грузовместимости [уравнения (116)]. При наличии только тяжелых грузов принимают любой из них, отдавая предпочтение при прочих равных условиях грузу с наибольшим погрузочным объемом. Если же есть только легкие грузы, то принимают груз с наименьшим погрузочным объемом. В случае недоиспользования грузоподъемности судна после расчета количества грузов корректируют расчетное водоизмещение и дедвейт судна. Принципиальная блок-схема решения этой задачи приведена на рис. 59.

Расчет количества грузов на рейс можно осуществить графическим путем при помощи номограммы, предложенной Д. Я. Пастернаком и А. Ф. Мироненко (рис. 60), которая легко может быть построена, например, на листе миллиметровой бумаги. Отношение модуля шкалы u к модулю шкалы W равно числу D в точке, где восстановлен перпендикуляр шкалы u. На основе этого метода А. Ф. Мироненко разработал прибор-планшет, облегчающий технику графического решения задачи комплектации грузов.

§ 11.3. Распределение переменной весовой нагрузки между грузовыми отсеками судна

Распределенный вес отсеков можно вычислять пропорционально кубатуре отсеков или методом оптимального дифферента, но, как показано в § 10.6, эти два метода не удовлетворяют требованиям сохранения продольной прочности корпуса судна. Задача оптимального распределения переменной весовой нагрузки между отсеками в общем случае сводится к решению системы критериальных уравнений грузоподъемности (в тоннах), дифферента и продольной прочности:

$$\left.\begin{aligned} D_{\text{ч}} &= P_{\text{н}} + P_{\text{к}}; \\ M'_d &= \Sigma P_{j\text{н}} X_{j\text{н}} + \Sigma P_{j\text{к}} X_{j\text{к}}; \\ 2M'_{\text{опт}} &= \Sigma P_{j\text{н}} l_{j\text{н}} + \Sigma P_{j\text{к}} l_{j\text{к}}. \end{aligned}\right\} \tag{175}$$

При этом должно быть соблюдено условие

$$0 \leqslant P_j \leqslant P_{j\,\max}. \tag{176}$$

Для решения задачи распределения нагрузки целесообразно исключить моменты, создаваемые судовыми запасами, поэтому в уравнениях (175) величины M_d и $M_{\text{опт}}$, вычисленные по формулам (121) и (152), соответственно уменьшаются

$$\left.\begin{aligned} M'_d &= M_d - \Sigma q_{\text{зап}} X_{\text{зап}}; \\ M'_{\text{опт}} &= M_{\text{опт}} - \frac{\Sigma q_{\text{зап}} l_{\text{зап}}}{2}. \end{aligned}\right\} \tag{177}$$

Величины M_d и $M_{\text{опт}}$ должны соответствовать расчетному водоизмещению судна с учетом количества принимаемых на рейс грузов. В ряде случаев величины M'_d и $M'_{\text{опт}}$ можно принимать для водоизмещения, уменьшенного на величину принимаемых на рейс судовых запасов, считая, что задача оптимального распределения запасов будет решаться особо.

Однозначно решить систему трех уравнений можно только при трех неизвестных. Современное среднее судно имеет как минимум четыре, чаще пять-шесть отсеков. Следовательно, задача приобретает многовариантное решение. Для однозначного решения задачи необходимо принять дополнительные условия.

Из уравнений дифферента и продольной прочности следует:

$$\left.\begin{aligned} M_{\text{н}} &= \frac{M_d}{2} + M'_{\text{опт}}; \\ M_{\text{к}} &= \frac{M_d}{2} - M'_{\text{опт}}. \end{aligned}\right\} \tag{178}$$

Вычислив эти значения, можно составить системы уравнений веса и моментов отдельно для носовой и отдельно для кормовой частей судна:

$$P_{\text{н}} = \Sigma P_{j\text{н}}; \quad M_{\text{н}} = \Sigma P_{j\text{н}} X_{j\text{н}}. \tag{179}$$

$$P_{\text{к}} = \Sigma P_{j\text{к}}; \quad M_{\text{к}} = \Sigma P_{j\text{к}} X_{j\text{к}}. \tag{180}$$

Для решения данных систем уравнений необходимо распределить нагрузку между носовой и кормовой частями судна. В общем случае нагрузку удобно поделить пропорционально кубатуре грузовых помещений:

$$P_н = W_н \frac{D_ч}{W}; \quad P_к = W_к \frac{D_ч}{W} \tag{181}$$

либо вычислить по формулам (140).

В случае четырехлючного судна с расположением МО в середине задача получит однозначное решение, так как в системах уравнений (179) и (180) будет по два неизвестных. Распределенный вес отсеков трехлючного судна можно вычислить обычным решением системы трех уравнений (175) для трех неизвестных либо применив систему уравнений (179) и (180). В последнем случае рекомендуется следующий алгоритм решения:

$$\boxed{P_3 = \frac{M_к}{X_3}} \rightarrow \boxed{P_н = D_ч - P_3} \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{P_2 = P_н - P_1} \rightarrow \boxed{P_1 = \frac{M_н - P_н X_2}{X_1 - X_2}}$$

Для пяти- и шестилючного судна можно применить для упрощения решения задачи прием фиксации распределенного веса отсеков (кроме двух с каждой половины судна). Распределенный вес фиксированных отсеков определяют по принципу пропорциональности грузовместимости [формулы (136)].

Систему уравнений (175) удобно решать графическим путем при помощи рекомендуемой номограммы распределенного веса отсеков (рис. 61). Номограмма универсальна и может быть легко построена в практических условиях. Для этого целесообразно использовать лист миллиметровой бумаги, предпочтительно наибольшего размера, например 500 ×800 мм. Масштабы шкал D и l выбирают произвольно,

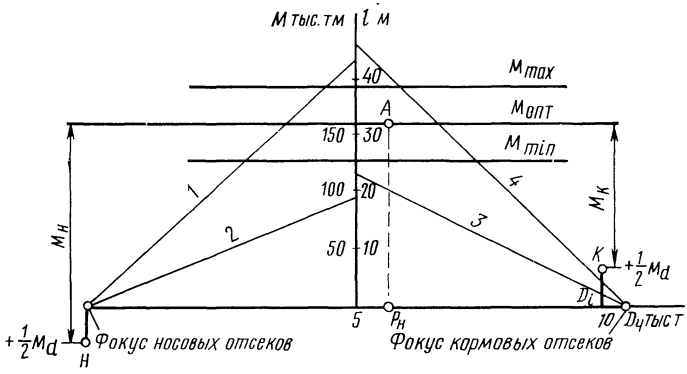


Рис. 61. Номограмма распределенного веса отсеков

исходя из размеров листа и параметров судна. Примерно в середине шкалы (лучше всего в точке $D_ч = 5000$ т) восстанавливают перпендикуляр, на котором строят шкалы l и M. Модуль шкалы M зависит от масштаба и расположения шкалы l и определяется из уравнения $M_m = D_0 M_l$, где D_0 — отсчет на шкале $D_ч$ в точке, где восстановлен перпендикуляр, M_l — модуль шкалы l.

Для решения задачи выполняют следующие подготовительные операции: определяют положение лучей-векторов каждого отсека, для чего проводят прямые из фокусов через точки на шкале l, соответствующие значениям величин l отсеков. Фокусом носовых отсеков является точка 0 на шкале $D_ч$, фокусом кормовых отсеков — точка на шкале $D_ч$ с отсчетом $2D_0$; из точки $D_ч = 0$ откладывают вертикальный отрезок в масштабе шкалы M, равный величине $^1/_2 M_d$, вверх, если M_d отрицательна, и вниз, если M_d положительна (точка H); из точки $D_ч$, равной заданному на рейс значению, отрезок, равный $^1/_2 M_d$, откладывают в противоположном направлении; на шкале M откладывают значения $M_{опт}$, M_{max}, M_{min} для расчетного водоизмещения, уменьшенные на величину $\Sigma Q_{зап} l_{зап}$, и проводят через них горизонтали; определяют величину $P_н$ [формулы (140) или (181)], которую откладывают на шкале $D_ч$, и восстанавливают перпендикуляр до горизонтали $M_{опт}$ (точка A).

Схемы решения задач на номограмме в зависимости от числа отсеков показаны на рис. 62. Лучи-векторы носовых отсеков проводят только слева, а кормовых — только справа от точки A. Лучи-векторы перемещаются только параллельно самим себе. Проекции лучей на шкалу $D_ч$ покажут величины распределенных весов отсеков. В общем случае луч носового отсека проводят из точки H, кормового — из точки K, а средних отсеков — из точки A. Положение лучей промежуточных отсеков подбирают так, чтобы нагрузка была распределена как можно более равномерно и нигде не нарушалось условие (176).

Можно воспользоваться также методом последовательного улучшения распределения нагрузки. Вычисленные по формулам (136) пропорционально кубатуре распределенные веса отсеков откладывают нарастающим итогом на шкале $D_ч$ (рис. 62, *д*, *е*). Из полученных точек проводят вертикали. Далее ведут раздельное построение ломаной для носовых (из точки H) и кормовых (из точки K) отсеков. При этом, как правило, лучи средних отсеков пересекаются с разделяющей носовые и кормовые отсеки вертикалью R в разных точках ($a_н$ и $a_к$).

Отрезок $a_н a_к$ в масштабе шкалы M показывает дополнительный дифферентующий момент $\Delta M_{диф} = \Delta M_d = M_н - |M_к|$. Если точка $a_н$ выше точки $a_к$, то при пропорциональном распределении нагрузки дифферент будет больше против оптимального в сторону носа. Для создания оптимального дифферента необходимо найти пересечение лучей средних отсеков в одной точке, т. е. замкнуть ломаную линию в точке A. При этом ищут такую точку A, которая находилась бы в пределах зоны $M_{max} - M_{min}$ и как можно ближе к линии $M_{опт}$.

При решении задачи последовательного улучшения плана распределения нагрузки между отсеками аналитическим путем целесообразно воспользоваться для нахождения опорного плана методом оп-

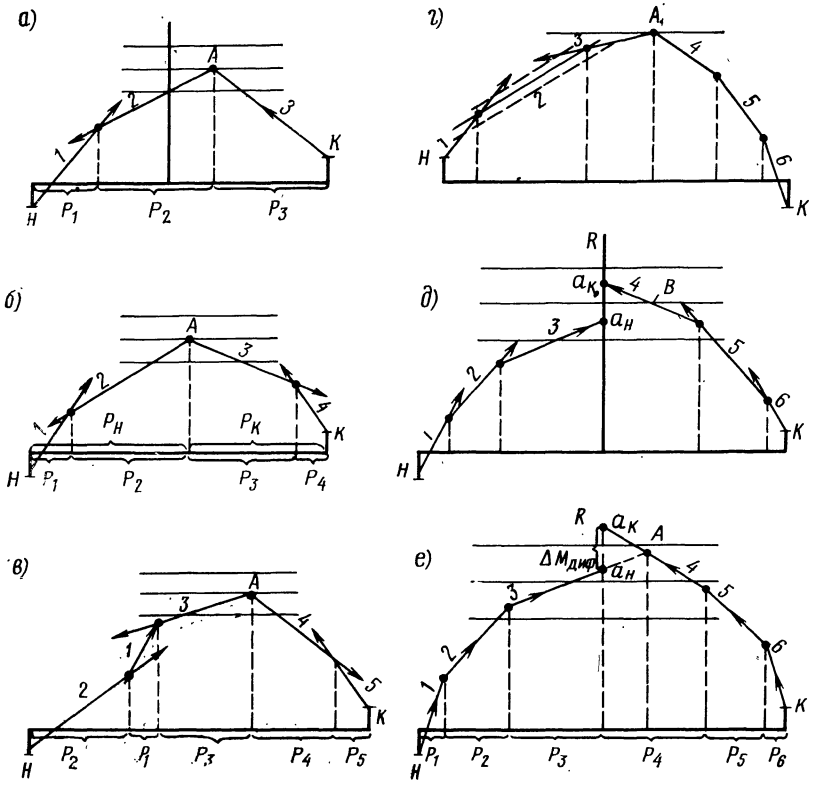


Рис. 62. Схемы решения задач на номограмме распределенного веса

тимального дифферента [см. § 10.6, формулы (140) и (141)]. Затем вычисляют полусумму момента переменной нагрузки $M_l = \frac{\Sigma Pl}{2}$ и сравнивают ее с величинами $M_{опт}$, M_{max} и M_{min}. Если имеет место случай $M_{max} > M_l > M_{min}$, то находят величину дополнительного изменения момента переменной нагрузки

$$\Delta M_{опт} = M_{опт} - M_l. \qquad (182)$$

и определяют величины переносимой нагрузки (отдельно для кормовой и носовой частей судна) по формуле

$$\Delta P = \frac{\Delta M_{опт}}{\Delta l}, \qquad (183)$$

где Δl — расстояние между центрами тяжести отсеков, между которыми нагрузка перераспределяется. Если величина $\Delta M_{опт}$ положительна, то перенос осуществляют из центральных отсеков в концевые, и наоборот, если $\Delta M_{опт}$ отрицательна.

Если M_l больше M_{max} или меньше M_{min}, тем же методом добиваются равенства $M_l = M_{max}$ или $M_l = M_{min}$, а затем, если позволяет

P_{max} отсеков, добиваются максимального приближения M_l к величине $M_{опт}$.

Целесообразно иметь на судне или в порту заранее рассчитанные значения распределенных весов для различных значений водоизмещения или дедвейта (стандартного распределенного веса отсеков).

Распределенный вес отсеков может быть рассчитан (или проверен) при помощи приборов-вычислителей, имеющихся на некоторых судах (см. § 12.5).

§ 11.4. Распределение переменной весовой нагрузки между помещениями по высоте

Весовую нагрузку по высоте при наличии палубного груза леса принято распределять следующим образом: $^1/_3$ — на палубе, $^2/_3$ — в трюмах и твиндеках. Между твиндеками и трюмами сухогрузных судов нагрузка распределяется в пропорции $^1/_3$ — в твиндеки и $^2/_3$ — в трюмы. Однако, как показывают расчеты и практика, при таком распределении нагрузки судно часто получает чрезмерную или недостаточную остойчивость. Так, например, при указанном принципе распределения нагрузки на судах типа «Ленинский комсомол» метацентрическая высота превышает значения 1,2—1,3 м, а на судах типа «Сергей Боткин» колеблется в пределах 1,4—1,5 м, т. е. находится на верхнем пределе. Распределение нагрузки пропорционально кубатуре снижает метацентрическую высоту соответственно до 0,7—0,8 и 1,2—1,3 м для указанных судов.

При составлении грузового плана можно заранее определить весовую нагрузку для трюмов, твиндеков и палубы исходя из оптимальной метацентрической высоты. Из уравнения остойчивости (167) следует:

$$M_Z = P_{тр} Z_{тр} + P_{тв} Z_{тв} + \Sigma q_п Z_п + \Sigma q_{зап} Z_{зап}, \qquad (184)$$

где $P_{тр}$ и $P_{тв}$ — суммарный распределенный вес трюмов и твиндеков;
$q_п$ и $q_{зап}$ — масса палубных грузов и судовых запасов;
Z — отстояние ц. т. соответствующих нагрузок от киля, который для трюмов и твиндеков в целом рассчитывается по формулам:

$$Z_{тр} = \frac{\Sigma W_{j\,тр} Z_{j\,тр}}{\Sigma W_{j\,тр}}; \quad Z_{тв} = \frac{\Sigma W_{j\,тв} Z_{j\,тв}}{\Sigma W_{j\,тв}}. \qquad (185)$$

Момент расходных запасов $q_{зап} Z_{зап}$ определяют отдельно по заданному количеству соответственно распределенных запасов на рейс и подставляют в формулу (184). Момент веса палубного груза $q_п Z_п$ определяют исходя из конкретных условий рейса. Тогда останется распределить нагрузку только между трюмами и твиндеками:

$$\left.\begin{aligned} D'_ч &= P_{тр} + P_{тв}; \\ M'_Z &= P_{тр} Z_{тр} + P_{тв} Z_{тв}. \end{aligned}\right\} \qquad (186)$$

Решив систему уравнений, получим суммарный распределенный вес трюмов и твиндеков. Зная распределенный вес по отсекам

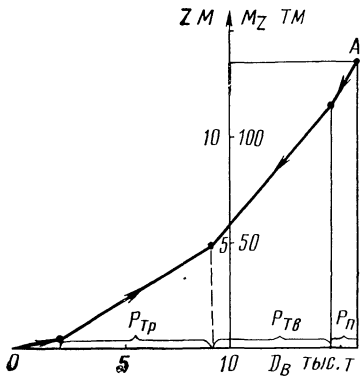


Рис. 63. Номограмма распределенного веса по вертикали

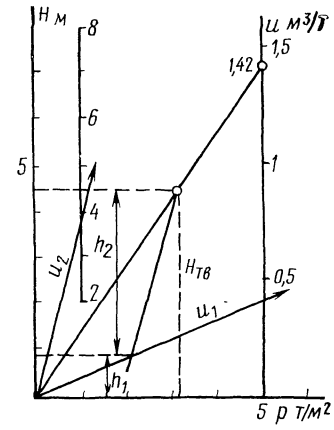


Рис. 64. Номограмма для комплектации грузов по высоте и удельной нагрузке

(см. § 11.3), можно получить распределенный вес каждого помещения. Такое распределение проще всего произвести по принципу пропорциональности. Коэффициенты пропорциональности равны:

$$k_{тр} = \frac{P_{тр}}{D_ч}; \quad k_п = \frac{P_п}{D_ч}; \quad k_п = 1 - k_{тр} - k_п. \tag{187}$$

Распределенный вес грузовых помещений и верхней палубы в районе отсека находим из распределенного веса отсека:

$$P_{j\,тр} = k_{тр} P_j; \; P_{jп} = k_п P_j; \; P_{jтв} = P_j - P_{jтр} - P_{jп}. \tag{188}$$

При этом следует учитывать, что распределенный вес помещения (палубы) не должен превышать максимально допустимого значения, определенного исходя из условий местной прочности. Если имеются нарушения этого условия, то нужно перераспределить вес между трюмами и твиндеками (палубой) данного и соседнего отсеков, но таким образом, чтобы суммарный распределенный вес каждого отсека, а также палубы, твиндеков и трюмов остались без изменения. Например, если распределенный вес твиндека № 3 превышает допустимый на 30 т, то эту нагрузку следует перенести в трюм. Для выравнивания нарушенного распределения веса между трюмами и твиндеками в целом необходимо в соседнем отсеке перенести из трюма в твиндек те же 30 т.

Для упрощения расчетов, связанных с распределением нагрузки по высоте, служит номограмма, основанная на принципе суммирования моментов весовой нагрузки относительно киля (рис. 63). Схема решения уравнений 184) и (186) показана на номограмме.

§ 11.5. Комплектация грузов в грузовом помещении и отсеке

В одном грузовом помещении могут находиться только совместимые друг с другом грузы, режимы перевозки которых совпадают. При этих условиях возникает задача подбора грузов с точки зрения использования грузовместимости и распределенного веса грузового помещения и удовлетворения условию местной прочности. Для того чтобы использовать и грузовместимость, и распределенный вес отсека, необходимо решить систему уравнений распределенного веса и грузовместимости отсека, которая в общем виде записывается так:

$$\left.\begin{aligned} P_j &= \sum_{i=1}^{n} q_{ij}(1+a_i); \\ W_j &= \sum_{i=1}^{n} q_{ij}\, u_i\, K_{ij}. \end{aligned}\right\} \qquad (189)$$

Комплектуя грузы в одном грузовом помещении, необходимо сразу же решать вопрос сепарации, крепления и способа укладки партии груза. Массу и объем сепарации, подкладочного, прокладочного материала, если они известны, можно предварительно вычесть из распределенного веса и грузовместимости помещения. В тех случаях, когда помещение загружается только насыпным или навалочным грузом, в расчетах используют грузовместимость помещения насыпью, а не киповую. Если приходится комплектовать в одном помещении насыпной и генеральный грузы, то для удобства расчетов целесообразно принимать расчетную величину удельного погрузочного объема насыпного груза (м³/т), вычисленную по формуле

$$u_{\text{р}} = u\,\frac{W_{\text{кип}}}{W_{\text{нас}}}. \qquad (190)$$

В практике часто встречаются случаи, когда из-за недостаточной прочности палубы или пайола, либо вследствие слабой тары груза приходится недоиспользовать грузовместимость помещений или строить дополнительные платформы. Избежать этого можно путем подбора соответствующих двух или более грузов и укладкой их горизонтальными слоями.

Очевидно, сумма высот слоев грузов в метрах должна равняться общей высоте помещения, а сумма удельных нагрузок этих слоев (т/м²) — удельной нагрузке на перекрытие, т. е.

$$\left.\begin{aligned} H &= \sum h_i; \\ p &= \sum \frac{h_i}{u_i}. \end{aligned}\right\} \qquad (191)$$

Максимально допустимая удельная нагрузка равна технической норме нагрузки (§ 10.5). Удельная нагрузка, создаваемая грузом, вес

которого равен распределенному весу помещения, называется *эксплуатационной нормой* нагрузки (т/м²) и определяется по формулам:

$$p_{j\text{э}} = \frac{P_j}{W_j} H_j; \quad p_{\text{э}} = \frac{H_j}{\overline{w}_j}. \tag{192}$$

Если груз нижнего слоя упакован в слабую тару, удельная нагрузка на перекрытие ограничивается допустимой нагрузкой на тару.

Решив систему уравнений (191) для двух грузов, получим:

$$h_{\text{н}} = \frac{pu_{\text{в}} - H}{u_{\text{в}} - u_{\text{н}}} u_{\text{н}}; \quad h_{\text{в}} = \frac{H - pu_{\text{н}}}{u_{\text{в}} - u_{\text{н}}} u_{\text{в}}. \tag{193}$$

Индексы означают: н — нижнего груза; в — верхнего груза.

Решение задачи комплектации грузов по принципу допустимых удельных нагрузок удобно производить при помощи номограммы [3], представленной на рис. 64.

В общем случае для полного использования распределенного веса и грузовместимости помещения надо подобрать два груза, легкий и тяжелый по отношению к удельной грузовместимости:

$$u_{\text{т}} < w_j < u_{\text{л}}.$$

Тогда количество грузов можно определить по формулам:

$$Q_{\text{т}} = \frac{Pu_{\text{л}} - W}{u_{\text{л}} - u_{\text{т}}}; \quad Q_{\text{л}} = \frac{W - Pu_{\text{т}}}{u_{\text{л}} - u_{\text{т}}}. \tag{194}$$

Если есть груз, удельный погрузочный объем которого очень близок к удельной грузовместимости помещения, и его количества достаточно для полного использования помещения, то целесообразно принять только этот груз.

При наличии возможности добиться выравнивания люковой неравномерности следует выбирать в целом для отсека три груза и решать систему уравнений (160). Если в отсеке должно быть более трех грузов, то правые части уравнений уменьшаются на величины, соответствующие заданным количествам грузов. В левой части должно оставаться три груза.

§ 11.6. Расчет плана размещения грузов на судне

В целях наиболее полной утилизации грузовместимости судна следует до решения задачи комплектации грузов на судне определить наиболее выгодное распределение грузов, при котором потери грузовместимости были бы минимальны. Эту задачу целесообразно решать методом разрешающих множителей Л. В. Канторовича. Для этого составляют таблицу, в которой записывают коэффициенты трюмной укладки для каждого груза в каждом грузовом помещении (табл. 16).

Затем вычисляют суммы коэффициентов всех грузов для каждого грузового помещения отдельно ($\Sigma K_{\text{ук}}$). Наибольшая из этих сумм делится последовательно на $\Sigma K_{\text{ук}}$ каждого помещения, и получаются числа R. Каждое значение $K_{\text{ук}}$ в строке умножается на соответствую-

Таблица 16

Помещения \ Грузы	1	2	...	i	...	n	$\Sigma K_{\text{ук}}$	R
1	1,0 / 1,16	1,8 / 2,09	...	1,4 / 1,62	1,6 / [1,85]	1,2 / [1,39]	8,1	1,16
2	1,0 / [1,05]	2,0 / 2,11	...	1,5 / [1,58]	1,8 / 1,90	1,4 / 1,48	8,9	1,16
...	... / ...	... / ...	...	... / ...	... / ...	... / ...	...	...
j	1,0 / 1,22	1,6 / [1,95]	...	1,5 / [1,59]	1,5 / [1,83]	1,2 / 1,46	7,7	1,22
...	... / ...	... / ...	...	... / ...	... / ...	... / ...	...	...
m	1,0 / [1,0]	2,0 / 2,0	...	1,6 / 1,6	2,0 / 2,0	1,6 / 1,6	9,4	1

щее R (цифры в знаменателе). В каждой графе выбирается минимальное значение откорректированного коэффициента (обведены квадратами) и одно-два ближайших к ним по величине значений (соответственно квадратные скобки или подчеркнуто). Отмеченные квадраты указывают, где лучше разместить те или иные грузы. Полученные таким образом рекомендации в общем случае достаточны для дальнейшего решения задачи размещения грузов по грузовым помещениям.

Распределение грузов по грузовым помещениям лучше всего производить в табличной форме. Матрица распределения грузов на судне (табл. 17) состоит из четырех частей. В первой части записывают необходимые данные о грузовых помещениях судна: грузовместимость W, максимально допустимое количество груза $P_{\max}$, распределенный вес P_j, удельная грузовместимость каждого грузового помещения, отдельного отсека в сумме по трюмам и твиндекам и по всему судну в целом, взятые из паспортных данных судна и полученные в результате расчетов, описанных в предыдущих параграфах.

Во второй части шапки матрицы записывают данные о грузах: наименование, удельный объем u, массу Q, суммарный объем $V = Qu$. В третьей части записывают результативные данные о соблюдении распределенного веса помещений в процессе комплектации грузов. На расчетном поле матрицы в каждом квадрате в правом верхнем углу записывают значение удельного погрузочного объема i-го груза в j-м помещении с учетом конкретного коэффициента трюмной укладки. В левом верхнем углу записывают результат расчета массы принимаемого груза, а в правом нижнем — занятую этим грузом грузовместимость.

Таблица 17

Отсеки	Грузовые помещения	Данные судна: W_j	$P_{j\max}$	P_j	ω_j	Данные грузов: $i=1$, $u_1=0{,}79$		$i=2$, $u_2=1{,}28$		...	i, $u_i=0{,}6$		...	$i=n$, $u_n=2{,}6$		Результат: $Q_j=\sum_{i=1}^{n} q_{ij}$	$\Delta P=Q_j-P_j$
						$Q_1=720$	$V_1\approx 680$	$Q_2=1000$	$V_2\approx 1615$	...	$Q_i=2200$	$V_i\approx 1660$	...	$Q_n\approx 680$	$V_n\approx 2820$		
$j=1$	Твиндек	1013	707	497	2,03		—		1,92	...	331	0,84	...	166	4,42	497	0
									1,98	...		278	...		733		
	Трюм	1123	1123	873	1,29		—		1,98	...	762	0,81	...	111	4,55	873	0
									1,60	...		617	...		505		
	Отсек	2136	1830	1370	1,34		—			...			...			1370	0
										...			...				
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$j=m-1$	Твиндек	973	681	680	1,43		—		1,66	...		0,78	...	106	4,03	644	—36
										...			...		427		
	Трюм	1459	1459	1220	1,19		—		1,60	...	1107	0,72	...	196	3,38	1303	+83
										...		797	...		662		
	Отсек	2432	2140	1900	1,28		—			...			...			1947	+47
										...			...				
$j=m$	Твиндек	986	690	580	1,70		—	533	1,85	...		0,81	...		4,16	533	—47
									986	...			...				
	Трюм	740	740	720	1,03	720	0,87		—	...		—	...		—	720	0
							740			...			...				
	Отсек	1726	1430	1300	1,33	720				...			...			1253	—47
										...			...				
Σ	Твиндеки	4046	2833	2420	1,67			1000		...	1093		...			2337	—83
									1716	...		895	...				
	Трюмы	5113	5114	3680	1,39	720				...	1107		...			3763	+83
							740			...		797	...				
	Всего	9159	7947	6100	1,51	720		1000		...	2200		...	648	2682	6100	0
	ΔQ					0		0			0						

С математической точки зрения задача распределения грузов по грузовым помещениям не представляет затруднений. Сравнивая удельные погрузочные объемы грузов с удельной грузовместимостью, ищут квадраты, для которых существует равенство $u_{ij} = w_j$, и принимают $q_{ij} = P_j$; $q_{ij}u_{ij} = W_j$. Для тех грузовых помещений, для которых это равенство отсутствует, находят два груза — легкий и тяжелый, удовлетворяющие условию $u_{ij} < w_j < u_{i+1j}$, и решают систему уравнений (189). Количество грузов находят по формулам (194). При этом в первую очередь распределяют обязательные грузы. В конце решения количества факультативных грузов неизбежно изменятся против расчетных величин. Мелкие партии грузов и остатки крупных партий размещают в свободных помещениях, корректируя величины P_j и W_j.

В процессе решения необходимо своевременно заполнять колонки результатов (Q_j и ΔP) и последнюю строку — всего принято. При этом количество принятых обязательных грузов должно быть равно запланированному, а величина ΔP равна нулю.

С практической точки зрения такая методика не может быть признана удовлетворительной, так как рассчитанный по ней некоторый «идеальный» грузовой план не учитывает требования неразрывности партии, очередности погрузки-выгрузки грузов, минимизации потерь грузовместимости, совместимости грузов, минимизации стояночного времени и другие чисто эксплуатационные факторы. Учет этих факторов неизбежно приводит к нарушению академической строгости решения задачи и отклонениям от распределенного веса, а следовательно, и к отклонениям от критериев оптимальности. Поэтому, стремясь к минимальным отклонениям от распределенного веса, следует руководствоваться следующими принципами решения задачи:

в целом по судну не должно быть отклонения от запланированного суммарного количества грузов (в общем случае $\Sigma Q = D_ч$) при обязательном приеме всех обязательных грузов;

при вынужденном отклонении от распределенного веса помещения следует запланировать эквивалентное отклонение с обратным знаком в другом помещении того же отсека, стремясь к недопущению отклонения от распределенного веса отсека ($\Delta P_{отс} \to 0$). Если величина переносимой из твиндеков в трюмы (или наоборот) нагрузки составит $\Delta P \geqslant 10^{-2}\frac{D}{\Delta Z}$, где $\Delta Z = Z_{тв} - Z_{тр}$, то для сохранения заданной метацентрической высоты следует предусмотреть эквивалентный обратный перенос нагрузки в других отсеках. При значениях mg, близких к минимально допустимым, перенос нагрузки из трюмов в твиндеки не допускается:

при вынужденном отклонении от распределенного веса отсека следует предусмотреть эквивалентное отклонение с обратным знаком в соседнем отсеке. Если величина переносимой в одном направлении нагрузки составит $\Delta P \geqslant 2\frac{m}{\Delta l}$, где Δl — горизонтальное расстояние между ц. т. отсеков, то для сохранения заданного дифферента следует предусмотреть в других отсеках эквивалентный перенос нагрузки с обратным знаком;

при распределении грузов учитывают рекомендации, полученные при предварительном распределении по принципу минимизации потерь грузовместимости;

в процессе расчета стремятся не допускать дробления партий груза. При остатке груза менее 10% от массы всей партии, но не более 50 т, принимают в отсек всю партию или оставшуюся ее часть, перерассчитывая при этом количество другого груза.

Глава 12

КОНТРОЛЬ И АНАЛИЗ ЗАГРУЗКИ СУДОВ

§ 12.1. Определение центров тяжести переменной нагрузки

Для определения метацентрической высоты, дифферента и изгибающего момента необходимо знать положения центров тяжести каждого груза. Их можно определить при помощи масштабного чертежа судна, на котором все грузовые помещения разбиты на клетки с установленным объемным масштабом. На масштабном чертеже судна площадь сечения каждого грузового помещения расчерчивают на равные по величине клетки (например, 5×5 мм). По каждому грузовому помещению подсчитывают число клеток N. Для кормовых трюмов, где проходит туннель гребного вала, число клеток определяется отдельно для района туннеля $N_т$ и над туннелем $N_{н.т}$. Объемный масштаб клеток рассчитывают для каждого помещения отдельно по формулам:

$$m = \frac{W}{N}\,;\; m_{н.т} = \frac{W}{N_{н.т} + \frac{2}{3} N_т}\,;\quad m_т = \frac{2}{3} m_{н.т}. \tag{195}$$

Чтобы определить объем трюма (в масштабе), занятый грузом, нужно объем груза разделить на масштаб клетки данного трюма и полученное число клеток отсчитать на масштабном чертеже. Центр тяжести груза определяют на пересечении диагоналей, проведенных из углов прямоугольника груза, образованного суммой площадей n клеток.

При послойной загрузке трюмов удобнее пользоваться масштабом высоты помещения. Для этого определяют объем слоя груза, занимающего на масштабном чертеже высоту 1 мм, т. е. масштаб высоты:

$$m_в = \frac{W}{H}\,;\; m_{внт} = \frac{W}{H - \frac{1}{3} h_т}\,;\; m_{вт} = \frac{2W}{3H - h_т}\,, \tag{196}$$

где H — высота грузового помещения на чертеже , мм;

$h_т$ — высота туннеля гребного вала на чертеже, мм.

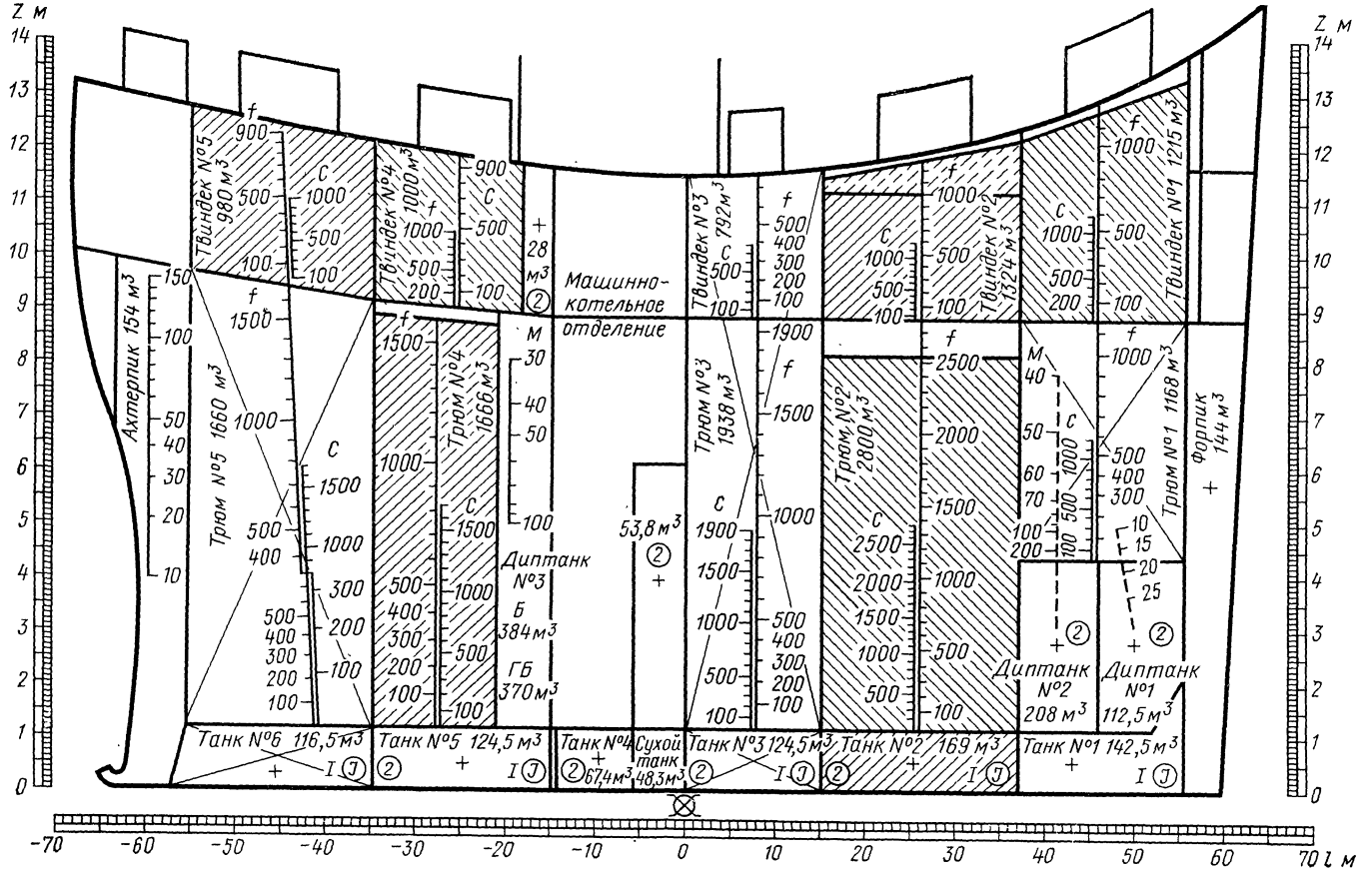


Рис. 65. Масштабный чертеж судна со шкалами грузовместимости t и ц. т. c грузовых помещений

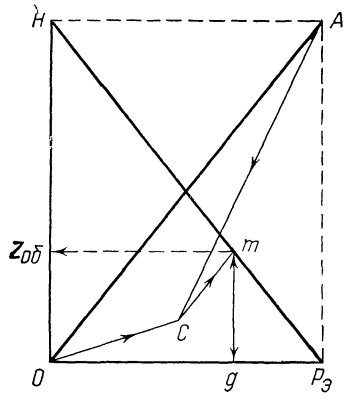


Рис. 66. Определение общего ц. т. двух грузов графически

Тогда высота слоя груза на чертжэе определится по формуле

$$h_{ij} = \frac{W_{ij}}{m_{вj}}. \qquad (197)$$

Приведенные методы являются приближенными, так как масштаб клеток фактически не одинаков для разных частей трюмов. Особенно это сказывается на концевых трюмах.

Большинство грузовых помещений судна не имеет правильной геометрической формы. Поэтому для определения объема и ц. т. груза в трюме по высоте слоя рекомендуется вычислять таблицы емкости трюмов и строить на масштабном чертеже судна шкалы объемов трюмов (рис. 65). Центр тяжести нижнего слоя груза находится в точке на шкале объемов, соответствующей половине объема груза. Центр тяжести других слоев находится в точке, соответствующей сумме объемов нижележащих грузов плюс половина объема данного груза.

Положение центра тяжести нескольких грузов (в метрах) определяют по формуле

$$Z = \frac{\Sigma q_i Z_i}{\Sigma q_i}. \qquad (198)$$

Для двух слоев грузов в одном трюме можно найти общий центр тяжести графическим путем на номограмме комплектации грузов (см. рис. 64). Схема решения задачи приведена на рис. 66. Проводим диагональ, соединяющую точки H и $P_э$ на соответствующих шкалах. Из точки c пересечения лучей грузов проводим прямую cm, параллельную диагонали OA, до пересечения с диагональю $HP_э$. Отрезок mg, перенесенный на шкалу H, укажет высоту центра тяжести двух грузов, вместе взятых.

Отстояние центра тяжести (от пайола) кучи навалочного груза (в метрах), лежащей в трюме в виде обелиска, вычисляется по формуле [3]:

$$Z_{об} = \frac{\frac{1}{2}\frac{l}{h}\frac{b}{h} + \frac{1}{3}\left(\frac{l}{h}+\frac{b}{h}\right)\operatorname{ctg}\alpha + \frac{\pi}{12}\operatorname{ctg}^2\alpha}{\frac{l}{h}\frac{b}{h} + \left(\frac{l}{h}+\frac{b}{h}\right)\operatorname{ctg}\alpha + \frac{\pi}{3}\operatorname{ctg}^2\alpha} h, \qquad (199)$$

где h — высота кучи груза, м;
l, b — длина и ширина люка м;
α — угол естественного откоса, °.

Положение центра тяжести кучи навалочного груза, ограниченной бортами и переборками, можно определить по формуле [3]

$$Z = \frac{h}{2} - \frac{V}{hLB} \cdot \frac{B-b}{6} \operatorname{tg} \alpha. \qquad (200)$$

Величина свободных пространств V между поверхностью кучи и горизонтальной плоскостью, проведенной на уровне высоты кучи, зависит от угла естественного откоса груза и размеров трюма и определяется по формуле

$$V = \operatorname{tg} \alpha \left[ld^2 + 0{,}5b\,(a_н^2 + a_к^2) + 2d\,(a_н R_н + a_к R_к) - \right.$$
$$\left. - 1{,}05\,(0{,}5 - \nu_н - \nu_{dн})\,R_н^3 - 1{,}05\,(0{,}5 - \nu_к - \nu_{dк})\,R_к^3\right], \qquad (201)$$

где a — расстояния от кромки люка до соответствующей (носовой — н, кормовой — к) переборки, м;

d — расстояние от кромки люка до борта, м;

ν — коэффициенты [формула (51)], которые определяются на графике рис. 11 по соответствующим отношениям $\frac{a}{R}$ и $\frac{d}{R}$;

$$R_н = \sqrt{d_н^2 + a_н^2}; \quad R_к = \sqrt{d_к^2 + a_к^2}.$$

Средний центр тяжести нескольких слоев грузов может быть определен по формулам:

$$\left.\begin{aligned} Z &= \frac{\sum q_i Z_i}{\sum q_i} = \frac{\sum\limits_{i+1}^{n} h_i \left(0{,}5q_i + \sum\limits_{i+1}^{n} q_i\right)}{\sum\limits_{i=1}^{n} q_i}, \\ &\text{или} \\ Z &= \frac{H}{WP} \sum_{i=1}^{n} q_i u_i \left(0{,}5q_i + \sum_{i+1}^{n} q_i\right). \end{aligned}\right\} \qquad (202)$$

Для двух грузов, использующих грузовое помещение полностью и уложенных горизонтальными слоями, справедливо равенство

$$Z = \frac{H}{2}\left[1 - \frac{(u_в - w)\,(w - u_н)}{w\,(u_в - u_н)}\right]. \qquad (203)$$

§ 12.2. Влияние смещения ц. т. груза на дифферент и остойчивость судна

В расчетах распределенного веса грузовых помещений принимается, что ц. т. грузов в помещении находится в геометрическом центре помещения. В первом приближении считается, что геометрический ц. т. помещения находится на половине высоты и длины помещения.

В действительности можно редко наблюдать совпадение истинного и расчетного центров тяжести. Это возможно только при условии полной загрузки помещения однородным грузом. Полная загрузка неоднородным грузом приводит к смещению ц. т. по горизонтали, если грузы

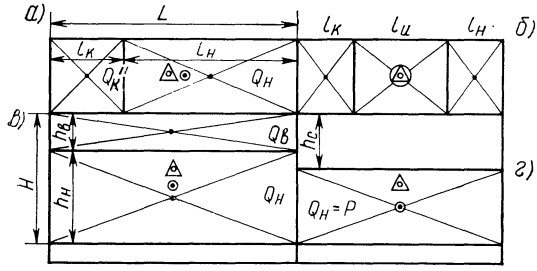


Рис. 67. Положения ц. т. при композитной загрузке помещения

уложены вертикальными слоями (рис. 67, *а*). Сохранить положение ц. т. в расчетном месте можно симметричным расположением грузов, т. е. делением партии одного груза на две равные части и расположением их у носовой и кормовой переборок (рис. 67, *б*). Если грузы уложены горизонтальными слоями (рис. 67, *в*), то ц. т. обычно смещается вниз против расчетного, так как внизу, как правило, укладывают тяжелый груз. Неполная загрузка помещения (рис. 67, *г*) приводит к снижению ц. т. против расчетного, хотя ц. т. относительно миделя может сохраниться.

Изменение дифферента и метацентрической высоты от смещения ц. т. груза (или его перемещения) определится по формулам:

$$\Delta d = \frac{\Delta M_x}{m}; \quad \Delta mg = \frac{\Delta M_Z}{D}, \tag{204}$$

где ΔM_X и ΔM_Z — изменение моментов переменной нагрузки относительно миделя и киля, которые определяются по формулам:

$$\Delta M_X = P\Delta l;\ \Delta M_Z = P\Delta Z, \tag{205}$$

где P — масса перемещенной нагрузки;

Δl и ΔZ — расстояние переноса по длине и по высоте судна.

При неполном использовании грузовместимости помещения абсолютная величина смещения ц. т. груза от ц. т. помещения может быть определена по формулам:

$$\Delta Z = \frac{h_c}{2}, \quad \text{или} \quad \Delta Z = \frac{H}{2}\left(1 - \frac{u}{w}\right), \tag{206}$$

где h_c — высота свободного пространства.

Характер зависимости изменения момента переменной нагрузки от количества и удельного погрузочного объема груза показан на рис. 68. Величины ΔM_Z целесообразно рассчитывать заранее для каждого грузового помещения и сводить расчеты в таблицы.

Из уравнений (203), (204) и (205) следует, что увеличение метацентрической высоты тем больше, чем больше масса груза и меньше отношение его погрузочного объема к удельной грузовместимости помещения.

Обычно при композитной загрузке грузового помещения более тяжелые грузы укладывают снизу, а легкие — сверху, что приводит

к снижению ц. т. и, следовательно, увеличению метацентрической высоты. Допустим, что имеется два груза с разными погрузочными объемами (см. рис. 67, *в*), которые вместе используют грузовместимость помещения полностью и уложены горизонтальными слоями. Тогда момент сил веса этих грузов относительно нижней плоскости, на которой они лежат, равен

$$M_{\text{ф}} = \frac{h_{\text{н}}}{2} Q_{\text{н}} + \left(h_{\text{н}} + \frac{h_{\text{в}}}{2}\right) Q_{\text{в}}. \tag{207}$$

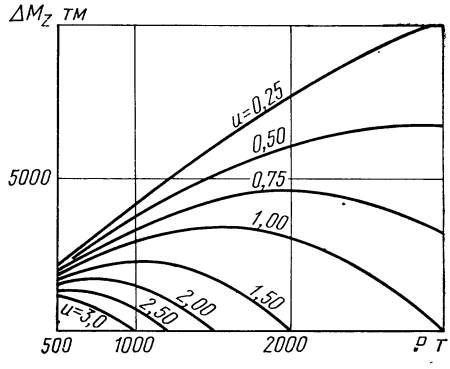


Рис. 68. Уменьшение момента переменной нагрузки относительно киля при неполной загрузке трюма

Расчетный момент равен

$$M_{\text{р}} = \frac{H}{2} P. \tag{208}$$

Уменьшение момента переменной нагрузки равно

$$\Delta M_Z = M_{\text{р}} - M_{\text{ф}}. \tag{209}$$

Заменив в формуле (207)

$$\left.\begin{aligned} h_{\text{в}} &= H - h_{\text{н}}; \quad Q_{\text{в}} = P - Q_{\text{н}}, \\ h_{\text{н}} &= \frac{Q_{\text{н}} u_{\text{н}}}{W} H; \quad \frac{W}{P} = w \end{aligned}\right\} \tag{210}$$

и решив систему уравнений (207), (208), и (209), получим:

$$\Delta M_Z = \frac{PH\,(u_{\text{в}} - w)\,(w - u_{\text{н}})}{2w\,(u_{\text{в}} - u_{\text{н}})}. \tag{211}$$

Для учета изменения дифферента от смещения ц. т. груза (см. рис. 67, *а*) получим аналогичную формулу

$$\Delta M_X = \frac{PL\,(u_{\text{к}} - w)\,(w - u_{\text{н}})}{2w\,(u_{\text{к}} - u_{\text{н}})}. \tag{212}$$

Здесь L — общая длина помещения, м;

$u_{\text{н}}$; $u_{\text{к}}$ — погрузочный объем грузов, расположенных в носовой и кормовой частях трюма.

Смещение ц. т. груза в грузовом помещении вдоль судна приводит к изменению изгибающего момента, которое равно половине величины ΔM_X.

§ 12.3. Аналитический метод расчета и исправления дифферента, остойчивости и изгибающего момента

Решение этой задачи зависит от использованного метода расчета распределенного веса грузовых помещений и результатов распределения грузов по помещениям (см. табл. 17). Если распределенный вес помещений рассчитан методом оптимального изгибающего момента и при распределении грузов не допущено отклонений от распределенных весов отсеков в целом и по трюмам и твиндекам, то, следовательно, дифферент должен быть равен заданному, изгибающий момент равен оптимальному или расчетному, а метацентрическая высота — не менее расчетной. В этом случае проверку дифферента, остойчивости и изгибающего момента проводить не обязательно.

Если имеются небольшие отклонения от распределенного веса отсеков, то можно ограничиться вычислением поправки дифферента и изгибающего момента. Дополнительный дифферентующий момент определится по формуле

$$\Delta M_X = \sum_{j=1}^{m} \Delta P_j X_j. \tag{213}$$

Величина изменения дифферента против расчетного определится по формуле (204). Величина изменения изгибающего момента на вершине волны (на подошве волны изменится с обратным знаком) определится по формуле

$$\Delta M^{\text{в}}_{\text{изг}} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{m} \Delta P_j l_j. \tag{214}$$

Изменение момента переменной нагрузки относительно киля в первом приближении можно определить по величине суммарного отклонения от распределенных весов трюмов и твиндеков:

$$\Delta M_Z = \Delta P_{\text{тв}} (Z_{\text{тв}} - Z_{\text{тр}}) \tag{215}$$

либо по отклонениям в каждом грузовом помещении:

$$\Delta M_Z = \sum_{j=1}^{m} \Delta P_j Z_j. \tag{216}$$

В действительности может иметь место дополнительное изменение момента M_Z от смещения среднего центра тяжести грузов против расчетного (см. § 12.2). Если величина ΔM_Z, вычисленная по формулам (215) или (216), положительна и существенна настолько, что дает превышение допустимого значения $M_{Z\,\text{доп}}$, то следует воспользоваться формулой (211) и учесть снижение центра тяжести судна за счет расположения тяжелых грузов в нижней части трюмов. Если и при этом остойчивость судна недостаточна, то производят перераспределение грузов.

Если отклонения от распределенных весов, вычисленных рекомендуемым методом, многочисленны или распределенный вес вычислялся пропорционально кубатуре помещений либо методом оптимальной

ного дифферента, то необходим полный конкретный расчет положения ц. т. судна (или моментов переменной нагрузки относительно киля и миделя). Данные для расчета сводят в таблицу (табл. 18), в которой сначала записывают данные порожнего судна (D_0, X_0, Z_0) и 10% запасов, затем все грузы и основные запасы на рейс. В случае сложного рейса расчет ведут либо отдельно для каждого перехода, либо нарастающим итогом — сначала грузы перехода с неполной загрузкой, запасы этого перехода, затем только грузы перехода с полной загрузкой и вновь запасы. При этом учитывают момент приема запасов. Моменты нагрузки относительно миделя для удобства расчетов целесообразно записывать в отдельных колонках.

Дифферент и метацентрическую высоту рассчитывают по формулам (120) и (128) для каждого случая: на выход из первого и второго портов, на подход ко второму и третьему портам и, если нужно, на промежуточные участки перехода. Величины X_c, m, Z_m выбирают на каждое водоизмещение отдельно. Расчет рекомендуется оформлять в табличной форме [3].

Полусумму моментов переменной нагрузки определяют по данным табл. 18 простым суммированием абсолютных значений $q_i X_i$ и сравнивают с величинами $M_{\text{опт}}$, $M_{\min}$, $M_{\max}$:

$$2M_l = \sum q_{i\text{н}} X_{i\text{н}} + |\sum q_{i\text{к}} X_{i\text{к}}|. \tag{217}$$

Рассчитанные дифферент, остойчивость и изгибающий момент могут оказаться неудовлетворительными, и их следует изменить переносом грузов на грузовом плане. Дополнительный дифферентующий момент определяется по величине заданного $d_{\text{зад}}$ и расчетного $d_{\text{р}}$ дифферента:

$$\Delta M_{\text{диф}} = (d_{\text{зад}} - d_{\text{р}})\, m. \tag{218}$$

Если можно перенести палубный груз массой P, то определяют расстояние $l_{\text{п}}$, на которое она должна быть перенесена (знак плюс означает перенос к носу, минус — к корме). Если задается расстояние переноса, то определяется масса переносимой нагрузки:

$$P l_{\text{п}} = \Delta M_{\text{диф}}; \quad l_{\text{п}} = l_{\text{к}} - l_{\text{н}}. \tag{219}$$

В том случае, когда вся кубатура грузовых помещений занята, а палубных грузов нет или их нельзя перемещать, необходимо поменять местами легкие и тяжелые грузы так, чтобы разность их масс равнялась P. Если удельный погрузочный объем грузов при перемещении их из одного грузового помещения в другое не изменяется, то в качестве второго уравнения можно принять равенство объемов переносимых грузов и решать систему двух уравнений вида:

$$\left.\begin{aligned} Q_{\text{т}} - Q_{\text{л}} &= P; \\ u_{\text{т}} Q_{\text{т}} - u_{\text{л}} Q_{\text{л}} &= 0 \end{aligned}\right\} \tag{220}$$

или

$$Q_{\text{т}} = \frac{u_{\text{л}} P}{u_{\text{л}} - u_{\text{т}}}; \quad Q_{\text{л}} = \frac{u_{\text{т}} P}{u_{\text{л}} - u_{\text{т}}}.$$

Таблица 18

Отсек	Грузовое помещение	Статьи нагрузки	q_i	$\pm X_i$	$+q_iX_i$	$-q_iX_i$	Z_i	q_iZ_i
		Судно порожнем	D_0	$\pm X_0$	$+D_0X_0$ или $-D_0X_0$		Z_0	D_0Z_0
1	Твиндек № 1 Трюм № 1	Груз i (1, 2, 3, ..., n) ...	$q_{i\text{н}}$ ...	$+X_{i\text{н}}$ ...	$q_{i\text{н}}X_{i\text{н}}$ ...		Z_i ...	q_iZ_i ...
m	Твиндек m Трюм m	... Груз i (1, 2, 3, ..., n) Запасы (10%)	... $q_{i\text{к}}$ $q_{\text{зап}}$	... $-X_{i\text{к}}$ $\pm X$	ΣqX или $\Sigma q\overline{X}$	... $-q_{i\text{к}}\overline{X}_{i\text{к}}$	... Z_i Z	... q_iZ_i ΣqZ
		Итого	D_i	$X_g=\frac{M_x}{D_i}$	$\Sigma q_{\text{н}}X_{\text{н}}$ $M_x=\Sigma qX_{\text{н}}+\Sigma qX_{\text{к}}$	$-\Sigma q_{\text{к}}\overline{X}_{\text{к}}$	$Z'_g=\frac{\Sigma qZ}{D_i}$	ΣqZ
	Носовые помещения Кормовые помещения	Запасы (100%)	$q_{i\text{н}}$ ... $q_{i\text{к}}$ ...	$+X_{i\text{н}}$ ... $-X_{i\text{к}}$ ...	$q_{i\text{н}}X_{i\text{н}}$ ...	$+q_{i\text{к}}\overline{X}_{i\text{к}}$ ...	Z_i ... Z_i ...	q_iZ_i ... q_iZ_i ...
		Всего	$D_{\text{р}}$	$X_g=\frac{M_x}{D_{\text{р}}}$	$\Sigma q_{\text{н}}X_{\text{н}}$ $M_x=\Sigma qX_{\text{н}}+\Sigma qX_{\text{к}}$	$\Sigma q_{\text{к}}\overline{X}_{\text{к}}$	$Z_g=\frac{M_h}{D_{\text{р}}}$	$M_h=\Sigma qZ$

В действительности при перемещении груза из одного помещения в другое его погрузочный объем изменяется, и решение указанной задачи возможно только в случае, когда освобождаемый одним грузом объем не меньше объема, который будет занят другим грузом, т. е. при одновременном соблюдении условия:

$$\left.\begin{aligned} Q_{т}\, u_{то} - Q_{л}\, u_{лк} &\geqslant 0; \\ Q_{л}\, u_{ло} - Q_{т}\, u_{тк} &\geqslant 0, \end{aligned}\right\} \tag{221}$$

где $u_{ло}$ и $u_{то}$ — удельные погрузочные объемы легкого и тяжелого грузов в помещениях, откуда их переносят;

$u_{лк}$ и $u_{тк}$ — удельные погрузочные объемы легкого и тяжелого грузов в помещениях, куда их переносят.

Из условий (221) следует также, что перемещение грузов возможно только при соблюдении неравенства

$$\left.\begin{aligned} u_{то}\, u_{ло} - u_{тк}\, u_{лк} &\geqslant 0; \\ \text{или} \qquad\qquad\qquad & \\ K_{то}\, K_{ло} - K_{тк}\, K_{лк} &\geqslant 0, \end{aligned}\right\} \tag{222}$$

где K — коэффициенты трюмной укладки грузов в соответствующих помещениях.

Обычно в практике встречаются условия, когда

$$\left.\begin{aligned} u_{то} - u_{лк} &< 0; \\ u_{ло} - u_{тк} &> 0. \end{aligned}\right\} \tag{223}$$

Если при этом соблюдается также условие (222), то количество переносимого тяжелого груза может быть определено неравенством

$$\frac{\Delta P u_{ло}}{u_{ло} - u_{тк}} \leqslant Q_{т} \leqslant \frac{\Delta P u_{лк}}{u_{лк} - u_{то}}. \tag{224}$$

При минимальном $Q_{т}$ в помещении, откуда переносят тяжелый груз, образуется свободное пространство, объем которого равен

$$\Delta W_{то} = \Delta P \frac{u_{ло}\, u_{то} - u_{лк}\, u_{тк}}{u_{ло} - u_{тк}}. \tag{225}$$

При максимальном $Q_{т}$ в помещении, откуда переносят легкий груз образуется свободное пространство, объем которого равен

$$\Delta W_{ло} = \Delta P \frac{u_{ло}\, u_{то} - u_{лк}\, u_{тк}}{u_{лк} - u_{то}}. \tag{226}$$

При промежуточных значениях $Q_{т}$ свободные пространства образуются в обоих помещениях.

Если удельные погрузочные объемы переносимых грузов близки друг к другу, то возможно существование условий:

$$\left.\begin{aligned} u_{то} - u_{лк} &\geqslant 0; \\ u_{ло} - u_{тк} &> 0, \end{aligned}\right\} \tag{227}$$

при которых существует только одно ограничение:

$$\Delta P \frac{u_{\text{ло}}}{u_{\text{ло}} - u_{\text{тк}}} \leqslant Q_{\text{т}}. \qquad (228)$$

При этом минимальная экономия грузовместимости определяется уравнением (225), и чем больше $Q_{\text{т}}$, тем больше освобождается грузовместимость.

Если условия (222), (223) и (227) не соблюдаются, то решение задачи невозможно и требует выбора других грузов. В практических условиях целесообразно искать грузы, отвечающие следующим условиям (табл. 19).

Таблица 19

Перенос осуществляется	$\Delta d > 0$	$\Delta d < 0$
В носовой части	$K_{\text{л}} > K_{\text{т}}$	$K_{\text{л}} < K_{\text{т}}$
В кормовой части	$K_{\text{л}} < K_{\text{т}}$	$K_{\text{л}} > K_{\text{т}}$

При этом следует помнить, что коэффициент трюмной укладки больше у того груза, размеры места которого больше. Это означает, что для изменения дифферента на нос следует искать в носовом отсеке легкий груз с линейными размерами бо́льшими, чем у тяжелого груза, расположенного в средней части судна, либо искать габаритный тяжелый груз в кормовом отсеке и мелкий-легкий груз в средней части. Для изменения дифферента на корму следует искать обратные сочетания.

Решение задачи по изменению остойчивости принципиально не отличается от предыдущей. Сначала находят дополнительный момент (в тм)

$$\Delta M_Z = (mg_{\text{зад}} - mg_{\text{р}})\, D. \qquad (229)$$

Высоту переноса грузов или величину переносимой нагрузки определяют по формуле (205), а затем по уравнениям (224) или (228) вычисляют количества легкого и тяжелого груза. Для увеличения остойчивости тяжелые грузы опускают вниз, легкие поднимают наверх.

Загрузка судна тяжелым генеральным или навалочным грузом обычно приводит к чрезмерной остойчивости, что является нежелательным. Уменьшение метацентрической высоты достигается переносом части груза из трюмов в твиндеки. Возможны три случая расположения тяжелого груза в отсеке (рис. 69): груз расположен в трюме и твиндеке, над грузом имеются свободные пространства (схема *I*); груз заполняет трюм полностью и твиндек частично (схема *II*); груз расположен только в трюме (схема *III*).

Расстояние переноса груза $Z_{\text{п}}$ во всех случаях складывается из базисного расстояния h_0, т. е. расстояния от поверхности переносимого

груза до поверхности, на которую этот груз будет уложен, и высоты слоя переносимого груза $h_{\text{п. г}}$:

$$Z_{\text{п}} = h_0 + h_{\text{п. г}}. \tag{230}$$

Считая, что для целей данного расчета горизонтальное сечение слоя переносимого груза F одинаково для трюма и для твиндека, т. е.

$$Fh_{\text{п. г}} = Pu, \tag{231}$$

путем подстановок из уравнений (205), (230) и (231) получим уравнение второй степени, решив которое, найдем:

$$P = \frac{F}{2u}\left(-h_0 + \sqrt{h_0^2 + \frac{4u}{F}\Delta M_Z}\right). \tag{232}$$

Этой же формулой пользуются при увеличении метацентрической высоты (рис. 69, схема *IV*). Отрицательное значение подкоренного выражения означает, что необходимого изменения метацентрической высоты при данных условиях задачи достигнуто не будет, т. е. mg не будет увеличена до заданного предела, даже если мы перенесем весь груз с твиндека в трюм либо заполним трюм полностью.

Изгибающий момент при данной конкретной загрузке судна определяется по формулам:

$$\begin{aligned} M^{\text{в}}_{\text{изг}} &= M_l + M_0 - M_{\text{в}}; \\ M^{\text{п}}_{\text{изг}} &= M_l + M_0 - M_{\text{п}}. \end{aligned} \tag{233}$$

Составляющие M_l, M_0, $M_{\text{в}}$ и $M_{\text{п}}$ определяются по формулам (217), (143), (149). Гораздо проще определять, удовлетворяет ли грузовой план требованию общей прочности сравнением величины M_l с величинами $M_{\max}$, $M_{\text{опт}}$, $M_{\min}$ на графике (см. рис. 75).

Если изгибающий момент на подошве или гребне волны превышает максимальное значение (точка M_l вышла за рамки зоны, ограниченной $M_{\max}$ — $M_{\min}$), необходимо изменить распределение грузов по отсекам. Величину изменения момента сил веса относительно миделя для

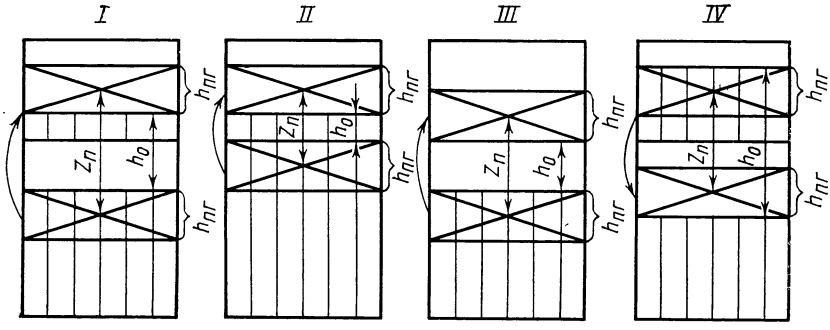


Рис. 69. Схемы переноса груза при изменении остойчивости

уменьшения изгибающего момента до оптимального значения определяют по формуле

$$\Delta M_{\text{изг}} = M_{\text{опт}} - M_l. \tag{234}$$

Всякое изменение расположения грузов относительно миделя приводит к изменению дифферента судна. Поэтому при решении задачи уменьшения изгибающего момента необходимо соблюдать условие дифферента, что требует перемещения грузов одновременно в носовой и кормовой частях судна:

$$\left.\begin{aligned} \Delta M_d &= P_{\text{н}}(X_{\text{нк}} - X_{\text{но}}) + P_{\text{к}}(X_{\text{кк}} - X_{\text{ко}}); \\ 2\Delta M_{\text{изг}} &= P_{\text{н}}(l_{\text{но}} - l_{\text{нк}}) + P_{\text{к}}(l_{\text{ко}} - l_{\text{кк}}), \end{aligned}\right\} \tag{235}$$

где $P_{\text{н}}$, $P_{\text{к}}$ — вес переносимой нагрузки из носовой или кормовой части судна соответственно, т;

$X_{\text{но}}$, $X_{\text{ко}}$ — отстояние ц. т. места, откуда переносится нагрузка;

$X_{\text{нк}}$, $X_{\text{кк}}$ — отстояние ц. т. места, куда переносится нагрузка.

В практике иногда возникает необходимость определить посадку судна при приеме дополнительного груза. Изменение дифферента от приема малого груза P в точку X определится:

$$\Delta d = \frac{P(X - X_f)}{m}. \tag{236}$$

Дифферент судна при приеме большого груза (больше $0{,}1\ D$) вычисляется по формуле

$$d = \frac{(D_0 X_0 + PX - D_{\text{к}} X_{\text{ск}} + m_{\text{н}} d_{\text{н}})}{m_{\text{к}}}, \tag{237}$$

где индексы означают: н — начальный, к — конечный.

Искомое положение центра тяжести дополнительного груза для случая, когда осадка кормой не должна измениться, определяется по формуле

$$X_0 = X_f + \frac{mL}{q\left(\frac{L}{2} + X_f\right)}. \tag{238}$$

Весьма грубо

$$X_0 \approx 2\,\frac{m}{q}.$$

§ 12.4. Расчет дифферента и метацентрической высоты по методу А. Ф. Мироненко

Элементы основных формул дифферента и остойчивости, зависящие только от теоретического чертежа, можно отделить от элементов, зависящих от конкретной загрузки судна, и тем самым упростить оперативные расчеты отстойчивости и дифферента. Перепишем

формулы (120) и (128) следующим образом:

$$d = \frac{D_0 X_0 - D_i X_{c_i}}{m_i} + \frac{\Sigma q_i X_i}{m_л} \cdot \frac{m_л}{m_i};$$
$$mg = \frac{D_i Z_{m_i} - D_0 Z_0}{D_i} - \left(\frac{\Sigma q_i Z_i}{D_л} + \frac{\Sigma J\rho}{D_л} \right) \frac{D_л}{D_i}, \quad (239)$$

или сокращенно

$$d = d' + k_d \Sigma d''.$$
$$mg = mg' - (\Sigma mg'' + \Sigma\rho') k_{mg}, \quad (240)$$

где $d' = \frac{D_0 X_0 - D_i X_{c_i}}{m_i}$ — дифферент формы, см;

$d'' = \frac{q_i X_i}{m_л}$ — изменение дифферента от переноса груза q_i с миделя на расстояние X_i от него при водоизмещении $D_л$, см (рис. 70);

$k_d = \frac{m_л}{m_i}$ — коэффициент дифферента;

$mg' = \frac{D_i Z_{m_i} - D_0 Z_0}{D_i}$ — максимальная метацентрическая высота, м;

$mg'' = \frac{q_i Z_i}{D_л}$ — уменьшение метацентрической высоты от переноса груза q с киля на высоту Z от него при водоизмещении $D_л$, м;

$\rho' = \frac{J\rho}{D_л}$ — уменьшение метацентрической высоты от наличия свободной поверхности жидкости при водоизмещении $D_л$, м;

$k_{mg} = \frac{D_л}{D_i}$ — поправочный коэффициент остойчивости;

$D_л$, $m_л$ — водоизмещение и удельный дифферентующий момент при осадке судна по летнюю грузовую марку.

Введение дополнительных коэффициентов k_d и k_{mg} вызвано необходимостью упростить расчеты величин d'', mg'' и ρ принятием членов $m_л$ и $D_л$ постоянными.

Как видно из формул, дифферент формы d' и максимальная метацентрическая высота mg' при данной осадке зависят только от водоизмещения судна, могут быть рассчитаны заранее и сведены в таблицы или графики. Как правило, загрузка трюмов ведется параллельными горизонтальными слоями, поэтому отстояние ц. т. от миделя X_j для всех грузов отсека принимается одинаковым. Это позволяет составить таблицу или график изменения дифферента для каждого отсека отдельно, так как величина d'' для данного отсека зависит только от q.

На основе данного метода А. Ф. Мироненко разработана портативная судовая расчетная линейка (рис. 71), весьма удобная для работы и дающая высокую точность расчета.

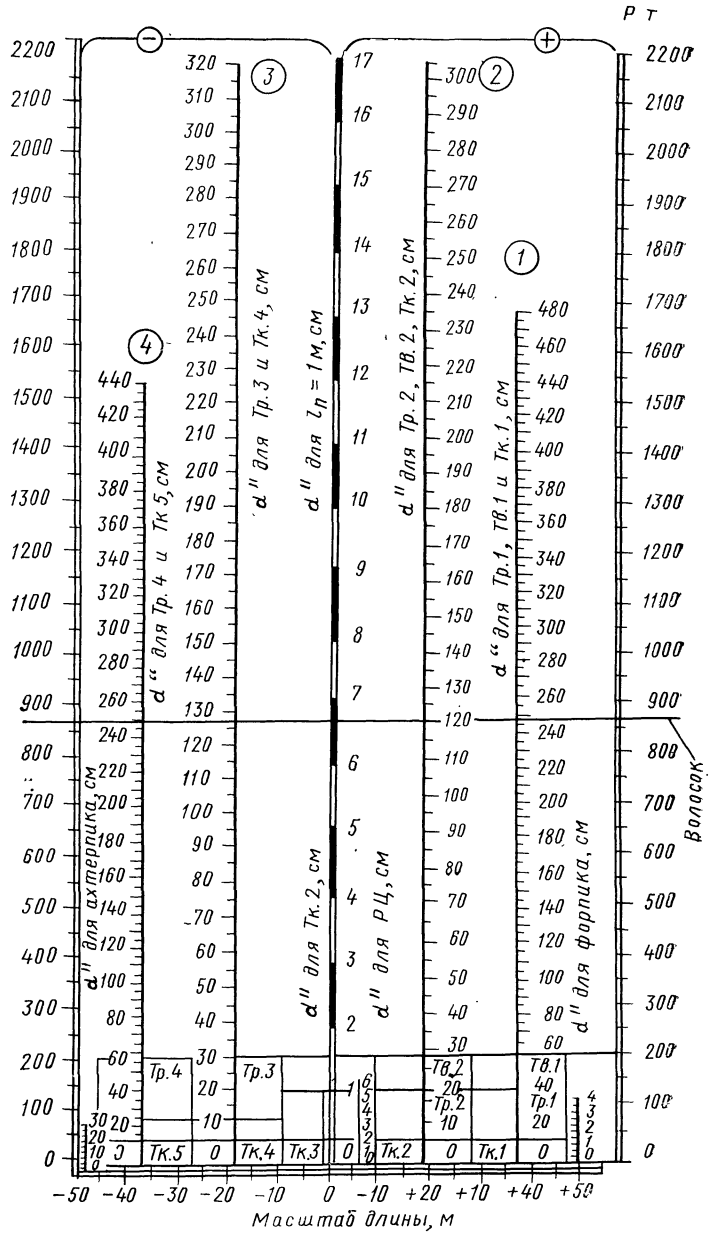


Рис. 70. График изменения дифферента

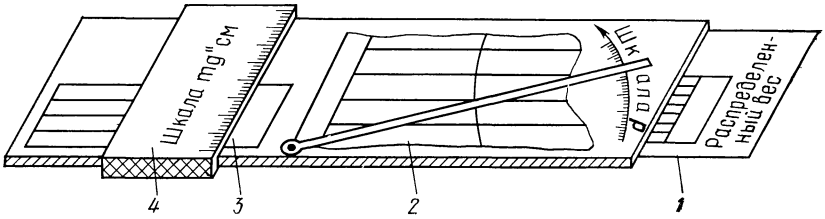


Рис. 71. Общий вид судовой расчетной линейки А. Ф. Мироненко:
1 — вкладыш; *2* — корпус; *3* — грузовая шкала; *4* — визир

Для расчета дифферента и остойчивости на судовой линейке необходимо знать массу и отстояние центров тяжести грузов от киля. Если ц. т. груза не соответствует ц. т. трюма, то нужно знать отстояние ц. т. груза от ц. т. трюма. Судовая расчетная линейка состоит из четырех графиков, нанесенных на двух сторонах корпуса линейки и двух сторонах вкладыша. На одной стороне корпуса нанесены график изменения метацентрической высоты и грузовая шкала судна, на другой стороне — график изменения дифферента. На одной стороне вкладыша размещены графики распределенного веса, дифферента формы, наибольшей метацентрической высоты, коэффициентов k_d и k_{mg}, на другой — номограмма для расчета чистой грузоподъемности и массы рейсовых запасов. Подвижный визир на одной стороне имеет риску (волосок) для снятия отсчетов, на другой — шкалу изменения метацентрической высоты.

Величины d', k_d, mg', k_{mg}, P_j определяют по заданному дедвейту $D_в$. Изменение дифферента от приема какого-либо груза массой P в конкретном грузовом помещении определяют на отдельном графике (см. рис. 70).

При отсутствии судовой расчетной линейки, пользуясь приведенными формулами, для каждого судна можно рассчитать таблицы дифферента формы, максимальной метацентрической высоты, коэффициентов дифферента и остойчивости, изменений дифферента и метацентрической высоты. Положения X и Z принимаются для грузов постоянными для каждого грузового помещения. Отклонения ц. т. грузов от расчетных учитываются методами, изложенными в § 12.2.

§ 12.5. Приборы-вычислители посадки, остойчивости и прочности судов

Все приборы, используемые для вычисления характеристик посадки, остойчивости и прочности судов до выполнения погрузочных работ, предназначены для определения этих элементов после и на основании составленного грузового плана судна, т. е. дают возможность проконтролировать правильность загрузки судна с точки зрения дифферента, остойчивости и общей прочности, а также подобрать распределенный вес отсеков и грузовых помещений. В некоторых случаях при помощи этих приборов можно получить рекомендации для коррек-

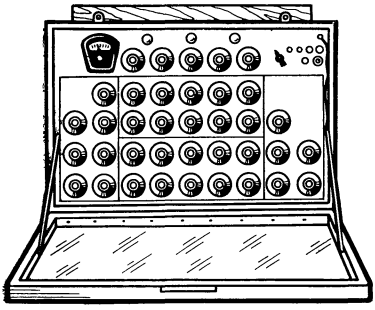


Рис. 72. Прибор контроля прочности и дифферента судна ПКЗС-1

тировки грузового плана судна, однако сам расчет корректировки приходится выполнять отдельно.

Исходными данными для расчета всех приборов являются: масса судна порожнем, массы принимаемых или снимаемых грузов, координаты их центров тяжести и в отдельных случаях поправки на влияние свободных поверхностей жидкостей. В некоторых приборах (например, «Стабилогейдж») центры тяжести грузов условно приняты расположенными в ц. т. грузового помещения, и поэтому требуется дополнительная корректировка полученного результата. Другие приборы требуют предварительного определения положений ц. т. на масштабном чертеже. Существенным недостатком приборов является также то, что они могут быть использованы только для того судна, для которого рассчитаны.

По принципу действия приборы-вычислители разделяются на графомеханические и моделирующие. К графомеханическим относятся приборы остойчивости и дифферента Гансона (Франция, 1951), Благовещенского (ЦНИИМФ, 1955), Козлова (ЦПКБ-1 ММФ, 1956), Павленко (Институт гидрологии и гидротехники АН УССР, 1961), вычислитель напряжений и дифферента Мэррея (Кельвин и Хьюз, Лондон).

Метод моделирования весовой нагрузки с помощью масштабных грузиков использован в приборе остойчивости и дифферента Ральстона (Кельвин и Хьюз, Лондон, 1911); с помощью деформации пружин — прибор остойчивости «Стабилогейдж» (США). Во многих приборах осуществлен принцип моделирования весовой нагрузки с помощью электроаналогии. К их числу относятся: прибор остойчивости и дифферента Кубасова (Оптико-механический институт, Ленинград, 1953); прибор остойчивости Базилевского (ОИИМФ, 1955); прибор дифферента и прочности «Лодикатор» (шведская фирма «Гётаверкен», 1959); прибор остойчивости и дифферента «Сталодикатор» (Гётаверкен, 1959); прибор выбора загрузки судна ПКЗС-1 (Львовский завод «Теплоконтроль», 1960) и прибор выбора загрузки и остойчивости судна ПКЗОС-1С того же завода, 1962. Наибольшее распространение на морском флоте получили приборы типа «Лодикатор» и ПКЗС в различных модификациях.

Прибор ПКЗС-1 (рис. 72) служит для контроля нагрузки, дифферента и прочности судна, основан на принципе электроаналогии и предназначен для крупных судов и танкеров. Прибор ПКЗОС-1 дополнительно дает возможность контролировать остойчивость.

На панели распределения нагрузки изображена схема отсеков судна, расположены ручки, служащие для ввода в прибор значений массы грузов, принимаемых в отсеки. Центр тяжести груза принимается расположенным в ц. т. отсека. Для корректировки положения ц. т.

грузов служат специальные ручки. Для учета влияния свободной поверхности жидкости для каждого большого танка имеется специальная ручка, которая устанавливается в одно из двух положений.

Для определения дедвейта, дифферента, напряжения в связях корпуса и остойчивости имеются четыре отдельные ручки и центральный переключатель для включения гальванометра в соответствующую схему. Схема прибора собрана по принципу электрического моста. После ввода в прибор исходных данных центральным переключателем в соответствующую схему (дедвейта, дифферента, остойчивости или общей прочности) включается гальванометр. Поворотом соответствующей ручки мостик уравновешивается, и на ручке снимается искомый результат.

Отечественные заводы и некоторые иностранные фирмы снабжают строящиеся суда таблицами или номограммами для расчета дифферента. На бланке изображается чертеж судна, под которым помещаются шкалы или таблицы изменения осадки судна носом и кормой от погрузки 100 т груза в заданную точку (рис. 73). Шкалы и таблицы рассчитывают для определенного водоизмещения по формулам:

$$\Delta T_{\text{н}} = \frac{P}{q} + \frac{\Delta d}{2}\,;\quad \Delta T_{\text{к}} = \frac{P}{q} - \frac{\Delta d}{2}\,, \tag{241}$$

где

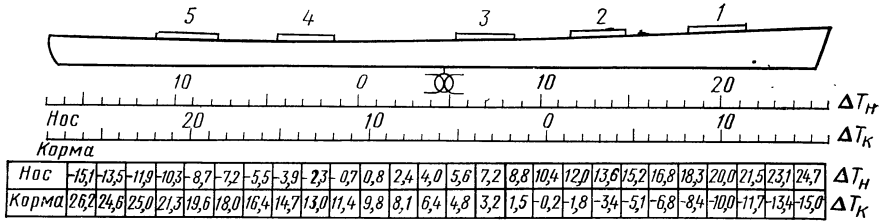
$$\frac{\Delta d}{2} = \frac{P\,(X - X_f)}{mL}\left(\frac{L}{2} - X_f\right); \tag{242}$$

X_f — отстояние центра тяжести действующей ватерлинии от миделя;
X — отстояние ц. т. груза массой P от миделя;
q — число тонн на сантиметр осадки.

Приближенные формулы для определения изменения осадок носом и кормой:

$$\Delta T_{\text{н}} = \frac{P}{q}\left(1 + \frac{B}{14}\,\frac{X}{q}\right);$$
$$\Delta T_{\text{к}} = \frac{P}{q}\left(1 - \frac{B}{14}\,\frac{X}{q}\right). \tag{243}$$

На чертеже судна находят точку центра тяжести груза, от которой проводят вертикаль до шкалы, соответствующей заданному водоизмещению. На шкале или таблице снимают отсчеты изменения осадки



Нос	-15,1	-13,5	-11,9	-10,3	-8,7	-7,2	-5,5	-3,9	2,3	0,7	0,8	2,4	4,0	5,6	7,2	8,8	10,4	12,0	13,6	15,2	16,8	18,3	20,0	21,5	23,1	24,7	$\Delta T_н$
Корма	26,2	24,6	25,0	21,3	19,6	18,0	16,4	14,7	13,0	11,4	9,8	8,1	6,4	4,8	3,2	1,5	-0,2	-1,8	-3,4	-5,1	-6,8	-8,4	-10,0	-11,7	-13,4	-15,0	$\Delta T_к$

Рис. 73. Шкалы и таблицы изменения осадок от приема 100 т груза

носом и кормой со своим знаком. Полученные значения умножают на число сотен тонн груза и прибавляют к первоначальным углублениям носом и кормой. Если водоизмещение судна отличается от фиксированных значений, то следует интерполировать полученные значения. В тех случаях, когда не требуется знать промежуточных состояний судна, изменения осадок выбирают на окончательное водоизмещение для всех нагрузок.

§ 12.6. Анализ загрузки судна

Эксплуатация судна на определенной линии требует проведения анализа загрузки судна в ряде последовательных рейсов для определения оптимальных планов его загрузки на линии. Анализ необходим также для разработки мероприятий по рациональной его загрузке с учетом особенностей его конструкции и мореходных качеств. Исходными данными анализа являются грузовые планы судна и грузовая книга, в которой отражаются данные фактической загрузки. Анализу подвергается удовлетворение грузовых планов критериям рациональной загрузки судна и использование его производственных возможностей.

Предметом анализа являются: распределение грузов по грузовым помещениям, использование грузоподъемности и грузовместимости судна в целом и отдельных его грузовых помещений, величина дифферента и изгибающего момента, запас остойчивости, сохранение местной прочности корпуса и другие показатели.

Показателем равномерности распределения грузов по отсекам может быть процент отклонения от распределенного веса отсеков, вычисленного пропорционально кубатуре отсеков:

$$\Delta = \left(\frac{Q_j}{P_j} - 1 \right) 100\ \%,$$

либо

$$\Delta = \left(\frac{w_c}{\bar{u}_j} - 1 \right) 100\ \%, \qquad (244)$$

где Q_j и $\bar{u}_j$ — суммарное количество и средневзвешенный удельный погрузочный объем грузов в j-м отсеке;

$w_c = \frac{W}{D_ч}$ или $w_c = \frac{W}{\Sigma Q_j}$ — расчетная удельная грузовместимость судна;

$P_j = \frac{W_j}{w_c}$ — распределенный вес отсека, вычисленный пропорционально кубатуре.

Показателем рационального использования грузовместимости помещений может служить коэффициент заполнения грузового помещения

$$\psi_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_{ij} u_i K_{ij}}{W_j}. \qquad (245)$$

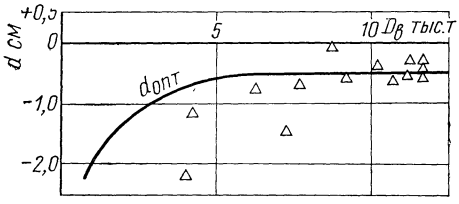


Рис. 74. Диаграмма оптимального дифферента с отчетными показателями

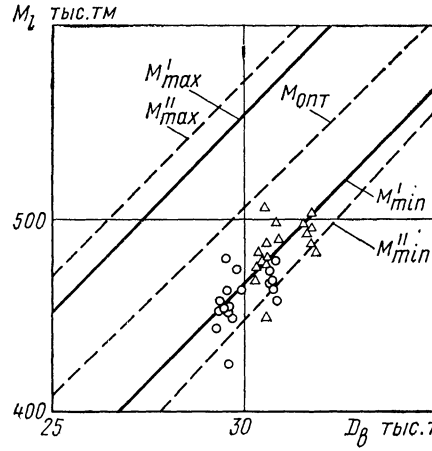


Рис. 75. Диаграмма значений полусумм моментов переменной нагрузки танкера с нанесенными на ней данными фактической загрузки:
M' — с 10% запасов; M'' — с полными запасами

В целом по судну коэффициент заполнения может быть определен по формуле

$$\bar{\psi} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} q_{ij} u_i K_{ij}}{W},$$

$$\text{либо } \bar{\psi} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \psi_j W_j}{W}. \qquad (246)$$

Анализ выполнения рекомендаций относительно дифферента удобно проводить путем нанесения фактических данных на диаграмму дифферентов (рис. 74) или диаграмму рекомендованных величин M_d. Из рис. 74 видно, что в основном дифферент судна находился около оптимальных значений, однако в трех-четырех рейсах он весьма существенно отличался от рекомендованных значений, что не могло не сказаться на скорости и управляемости судна.

Проверку выполнения требований общей прочности судна целесообразно осуществлять путем нанесения точек, характеризующих фактическую загрузку судна на поле диаграммы полусуммы моментов сил дедвейта (рис. 75). Из приведенного рисунка видно, что фактическая загрузка танкера во многих случаях не была удовлетворительной и никогда не была оптимальной с точки зрения изгибающего момента. Судно всегда испытывало повышенный, а иногда и чрезмерный изгибающий момент на подошве волны.

Аналогичным образом можно проанализировать выполнение требований по остойчивости судна. Для этого на диаграмме допустимых моментов переменной нагрузки M_Z (см. рис. 52) откладывают значения фактических моментов переменной нагрузки относительно киля Mh или иной, заданной на диаграмме, плоскости. Превышение величины Mh над величиной M_Z является недопустимым.

Глава 13

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ДЛЯ РАСЧЕТА ГРУЗОВОГО ПЛАНА СУДНА

§ 13.1. Состояние вопроса и принципы решения задачи

Разработка вопросов применения ЭВМ для расчета грузового плана судна проводится ряд лет в ЦНИИМФе и ОИИМФе. Алгоритмы и программы расчета на ЭВМ стандартных грузовых планов сухогрузных и нефтеналивных судов, которые включаются в информационные материалы для капитанов, разработаны и внедрены Ю. Л. Воробьевым и сотрудниками кафедры теории корабля ОИИМФа. Алгоритмы и программы расчета задач составления оперативных грузовых планов разработаны К. З. Махмутовым в ЦНИИМФе.

В соответствии с методикой ЦНИИМФа задача решается в два этапа: сначала рассчитывается оптимальная композиция грузов (списки грузов), а затем составляется грузовой план, удовлетворяющий требованиям норм Регистра и частично эксплуатационным задачам. Критерием оптимальности при подборе грузов в загранплавании принят максимальный инвалютный доход на единицу времени рейса (судо-час) или на один рубль эксплуатационных доходов. В каботажном плавании в качестве критерия оптимальности принят максимум производительности одной тонны грузоподъемности на судо-час.

Блок-схема алгоритма расчета загрузки судна включает следующие этапы: выбор состава совместно перевозимых грузов по физико-химическим свойствам; выбор оптимальной композиции генеральных грузов; распределение принятой весовой нагрузки между отсеками; выбор плана распределения грузов между грузовыми отсеками, минимизирующего стояночное время судна; распределение весовой нагрузки между помещениями по высоте в грузовых отсеках; распределение партий грузов по трюмам и твиндекам; размещение грузов в грузовых помещениях судна; проверка заданного дифферента; проверка допустимой остойчивости; проверка полного использования грузоподъемности и грузовместимости ($\Delta D_ч = 0$, $\Delta W = 0$); вывод результатов на печать — аналитически и графически в виде грузового плана судна.

Принципиальная схема организации решения задачи составления грузовых планов (рис. 76) разработана вычислительным центром Балтийского морского пароходства.

Внедрение в практику машинного способа составления грузовых планов требует создания специальной системы информационного обеспечения этой задачи, работа которой была бы соразмерной по времени с решением самой задачи составления грузовых планов на ЭВМ. По опытным данным вычислительного центра БМП, для составления одного грузового плана судна требуется около часа машинного времени, включая ввод исходных данных. Ручная подготовка исходных данных требует несравненно большего времени и сводит на нет эффект машинного решения задачи. Необходима разработка и внедрение комплексной

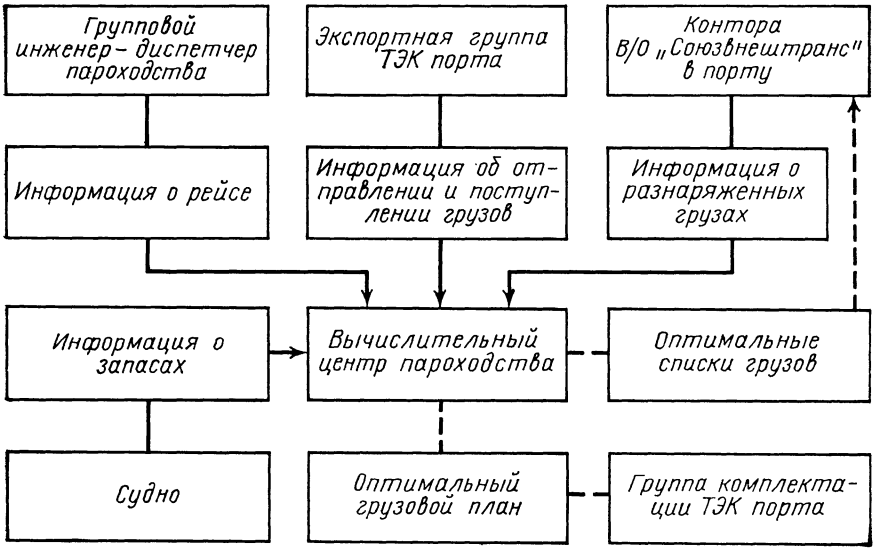


Рис. 76. Схема организации решения задачи составления грузовых планов

автоматизированной системы обработки информации о грузах в порту на основе сети периферийных средств регистрации и передачи исходных данных в ЭВМ. Такая система требует в свою очередь, пересмотра, унификации и стандартизации перевозочных документов и форм учета грузов в порту.

Автоматизированная система информации о грузах должна обеспечить сбор, передачу, накопление, систематизацию, хранение и выдачу по запросу в удобном виде необходимых данных о грузах. В качестве основы такой системы может служить автоматизированная информационная система, разработанная в ОИИМФе.

Требует дальнейшего изучения и совершенствования методика машинного решения задачи составления грузового плана для сухогрузных судов. Методика, разработанная К. З. Махмутовым, наиболее полно охватывает комплекс задач составления грузового плана сухогрузного судна, но громоздка и не обеспечивает полной оптимизации загрузки судна. Методика Ю. Л. Воробьева более простая, но она требует доработки для решения задачи оперативного составления грузовых планов.

§ 13.2. Расчет исходных данных для составления грузового плана судна

В перспективе критериальные условия рациональной загрузки судов должны быть рассчитаны заранее и записаны в запоминающих устройствах вычислительных машин. В настоящее время можно встретить суда, которые не снабжены полным комплектом исходных данных о судне, необходимых для составления грузовых планов. К числу

таких данных в первую очередь относятся величины M_d, M_Z, $M_{\max}$, $M_{\text{опт}}$, $M_{\min}$. Предлагаемая ниже комплексная программа позволяет вычислить эти величины для семи значений D на ЭЦВМ «Проминь-М» по формулам (121), (129), (131), (143), (144), (152). Машина автоматически учитывает необходимое изменение дифферента из условия погружения винта в воду:

$$d_i = 2\,(T_i - T_{\text{к}}) \leqslant d_{\text{зад}}. \tag{247}$$

Нижний предел расчетного водоизмещения $D^{\min}$ целесообразно определять по минимальной осадке судна в балласте по нормам Регистра СССР [22, ч. II, табл. 1.5.3—1]:

$$\frac{L}{32} \leqslant T_{\text{ср}}^{\min} \geqslant \frac{\frac{L}{40} + T_{\text{к}}}{2}, \tag{248}$$

где $T_{\text{к}}$ — осадка кормой, при которой винт погружен по крайней мере на $^3/_4$ диаметра. Верхний предел $D^{\max}$ следует принять равным водоизмещению по летнюю марку. Фиксированный шаг расчетного водоизмещения определится:

$$\Delta D \geqslant \frac{D^{\max} - D^{\min}}{6}.$$

Для упрощения дальнейших расчетов величину ΔD следует округлять до удобной большей величины. Для вычисленных расчетных водоизмещений D_i определяют значения осадки T_i, по которым из гидростатических кривых определяют значения переменных m_i, X_{ci}, Z_{mi}, δ_i, а на чертеже судна — L_i.

Запись исходных данных (переменные—в порядке убывания D) в память машины

$D_0 \to 01$	$0{,}61 \cdot 10^{-2} \to 11$	$m_i \to 26 \div 32$
$D_{\text{л}} \to 02$	$0{,}175 \cdot 10^{-2} \to 12$	$X_i \to 33 \div 39$
$\Delta D \to 03$	$0{,}315 \cdot 10^{-1} \to 13$	$Z_i \to 40 \div 46$
$L \to 04$	$0{,}895 \cdot 10^{-1} \to 14$	$\delta_i \to 47 \div 53$
$B \to 05$	$K_1^{\text{п}} \to 15$	$L_i \to 54 \div 60$
$T_{\text{к}} \to 06$	$K_1^{\text{в}} \to 16$	19А→61
$X_0 \to 07$	$K_0 \to 17$	26А→62
$Z_0 \to 08$	$2{,}3 \to 18$	33А→63
$d_{\text{зад}} \to 09$	$T_i \to 19 \div 25$	40А→64
$h_{\text{зад}} \to 10$		47А→65
		54А→66

Машина выдает в печать следующие данные: 025001 — d; 033001 — M_d; 035001 — D; 060001 — $mg_{\max}$; 065001 — $M_Z^{\max}$; 069001 — $M_Z^{\text{зад}}$; 073001 — $M_Z^{\min}$; 075001 — D; 093001 — M_0; 101001 — $\Delta M_{\max}$; 105001 — $\Delta M_{\min}$; 110001 — $\Delta M_{\text{опт}}$; 120001 — $M_{\text{с}} - M_0$; 123001 — $M_{\max}$; 126001 — $M_{\text{опт}}$; 129001 — $M_{\min}$; 131001 — D. При раздельном расчете на машине любой марки следует: для M_d — записать данные в ячейки 01 — 03; 06; 07; 09; 19 — 39; 61 — 64, команду 48 заменить на ост 00; для M_Z — записать данные в ячейки 01 — 03; 05; 08; 10; 11; 40 — 46; 64; 65, команду 00 заменить на бп 48, а команду 82 —

00	чт	02	36	зп	67	71	выч 2	71	106	чт 2	65
01	зп	67	37	чт	68	72	ост	01	107	ум	12
02	чт	61	38	сл Ф	90	73	чт	67	108	ум	71
03	зп	68	39	зп	68	74	ост	01	109	ост	01
04	чт	62	40	чт	69	75	выч	03	110	зп	74
05	зп	69	41	сл Ф	90	76	зп	67	111	чт 2	68
06	чт	63	42	зп	69	77	чт	68	112	ум	14
07	зп	70	43	чт	70	78	сл Ф	90	113	сл	13
08	чт	09	44	сл Ф	90	79	зп	68	114	ум	67
09	зп	71	45	зп	70	80	выч Ф	65	115	зп	75
10	чт	01	46	выч Ф	64	81	уп 1	60	116	чт 2	69
11	ум	07	47	уп 1	17	82	чт	02	117	ум	75
12	зп	72	48	чт	02	83	зп	67	118	выч	70
13	чт	09	49	зп	67	84	чт	65	119	ост	01
14	ум	88	50	чт	64	85	зп	68	120	зп	75
15	сл	06	51	зп	68	86	чт	66	121	сл	72
16	зп	73	52	чт	01	87	зп	69	122	ост	01
17	чт 2	68	53	ум	08	88	чт	01	123	чт	75
18	выч 2	73	54	зп	69	89	ум	17	124	сл	74
19	уп 1	25	55	чт	05	90	ум	04	125	ост	01
20	чт 2	68	56	ум	05	91	зп	70	126	чт	75
21	выч	06	57	ум	11	92	ост	01	127	выч	73
22	ум	87	58	зп	70	93	чт	04	128	ост	01
23	зп	71	59	ост	01	94	ln	—	129	чт	67
24	ост	01	60	чт 2	68	95	ум	18	130	ост	01
25	чт 2	70	61	ум	67	96	exp	—	131	выч	03
26	ум	67	62	выч	69	97	зп	05	132	зп	67
27	зп	74	63	зп	71	98	зп	71	133	чт	69
28	чт 2	69	64	ост	01	99	ум	16	134	сл Ф	90
29	ум	71	65	чт	10	100	ост	01	135	зп	69
30	сл	74	66	ум	67	101	зп	72	136	чт	68
31	выч	72	67	выч 2	71	102	чт	71	137	сл Ф	90
32	ост	01	68	ост	01	103	ум	15	138	зп	68
33	чт	67	69	чт	70	104	ост	01	139	выч Ф	66
34	ост	01	70	ум	67	105	зп	73	140	уп 1	111
35	выч	03							141	ост	00

на ост 00; для $M_{опт}$ — записать данные в ячейки 01 — 05, 12 — 18, 47 — 60, 65, 67, перенумеровать команды 82—141 начиная с 00 до 59, команду 140 (58) заменить на уп. 1 29 либо только заменить команду 00 на бп 1 82.

§ 13.3. Распределение весовой нагрузки и грузов по грузовым помещениям

Расчет распределенного веса отсеков судна, имеющего более трех отсеков, рекомендуется проводить методом последовательного улучшения плана, блок-схема которого приведена на рис. 77. Опорный план рассчитывается методом оптимального дифферента. Алгоритм решения задачи описан в § 11.3.

Для решения задачи распределения грузов между отсеками с целью выравнивания люковой неравномерностии может быть использована следующая схема расчетов: рассчитать суммарное время, необходимое для переработки всех грузов одной технологической линией, и по фор-

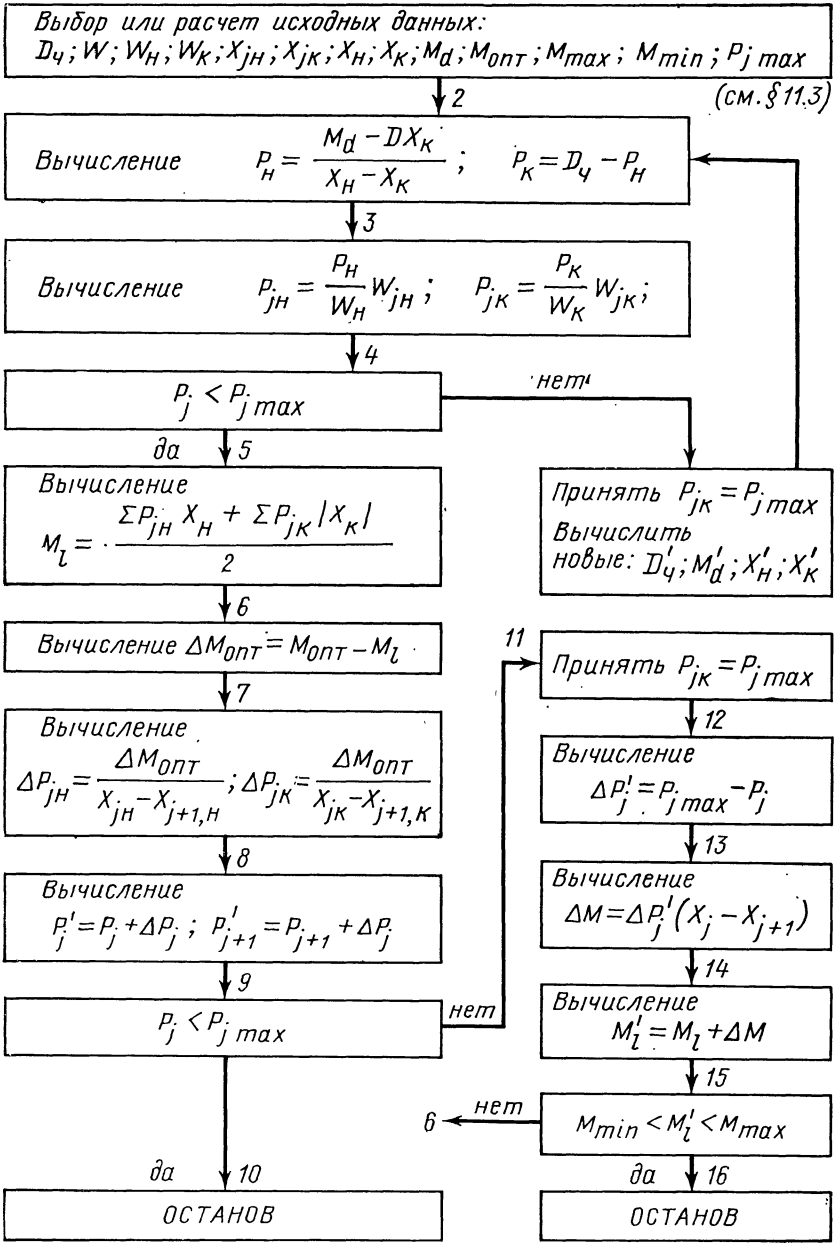


Рис. 77. Блок-схема решения задачи распределенного веса отсеков

муле (159) определить среднее время грузовых работ на отсеке; вычислить среднюю величину затраты времени на переработку одной тонны груза в отсеке $c_j = \frac{t}{P_j}$; вычислить для каждого груза в каждом отсеке величины $\Delta c_{ij} = c_i - c_j$ и $\Delta u_{ij} = u_i - \omega_j$; найти для каждого отсека три груза, дающие положительное решение уравнения (161). При невозможности положительного решения задачи следует искать минимум отклонения от величины t.

Можно использовать следующую схему расчета: расположить отсеки в порядке убывания распределенного веса, а грузы — в порядке убывания нормы времени; выбрать для первого отсека два груза — тяжелый и легкий с наибольшими значениями c и решить задачу по формулам (194); если фактическое количество какого-либо груза меньше расчетного — принять его полностью, откорректировать P_j и W_j, подобрать новый груз и выполнить расчет для новых P_j и W_j; по укомплектовании первого отсека перейти к следующему и т. д., повторяя расчеты в указанном порядке.

Схема расчета распределения грузов на судне с использованием матричного способа изложена в § 11.6. Задача может иметь три случая: $K_и > 1$; $K_и = 1$; $K_и < 1$. В первом случае, когда грузоподъемность судна используется не полностью из-за отсутствия тяжелых грузов, следует искать возможность увеличения использования грузоподъемности за счет более плотной укладки грузов. Задача составления грузового плана судна в этом случае описывается следующей математической моделью. Пусть имеется n наименований легких грузов, в количестве Q_i каждый, которые необходимо распределить по m грузовым помещениям, грузовместимость которых задана W_j.

Целевая функция — максимальное использование грузоподъемности судна [формула (174)]. При этом необходимо выполнить условия, описанные уравнениями (165) — (171).

На первом этапе задача решается обычным путем, как изложено в § 11.6. Получив опорный план, приступают к улучшению плана загрузки судна. Задача сводится к отысканию двух грузов с минимальной разностью удельных объемов, для которых справедливо условие

$$K_{01} K_{02} - K_{к1} K_{к2} > 0, \tag{249}$$

где K_0 и $K_к$ — коэффициенты трюмной укладки грузов в грузовых помещениях, откуда «о» и куда «к» они перемещаются. Найдя такие грузы, перемещают сначала тот, у которого меньший объем (например, q_1). Определяют объем, который займет этот груз в другом помещении ($q_1 u_{к1}$), затем переносимое количество второго груза:

$$q_2' = \frac{q_1 u_{к1}}{u_{02}}. \tag{250}$$

Проверяют, не будет ли нарушено условие (170). Если да, то переносят только часть груза q_1, не приводящую к нарушению этого условия. Вычисляют кубатуру, освободившуюся в помещении, откуда перенесли первый и куда перенесли второй грузы:

$$\Delta W = q_1 u_{01} - q_2' u_{к2}. \tag{251}$$

Подбирают подходящий для размещения в этом помещении дополнительный груз и определяют его количество:

$$q_{\text{доп}} = \frac{\Delta W}{u_{\text{доп}}}. \tag{252}$$

Перемещение грузов и принятие дополнительного груза вызовет изменения величин D_i, M_d, $M_{\text{опт}}$, M_X, M_l, поэтому следует проверить, насколько эти изменения удовлетворяют критериям рациональной загрузки, и если нет, то провести корректировочные расчеты или подыскать новую пару грузов, которая компенсировала бы эти отклонения.

Задача составления грузового плана при наличии в основном тяжелых грузов ($K_{\text{и}} < 1$) несколько упрощается, так как не требуется полного использования грузовместимости всех помещений. Здесь теряет смысл уравнение (165) и остается в силе неравенство (171), что дает возможность более свободно распределять грузы по грузовым помещениям. Может быть принята следующая схема расчета. Сначала вычисляются распределенные веса и значения удельной грузовместимости отсеков и помещений. Распределение начинают с наиболее легких грузов, которые размещают (при соблюдении других ограничений) в отсеках или помещениях с наибольшими величинами удельной грузовместимости.

Если $u_{ij} < \omega_j$ и $Q_i > P_j$, то принимают $q_{ij} = P_j$. Если при этом $Q_i < P_j$, то принимают $q_{ij} = Q_i$, а оставшуюся часть распределенного веса $\Delta P = P_j - Q_i$ занимают следующим грузом. Если $u_{ij} > \omega_j$, то либо находят подходящий тяжелый груз ($u_{i+n} < \omega_j$) и решают уравнения (194), либо подбирают другой груз, у которого $u_{ij} < \omega_j$ и $\omega_i - u_{ij} \to 0$.

Алгоритм решения задачи распределения грузов при условии $K_{\text{и}} = 1$, т. е. когда полностью используется и грузоподъемность и грузовместимость, описан в § 11.6.

§ 13.4. Алгоритмы корректировочных задач

К корректировочным задачам относятся: исправление дифферента, остойчивости и изгибающего момента. Для решения задачи исправления дифферента необходимо иметь данные: ΔM_d, $M_{\max}$, $M_{\min}$, $M_{\text{опт}}$, u_{ij}, q_{ij}, X_{ij}, M_l. Сначала определяют, как возможно или целесообразно изменить величину M_l.

Если M_l близка к $M_{\text{опт}}$, то следует искать взаимозаменяемые грузы по обе стороны от миделя, примерно на одинаковом расстоянии от него. Если таких грузов нет, то ищут две пары грузов, каждая из которых расположена по разные стороны от миделя, и они могут дать желаемое направление изменения дифферента. Если нет таких пар, то ищут две пары грузов, каждая из которых расположена раздельно в носовой и кормовой частях судна.

Если $M_l < M_{\text{опт}}$, то нагрузка должна быть смещена в сторону от миделя. Если при этом $\Delta M_d > 0$, то ищут грузы в носовой части судна, удовлетворяющие условию $K_{\text{л}} > K_{\text{т}}$. При $\Delta M_d < 0$ ищут грузы,

удовлетворяющие условию $K_л > K_т$, в кормовой части судна. Если $M_l > M_{опт}$, ищут грузы, удовлетворяющие условию $K_л < K_т$, в кормовой части, если $\Delta M_d > 0$, и в носовой части, если $\Delta M_d < 0$.

Дальнейшее решение зависит от соотношения разностей удельных погрузочных объемов выбранных грузов. Сначала для выбранных отсеков определяют величину P по формуле (219). Если соблюдается условие (223), то количество переносимых грузов определяют по формуле (224). Если имеет место условие (227), то расчет ведут по формуле (228).

В случае двойного переноса величина ΔM_d делится примерно пополам либо пропорционально величинам плечей переноса $l_п$. Во всех случаях проверяется соблюдение условия (170). Если оно нарушается, то принимают допустимую величину переноса, а для остатка подбирают новую пару грузов.

Задача исправления метацентрической высоты значительно проще, чем предыдущая, так как не имеет дополнительных ограничений. Если $\Delta M_Z < 0$, то в твиндеке ищут тяжелый, а в трюме того же отсека — легкий грузы, удовлетворяющие условию (222), и далее решают задачу аналогично указанному выше.

Задача изменения изгибающего момента в чистом виде ($\Delta M_d = 0$) сводится к отысканию двух пар грузов, расположенных раздельно по обе стороны миделя. Сначала находят величину $\Delta M_l = M_{опт} - M_l$. Далее, если $\Delta M_l < 0$, ищут пары грузов в носовой и кормовой частях судна раздельно, удовлетворяющие условию $K_л < K_т$ или условию $K_л > K_т$, если $\Delta M_l > 0$. Дальнейшее решение производится по формулам (223) и (224) или (227) и (228), в которых переносимая нагрузка принимается равной

$$P = \frac{\Delta M_l}{l_п}. \tag{253}$$

На основании описанных схем решения задач составления грузового плана могут быть составлены программы для ЭВМ.

Глава 14

ПОРТОВЫЕ СКЛАДЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

§ 14.1. Виды и устройство складов

Склады различают по месту их расположения на территории порта, по условиям хранения грузов, устройству и конструкции сооружения, назначению, строительному материалу. В зависимости от места расположения различают склады прикордонные и тыловые. Прикордонные склады используют для краткосрочного хранения грузов, предназначенных для первоочередной отправки. Емкость таких складов обычно соответствует грузоподъемности судна, обрабатываемого

у причала, на котором склад расположен. Тыловые склады используют под грузы более длительного хранения.

По условиям хранения грузов портовые склады делятся на открытые, закрытые склады и навесы. Открытые складские площадки могут иметь различное покрытие. Естественные грунтовые площадки для складирования грузов устраивают на твердых почвах с низким уровнем грунтовых вод путем нивелировки и утрамбовки поверхности грунта. Хранить навалочные грузы на таких площадках не рекомендуется. Деревянные открытые площадки еще сохраняются в некоторых портах (например, в Архангельске), где дерево является самым доступным и дешевым строительным материалом. Каменные площадки предназначаются для различных грузов и позволяют использовать легкие грейферы и другие самозахватные приспособления.

Более совершенными являются бетонные площадки, на которых можно складировать любые грузы и использовать любые перегрузочные механизмы и транспортные средства. Еще более совершенны асфальтобетонные покрытия, которые наиболее устойчивы против износа и лучше защищают груз от влаги. В тех случаях, когда территория порта подвергается затоплению ливневыми или полыми водами либо грунтовые воды залегают высоко, площадки для грузов поднимают над грунтом, обычно до уровня пола железнодорожного вагона.

Для временного хранения грузов, которые боятся подмочки и действия прямых солнечных лучей (гигроскопические грузы, цемент, бумага, краски), над открытыми площадками сооружают навесы из дерева, металла, пластмассы. Стационарные навесы устраивают обычно над возвышенными площадками. Разборные навесы состоят из отдельных секций крыши и стеллажей. Их устанавливают в любом месте непосредственно на грузе. Передвижные разборные навесы очень удобны тем, что они при производстве перегрузочных работ убираются и не мешают перегрузке груза основными механизмами (кранами). С развитием химической промышленности возрастают возможности применения для переносных разборных навесов пластических масс. Перспективы также пневмокаркасные конструкции навесов и временных складов для режимных грузов, которые в настоящее время нашли практическое применение в других отраслях народного хозяйства.

Закрытые склады предназначены для хранения грузов, которые боятся атмосферных осадков и вредного воздействия внешней среды или требуют соблюдения определенных режимов хранения — температурно-влажностных, вентиляционных, противопожарных и т. п. В зависимости от степени обеспечения температурного режима склады бывают отапливаемые и неотапливаемые. В отапливаемых складах можно более полно обеспечить требуемые режимы хранения. Степень обеспеченности температурно-влажностных режимов в неотапливаемых складах в основном зависит от конструкции и материала их ограждений. По конструкции склады различают в зависимости от количества этажей, планировки главных проездов, расположения опорных колонн, наличия специального оборудования — лифтов, противопожарных средств, средств вентиляции. В соответствии с нормами технологического проектирования емкость крытых складов для штучных грузов

должна составлять примерно 60—90% общей емкости складов порта, а для металлов, металлоизделий и оборудования — 5—25%.

По своему назначению склады делятся на общие (универсальные) и специальные. В складах общего назначения могут храниться разнообразные генеральные грузы. В складах специального назначения хранятся грузы особорежимные и массовые. Как правило, склады специального назначения (нефтебазы, элеваторы, холодильники) не находятся в ведении порта. Порт располагает главным образом складами общего назначения, которые в зависимости от номенклатуры и направлений грузопотоков специализируются по переработке определенных видов грузов.

В зависимости от использованного строительного материала склады бывают деревянные, металлические, каменные и железобетонные. Деревянные склады обычно имеют один этаж. Металлические склады собирают из гофрированного железа на металлическом каркасе. Их полезная площадь составляет 1,4—2 тыс. м². В большинстве случаев в портах строят одноэтажные и многоэтажные каменные и железобетонные склады. Полезная площадь проектируемых и построенных в последнее время одноэтажных складов составляет около 5 — 10 тыс. м², четырехэтажных — 15—25 тыс. м².

По нормам технологического проектирования морских портов в общем случае высота одноэтажных складов и первых этажей многоэтажных складов от пола до низа несущих конструкций покрытия должна быть не менее 6 м, высота остальных этажей — не менее 4,5 м. Длина отсека склада — не менее 48 м. Ширина дверных проемов установлена в среднем 5 м, высота — 4,2 м для верхних этажей, 5,4 м — для первых. Для удобства перегрузочных работ и обработки грузов портовые склады имеют, как правило, большое число дверных проемов, расположенных друг против друга и обращенных к причалу и тыловой площадке склада.

§ 14.2. Основы организации работы складов

Назначение складов порта — временное хранение грузов с момента их прибытия до отгрузки на судно или другой вид транспорта. Средний срок хранения грузов в морских портах зависит от вида сообщений, рода груза и других причин. Закономерными являются следующие особенности: грузы, идущие с суши на море, задерживаются в портах дольше, чем прибывающие с моря; срок хранения в портах грузов, перевозимых крупными партиями, меньше, чем мелкопартионных грузов; грузы экспортные, импортные и большого каботажа задерживаются в портах больше, чем грузы малого каботажа; срок хранения транзитных грузов больше, чем местных; чем выше форма организации работы флота (линейное плавание, работа по расписанию), тем меньше срок хранения грузов в портах. Всемерное сокращение сроков хранения грузов в портовых складах — важная народнохозяйственная и транспортная задача.

При решении задачи рационального использования складов необходимо учитывать техническую оснащенность порта, рациональную

технологию перегрузки, себестоимость переработки груза в порту. Все это приводит к необходимости разработки специализации причалов и складов порта, которая позволяет рационально использовать все ресурсы порта.

Специализация складов тесно связана со специализацией порта в целом, специализацией отдельных его районов и причалов. Основными критериями специализации складов являются: рациональное использование складов, повышение сохранности грузов, ускорение погрузочно-разгрузочных работ при сокращении себестоимости переработки грузов, сокращение объема внутрипортовых перемещений грузов.

Основными принципами специализации складов являются: специализация по роду груза, виду плавания и направления грузопотоков (с моря, с суши) и по направлениям перевозок. Когда груз идет большими партиями или обладает весьма специфическими свойствами, целесообразно специализировать склады по роду груза. Практикой уже закреплена специализация причалов и складов по обработке массовых грузов со специфическими свойствами. Существуют отдельные причалы и районы по переработке таких грузов, как нефтепродукты и другие наливные грузы, навалочные грузы (с подразделениями их по видам), насыпные, лесные, опасные, скоропортящиеся, грузы, подлежащие ветсаннадзору. Целесообразна специализация по роду груза причалов и складов при переработке сахара-сырца, цемента, каучука, комплектного оборудования, идущих большими партиями в течение длительного времени.

В порту целесообразно специализировать отдельные причалы и прилегающие к ним склады, а также целые районы или отдельные группы причалов на переработке раздельно экспортных, импортных и каботажных грузов. Специализация складов по направлениям перевозок целесообразна при возможости совмещения грузов в одном складе и рациональном использовании емкости склада. В остальных случаях специализация складов должна быть подчинена требованиям максимального использования складских емкостей, сокращения сроков обработки судов и затрат на переработку грузов.

Рациональность принятого плана специализации причалов и складов определяется: максимумом грузооборота причалов и складов; минимумом производительности труда; минимумом объема внутрипортовых перемещений груза (по затратам труда и портовых мощностей); минимумом стояночного времени судов.

При складировании грузов в порту должны быть сооблюдены условия обеспечения сохранности грузов при хранении и производстве перегрузочных операций; быстроты и удобства перегрузочных работ; рационального использования складской емкости; обеспечения требований техники безопасности.

Сохранность груза обеспечивается соблюдением правил укладки и хранения грузов.

Комплектовать и штабелировать грузы на складе необходимо в соответствии с их физико-химическими свойствами, партионностью и техническими характеристиками склада.

§ 14.3. Показатели работы складов

Для планирования работы портовых складов необходима четкая и полная система показателей. В табл. 20 приведены система и расчетные формулы показателей работы портовых складов.

Полезной площадью крытого склада называется строительная площадь склада за вычетом площадей, занятых строительными конструкциями, служебными помещениями и стационарным оборудованием. Полезная площадь открытых складов равна общей площади выделенного под склад участка территории за вычетом площади, занятой железнодорожными и подкрановыми путями, портовыми автодорогами и стационарным оборудованием. Полезная площадь включает в себя площадь, непосредственно занятую грузом $F_г$, площадь, отведенную для проезда и маневрирования средств складской механизации $F_{пр}$, разрывов между штабелями груза $F_{раз}$, проходов между штабелями груза и стенами складов $F_{прох}$, необходимых для обеспечения сохранности, удобства коммерческой обработки грузов и организации противопожарных мероприятий. Отношение используемой под груз площади $F_г$ к полезной площади склада $F_{пол}$ называется *коэффициентом использования полезной площади* склада K_f.

Размеры и площадь проездов зависят от планировки склада и применяемой механизации и могут быть в течение определенного периода времени постоянными. В этом случае разность между полезной площадью и площадью проездов, которую назовем *площадью штабелирования*, также постоянна. В ряде таких случаев может оказаться целесообразным для анализа и планирования загрузки склада вычислять отдельно коэффициент площади проездов и коэффициент использования площади штабелирования склада. Величина коэффициента использования площади штабелирования зависит главным образом от рода и партионности груза.

Зная коэффициент площади проездов $K_{пр}$ и средневзвешенный коэффициент использования площади штабелирования $K_{fш}$, можно вычислить коэффициент использования полезной площади склада по формуле

$$K_f = \frac{F_г}{F_{пол}} = (1 - K_{пр}) K_{fш}. \qquad (254)$$

При планировании загрузки склада для вычисления средневзвешенных показателей удобно пользоваться отношением количества данного груза к общему количеству грузов (*доля груза*).

Различают четыре вида нагрузки на 1 м² площади склада, занятой грузом: техническую, удельную, эксплуатационную и фактическую. *Техническая норма нагрузки склада* $p_т$ зависит от конструкции склада и указывается в техническом паспорте. *Удельная норма нагрузки штабеля* $p_у$ (т/м²) зависит от свойств груза и устанавливается в зависимости от допустимой высоты штабелирования груза $H_{доп}$ по формуле

$$p_у = \frac{H_{доп}}{u}, \qquad (255)$$

где u — удельный складочный (погрузочный) объем груза, м³/т.

Таблица 20

Показатели	Размерность	Технические нормы	Плановые (расчетные) данные	Отчетные данные
Полезная площадь склада	м²	$F_{\text{пол}}$	$F_{\text{пол}}$	$F_{\text{пол}}$
Площадь, занятая грузом	»	$F_{\text{г}} = F_{\text{пол}} K_f$	$F_{\text{г}} = F_{\text{пол}} K_f$	$F_{\text{го}} = \sum \frac{P_{\text{ср}i}}{p_i}$
Коэффициент использования полезной площади	—	$K_{f\text{т}}$	$K_{f\text{п}}$; $K_{f\text{п}} = \frac{\overline{p}_{\text{в}}}{\overline{p}_{\text{э}}}$	$K_f = \frac{F_{\text{го}}}{F_{\text{пол}}}$
Доля груза	—	—	$a_i = \frac{Q_i}{\Sigma Q_i}$	$a_i = \frac{Q_i}{\Sigma Q_i}$
Нагрузка	т/м²	$p_{\text{т}}$	$p_{\text{т}} \geqslant p_{\text{э}} \leqslant p_{\text{у}}$; $\overline{p}_{\text{э}} = \frac{1}{\sum \frac{a_i}{p_{\text{э}i}}}$	$\overline{p}_0 = \frac{\Sigma P_{\text{ср}\,i}}{F_{\text{го}}}$
Валовая нагрузка	»	$p_{\text{в.т}} = p_{\text{т}} K_{f\text{т}}$	$p_{\text{в.т}} = K_{f\text{п}}$; $\overline{p}_{\text{в.п}} = \frac{1}{\sum \frac{a_i}{p_{\text{э}i} K_{fi}}}$	$p_{\text{в.о}} = \frac{\Sigma P_{\text{ср}\,i}}{F_{\text{пол}}}$
Коэффициент использования технической нормы нагрузки	—	—	$\rho_{\text{п}} = \frac{p_{\text{э}}}{p_{\text{т}}}$	$\rho_0 = \frac{p_0}{p_{\text{т}}}$
Емкость склада	т	$E_{\text{т}} = F_{\text{пол}} p_{\text{в.т}}$	$E_{\text{п}} = F_{\text{пол}} \overline{p}_{\text{в.п}} = E_{\text{т}} \rho_{\text{п}}$	—
Коэффициент неравномерности загрузки склада во времени	—	—	K_E; $\overline{K}_E = \Sigma a_i K_{Ei}$	$K_E = \frac{P_{\max}}{P_{\text{ср}}}$
Коэффициент использования емкости склада	—	—	$\alpha_{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{п}}}{K_E} \cdot \frac{K_{f\text{п}}}{K_{f\text{т}}}$; $\overline{\alpha}_{\text{п}} = \Sigma a_i \alpha_i$	$\alpha_0 = \frac{P_{\text{ср}}}{E_{\text{т}}} = \frac{\Sigma qt}{E_{\text{т}} T}$

Средняя загрузка склада	т	—	$P_{\text{п}} = \frac{E_{\text{п}}}{K_{\text{E}}} = E_{\text{т}} \bar{\alpha}_{\text{п}}$	$P_{\text{ср}} = \frac{\Sigma qt}{T}$
Средний срок хранения	сут	$t_{\text{хр}}$	$t_{\text{хр}}$; $\bar{t}_{\text{хр}} = \Sigma a_i \, t_{\text{хр}i}$	$t_{\text{хр}} = \frac{\Sigma qt}{\Sigma q_{\text{пр}}}$
Сменность груза	—	$\beta = \frac{T}{t_{\text{хр}}}$	$\beta_{\text{п}} = \frac{T}{t_{\text{хр}}}$; $\bar{\beta} = \Sigma a_i \, \beta_i$	$\beta_0 = \frac{T}{t_{\text{хр}}}$
Оборачиваемость склада	—	$n = \beta$	$n_{\text{п}} = \frac{\beta_{\text{п}}}{K_E}$	$n = \frac{Q_0}{E_{\text{т}}}$
Пропускная способность склада .	т	$П_{\text{т}} = E_{\text{т}} \beta$	$П_{\text{п}} = E_{\text{п}} \beta_{\text{п}}$	—
Удельная суточная пропускная способность	т/м²·сут	$П_{\text{т}} = \frac{p_{\text{вт}}}{t_{\text{хр}}}$	$П = \frac{p_{\text{в.п}}}{t_{\text{хр}}}$	—
Грузооборот склада	т	—	$Q_{\text{п}} = E_{\text{п}} n_{\text{п}}$; $Q_{\text{п}} = \alpha \beta E_{\text{т}}$; $Q_{\text{п}} = P_{\text{п}} \beta$	$Q_0 = \Sigma q_{\text{пр}}$
Удельный суточный грузооборот .	т/м²·сут	—	$q_{\text{п}} = \frac{p_{\text{э}} K_f}{t_{\text{хр}} K_E}$	$\bar{q}_0 = \frac{Q_0}{F_{\text{пол}} T}$
Удельная складоемкость груза . .	м²·сут/т	—	$c_{\text{п}} = \frac{t_{\text{хр}} K_E}{p_{\text{э}} K_f}$	$c_0 = \frac{F_{\text{пол}} T}{Q_0}$
Коэффициент использования пропускной способности склада	—	—	$\nu = \frac{Q_{\text{п}}}{П_{\text{т}}} = \alpha_{\text{п}}$	$\nu = \frac{Q_0}{F_{\text{пол}}}$
Интенсивность использования (грузонапряженность) полезной площади	т/м²	—	$\gamma = \frac{Q_{\text{п}}}{F_{\text{пол}}} = p_{\text{э}} \beta \frac{K_f}{K_E}$	$\gamma = \frac{Q_0}{F_{\text{пол}}}$

Эксплуатационная нагрузка $p_э$ — это максимально допустимая нагрузка, которую может создать данный груз в данном складе при условии выполнения всех ограничительных требований. Эксплуатационная нагрузка равна меньшей из двух — технической или удельной — и определяется неравенством

$$p_у \geqslant p_э \leqslant p_т. \tag{256}$$

Фактическая нагрузка $p_ф$ — это та, которую в действительности создает груз в складе при данном способе штабелирования. При планировании загрузки склада удобно пользоваться *валовой нагрузкой* $p_в$, которой называется средняя нагрузка на 1 м² полезной площади склада.

Коэффициентом использования технической нормы нагрузки называется отношение эксплуатационной (либо фактической) нагрузки к технической норме нагрузки склада.

Емкостью склада называется количество груза (в тоннах или кубометрах), которое может вместить единовременно данный склад. Различают *техническую емкость* склада, т. е. предельное количество груза, которое может вместить данный склад, и *плановую емкость* склада, которая зависит от рода груза и использования технической нормы нагрузки.

Коэффициент неравномерности загрузки склада во времени K_E характеризует частичный недогруз склада в некоторые периоды из-за временного отсутствия грузов и принимается при планировании либо по Нормам технологического проектирования морских портов, либо по отчетным данным как отношение максимального количества грузов P_{max}, хранившихся единовременно на складе, к средней загрузке склада за отчетный период. При этом $P_{max} \geqslant E_т$. *Средняя загрузка склада* $P_{ср}$ есть то количество груза, которое хранилось в складе в среднем за отчетный (планируемый) период.

Синтезирующим показателем загрузки склада является *коэффициент использования емкости склада* α, который учитывает неравномерность загрузки склада во времени и степень использования технической нормы нагрузки.

Средний срок хранения груза $t_{хр}$ различают нормативный и отчетный. Средний срок хранения грузов и коэффициент неравномерности загрузки складов зависят от формы организации транспортного процесса и с течением времени изменяются, поэтому при планировании работы складов следует применять значения $t_{хр}$ и K_E, соответствующие уровню организации транспортного процесса на данный период времени.

Сменностью груза β называется показатель, характеризующий численно, сколько раз груз теоретически может смениться в складе за определенный промежуток времени. Зависит он от срока хранения груза. *Оборачиваемостью склада* n называется показатель, характеризующий реальную сменность груза. Сменность груза есть потенциальная оборачиваемость склада. Чем ближе оборачиваемость склада к сменности груза, тем лучше используется емкость склада.

Пропускной способностью склада называется максимальное количество груза, которое может пройти через склад за определенный промежуток времени (год, навигацию, месяц, сутки). *Пропускная способность склада техническая* равна произведению технической емкости на сменность груза. *Пропускная способность склада плановая* зависит от рода груза и вида сообщений и определяется произведением плановой емкости на сменность груза.

Грузооборотом склада Q называется то количество груза, которое может реально пройти или прошло через склад за данный период. Грузооборот склада зависит от емкости склада, рода груза, его срока хранения, эксплуатационной нагрузки, способа штабелирования, вида сообщения и определяется произведением емкости склада на плановую оборачиваемость. *Удельный суточный грузооборот* $q_{сут}$ характеризует, какое количество данного груза может пройти через 1 м² полезной площади склада за сутки.

Удельной складоемкостью груза с называется показатель, характеризующий комплексный объем работы склада в квадратных метрах в сутки, приходящийся на 1 т груза.

Коэффициент использования пропускной способности склада η является синтезирующим показателем работы склада за отчетный период.

§ 14.4. Режимы работы складов

Режим работы портового склада зависит от формы организации транспортного и перегрузочного процессов, рода груза, назначения и специализации склада. Работу склада можно изобразить графически в виде кривых поступления и отправления груза либо кривых наличия груза на складе (рис. 78).

Объем работы склада, выраженный в тонно-сутках хранения груза, на приведенных рисунках определится площадью фигуры, ограниченной линиями поступления и отправления груза (на рисунках эта площадь заштрихована). Можно показать, что для любого из приведенных вариантов применима общая формула для определения среднего срока хранения

$$t_{хр} = \frac{t_о + t_з}{2}, \tag{257}$$

где $t_о$ — время ожидания начала отправления груза с момента начала его поступления;

$t_з$ — время задержки конца отправления груза от конца его поступления, которое определяется по формуле

$$t_з = t_о + Q\left(\frac{1}{\alpha_j q_о} - \frac{1}{\alpha_i q_п}\right) + t'_з - t'_о; \tag{258}$$

здесь $\alpha_i = \frac{t_i}{t_i + t_з}$ — коэффициент сгущения поступления груза;

t_i — время поступления груза за период цикла $\tau_i = t_i + t'_з$;

$t'_з$ — интервал между поступлениями груза;
$q_п$ — интенсивность поступления груза;
$\alpha_j = \frac{t_j}{t_j + t'_o}$ — коэффициент сгущения отправления груза;
t_j — время отправления груза за период цикла $\tau_j = t'_j + t'_o$;
t'_o — интервал между отправлениями груза;
q_o — интенсивность отправления груза.

Для равномерно-цикличных и циклично-равномерных режимов работы склада, когда в среднем количество отправляемого груза равно количеству поступающего, величина $\left(\frac{1}{\alpha_j q_o} - \frac{1}{\alpha_i q_п}\right)$ равна нулю, поэтому для расчета берутся только элементы циклов. Время задержки определится по формуле

$$t_з = t_o + t'_з - t'_o, \tag{259}$$

а средний срок хранения равен

$$t_{хр} = t_o + \frac{t'_з - t'_o}{2}. \tag{260}$$

Время ожидания определяют либо наблюдением, либо исходя из загрузки склада в момент начала циклов поступления и отправления, как это показано на графиках, по формуле

$$t_o = \frac{P}{\alpha_i q_п} = \frac{P}{\alpha_j q_o}. \tag{261}$$

В идеальном случае равномерной работы склада (рис. 78, *а*) интенсивность поступления груза равна интенсивности отправления, т. е. $q_п = q_o$, средний срок хранения груза равен времени его нахождения на складе, коэффициент неравномерности загрузки склада равен единице, потребная емкость склада определяется простым произведением срока хранения груза на суточный грузооборот склада. Если срок хранения груза больше периода его поступления (рис. 78, *б*), то потребная емкость склада равна величине партии груза, срок хранения груза равен времени ожидания отправления, а коэффициент неравномерности загрузки склада во времени определяется по формуле

$$K_E = 1 + \frac{Q}{t_o q_п}. \tag{262}$$

Во всех случаях равномерно-цикличной работы склада, при условии, что отправление груза начинается до окончания поступления всего груза, интенсивность поступления груза меньше или равна интенсивности отправления, время ожидания больше интервала между отправлениями, т. е.

$$q_п \leqslant q_o; \qquad t_o > t'_o,$$

а поступление груза на склад происходит равномерно, что характерно для вариантов, подобных изображенным на рис. 78, *а*, *в*, *д*, *е*;

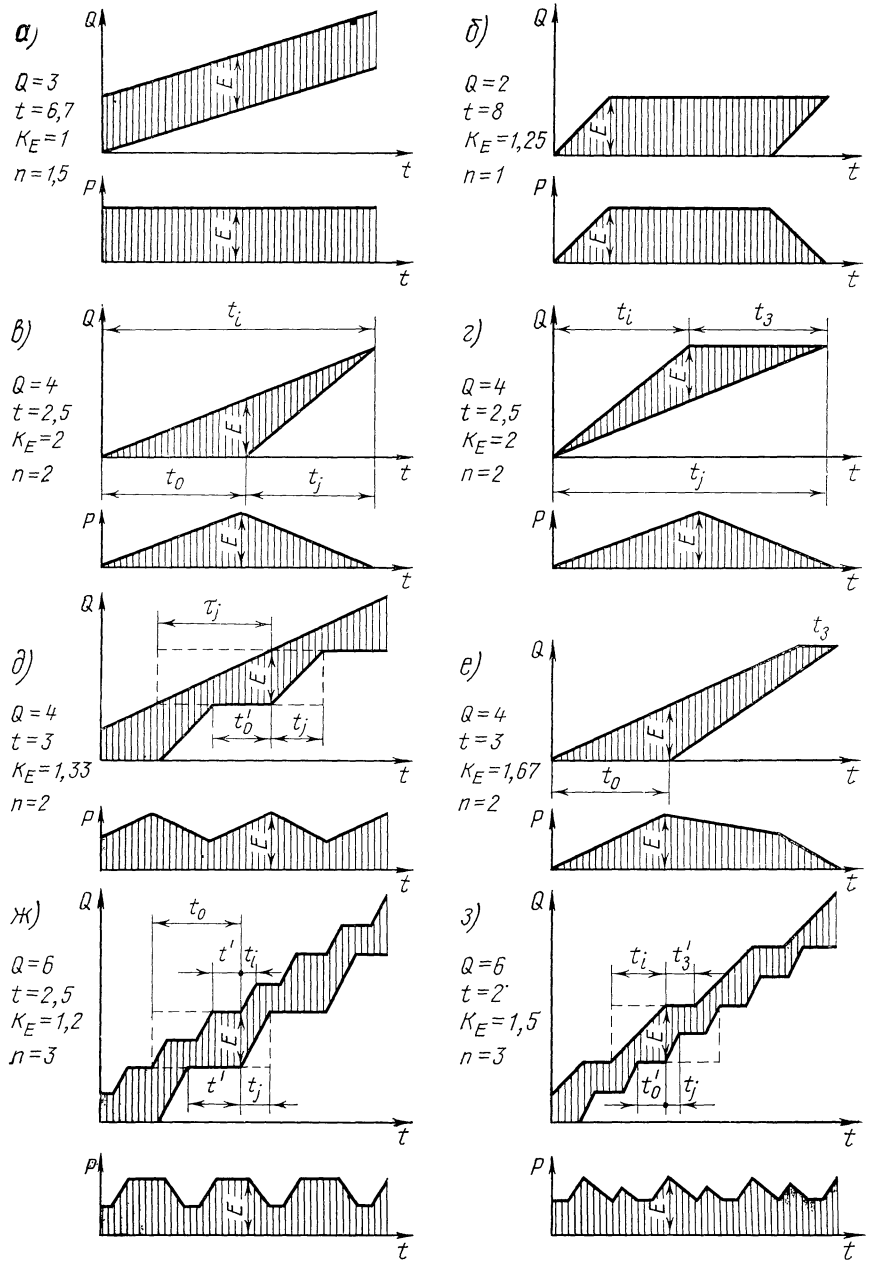


Рис. 78. Графики режима работы складов

потребная емкость склада и коэффициент неравномерности загрузки склада во времени определяются по формулам:

$$E = t_o q_п; \quad K_E = 1 + \frac{t'_o}{2t_{хр}}. \tag{263}$$

Во всех случаях, когда отправление груза начинается до окончания его поступления, оно происходит равномерно (рис. 78, *г*), и при условиях

$$q_п > q_o, \qquad t_з > t'_з,$$

емкость склада и коэффициент K_E определяются по формулам:

$$E = t_з q_o; \quad K_E = 1 + \frac{t'_з}{2t_{хр}}. \tag{264}$$

В тех случаях, когда груз поступает и отправляется циклично, но средняя интенсивность поступления и отправления одинаковая, т. е.

$$\alpha_i q_п = \alpha_j q_o, \tag{265}$$

и моменты начала циклов поступления и отправления груза совпадают между собой (рис. 78, *ж*), потребная емкость склада и коэффициент K_E определятся:

$$E = \alpha_i q_п \left(t_{хр} + \frac{t'_o - t'_з}{2}\right);$$
$$K_E = 1 + \frac{t'_o - t'_з}{2t_{хр}}. \tag{266}$$

Если же начало цикла отправления совпадает с концом поступления груза в цикле (рис. 78, *з*), то соответственно получим:

$$E = \alpha_i q_п \left(t_{хр} + \frac{t'_o + t'_з}{2}\right);$$
$$K_E = 1 + \frac{t'_o + t'_з}{2t_{хр}}. \tag{267}$$

Этими же формулами можно пользоваться и в тех случаях, когда режимы поступления и отправления груза по времени не совпадают друг с другом, но условие (265) соблюдается. Такой расчет приведет иногда к некоторому завышению потребной емкости, а действительная величина E будет находиться в пределах значений, определяемых формулами (266) и (267).

Для циклично-неравномерного режима (рис. 79, *а*) при условиях

$$\Sigma\tau_i > t_o; \qquad \alpha_i q_п < \alpha_j q_o; \qquad t_o > t'_o$$

потребная емкость склада определится:

$$q_п (t_o - n_п t'_з) = E \leqslant Q_{п.ц} (n_п + 1), \tag{268}$$

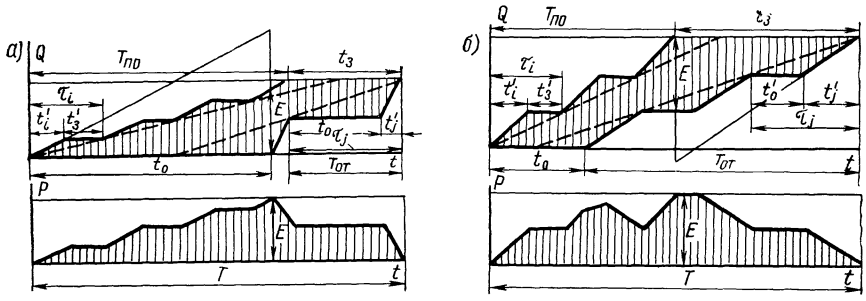


Рис. 79. Графики неравномерных режимов работы склада

где $n_п = \frac{t_о}{\tau_i}$ — целое число циклов поступления, прошедших за время ожидания отправления;

$Q_{п.ц}$ — количество груза, поступающего на склад за один цикл, т.

При условиях (рис. 79, *б*)

$$\Sigma\tau_i > t_о; \qquad \alpha_i q_п > \alpha_j q_о; \qquad t_з > t_з'$$

потребная емкость склада определится:

$$q_о\,(t_з - n_о t_о') = E \leqslant Q_{о.ц}\,(n_о + 1), \tag{269}$$

где $n_о = \frac{t_з}{\tau_i}$ — целое число циклов отправления, осуществляемых за время задержки груза;

$Q_{о.ц}$ — количество груза, отправляемого со склада за один цикл, т.

В тех случаях, когда $t_о < t_о'$ или $t_з < t_з'$, рекомендуется строить графики поступления и отправления груза, по которым достаточно просто определить потребную емкость склада.

В случаях неравномерной работы склада точный расчет потребной емкости склада практически невозможен и следует пользоваться статистическими данными $t_{хр}$ и K_E либо строить графики.

Приведенные на рис. 78 данные, характеризующие качественную сторону работы склада, наглядно показывают зависимость показателей работы склада от режима его работы. Действительно, во всех приведенных вариантах при постоянной величине потребной емкости склада (2 единицы) остальные показатели различны. Так, при одинаковых грузообороте и оборачиваемости склада варианты *в* и *г* отличаются от вариантов *д* и *е* меньшими сроками хранения груза (2,5 против 3) и большими коэффициентами неравномерности загрузки склада во времени (2 против 1,67 и 1,33). То же наблюдается и при сравнении вариантов *ж* и *з*. Варианты *д* и *е* при прочих равных условиях отличаются друг от друга величинами K_E. Это еще раз показывает, как важно при анализе работы складов учитывать конкретные причины изменения тех или иных показателей работы складов на основе изучения режимов их работы.

§ 14.5. Учет и анализ работы складов

Учет движения грузов через склад в разных портах ведется по-разному. Наиболее примитивным является учет по амбарным книгам, в которых на каждую партию груза в хронологическом порядке записывают наименование груза, дату прибытия, количество мест, массу груза в партии, номера грузовых документов, номер вагона, дату отгрузки и другие необходимые данные. Установить наличие груза в складе на какой-либо момент времени при помощи амбарных книг весьма трудно.

Более удобно учитывать и анализировать работу склада, если в порту составляют ежедневные сводки движения грузов на каждом складе. В таких сводках грузы, хранящиеся на закрытой и открытой складской площади, учитывают отдельно. Отдельно учитывают грузы экспортные, импортные, большого и малого каботажа. Отдельно ведут также учет грузов разных направлений. В сводке записывают: остаток груза с предыдущего дня, количество прибывшего и отправленного груза, остаток на следующий день.

В настоящее время назрела необходимость в разработке автоматизированных систем учета движения грузов на складах и в целом в порту. Разработки таких систем ведутся в ОИИМФе. Автоматизированные системы учета движения грузов на складах должны включать: наименование и род груза, вид тары, массу и размеры грузового места, количество мест и массу партии, наименование грузоотправителя и получателя, дату прибытия и место расположения груза, формальные данные об отправке — номера грузовых документов, дату отправления и т. п.

Важную роль в использовании складов играют способы штабелирования грузов, поэтому целесообразно начинать анализ работы складов с анализа способов штабелирования. Конкретным замером при помощи рулетки определяют размеры штабеля L, B, H и отдельного грузового места, определяют массу брутто отдельного грузового места и всего груза в штабеле. По этим данным вычисляют объем грузового места и штабеля, удельный объем места, удельный объем штабеля груза, коэффициент укладки (см. § 2.4) и удельную нагрузку, создаваемую штабелем груза на пол склада,

$$p_{\text{ф}} = \frac{Q}{LB}, \text{ или } p_{\text{ф}} = \frac{H}{u}, \quad (270)$$

где Q — масса груза в штабеле, т.

Получив эту величину, находят коэффициент использования технической нормы нагрузки (см. табл. 20). Коэффициент использования полезной площади для отдельного штабеля

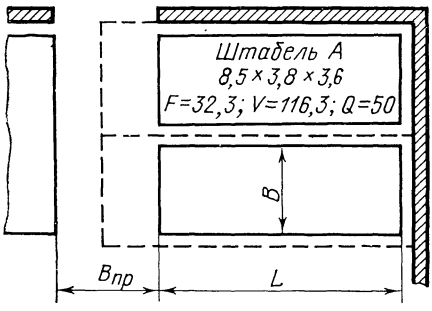


Рис. 80. Элемент размещения штабелей груза на складе

Таблица 21

Загрузка склада №... грузом..... ($p_т = ...$; $p_ф = ...$)

Показатели	Расчетные формулы	Месяцы				За год
		I	II	...	XII	
q_{01}	—					
$Q_п$	$\Sigma q_п$					
Σqt	$\Sigma q_о$					
$P_{ср}$	$\frac{\Sigma qt}{T}$					
P_{max}	—					
K_E	$\frac{P_{max}}{P_{ср}}$					
$\overline{F_i}$	$\frac{P_{ср}}{p_ф}$					
$t_{ср}$	$\frac{\Sigma qt}{q_{01}+Q_п}$					
β	$\frac{T}{t_{ср}}$					

определяют как отношение площади, занятой штабелем, ко всей прилегающей к нему площади по формуле (254). К прилегающей к штабелю полезной площади относится площадь проходов между штабелем и стенами склада, половина площади между двумя соседними штабелями и половина площади прилегающего проезда (рис. 80, площадь, ограниченная пунктирными линиями).

Режим работы склада можно установить на основании графиков поступления и отправления грузов (см. рис. 78 и 79), которые строят по данным сводок движения грузов на складе. Для основных грузов целесообразно строить отдельные графики. Такие графики наглядно покажут, в какие периоды и какие грузы определяли напряженность работы складов.

Анализ загрузки склада в годовом разрезе начинают с анализа загрузки склада отдельными (основными) грузами. Расчеты целесообразно оформлять в табличной форме (табл. 21).

На основании данных сводок движения грузов в таблицу на каждый месяц записывают остаток груза с прошлого месяца q_{01}, суммарное количество прибывшего за месяц груза $Q_п$, сумму тонно-суток хранения груза, которую определяют как сумму остатков груза на каждый день, максимальное количество груза, единовременно хранившегося на складе в анализируемом периоде (месяц, год). Далее выполняют расчеты показателей, перечисленных в табл. 21. При расчете среднего срока хранения груза в годовом разрезе к сумме $Q_п$ добавляют только остаток груза на первое января анализируемого года.

При суммировании грузооборота по направлениям нельзя суммировать величины P_{max} для каждого груза, так как эти величины могут иметь место в разные моменты времени. В этом случае P_{max} следует выбирать из сводок движения грузов по суммарной величине q_0 грузов данного направления. Наоборот, площадь, занимаемую в среднем грузами направления или в целом по всему складу, необходимо определять суммированием $\overline{F}_i$ для каждого груза.

Состав показателей при анализе загрузки склада в целом расширяется. Сводная таблица показателей аналогична табл. 21, только в нее добавляют следующие показатели (см. табл. 20): α_0, K_f, n, $p_{ср}$, $p_{во}$, ρ_0, $\overline{q}_0$, γ.

На основании расчетных данных можно построить графики показателей работы склада, которые дают наглядное представление о степени использования склада и характере изменения показателей от изменения структуры и величины грузооборота.

На рис. 81 приведены примеры совмещенных графиков показателей использования емкости (P и α) и полезной площади (F и K_f) склада, из которых видно изменение степени загрузки склада разными грузами.

Комплексный анализ показателей работы склада и их взаимосвязь дают возможность определить причины недоиспользования емкости и полезной площади и определить пути улучшения загрузки склада. Низкий коэффициент использования полезной площади склада может характеризовать как плохую планировку склада и небрежное штабелирование груза, так и особенности коммерческой обработки или недостаток груза для складирования. Низкий коэффициент использования технической нормы нагрузки можно объяснить отсутствием подходящего (с этой точки зрения) груза, неправильной специализацией складов, когда в складе с высокой технической нормой нагрузки хранится легкий груз в слабой таре, а также необоснованно зани-

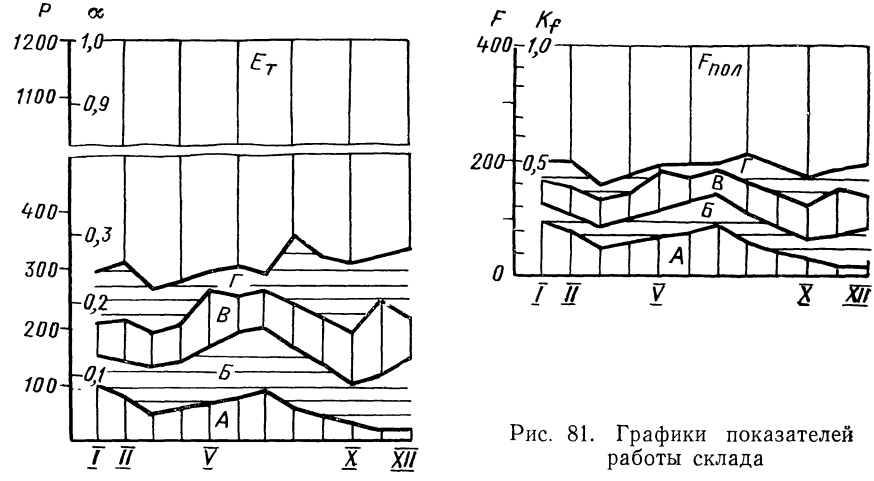


Рис. 81. Графики показателей работы склада

женной высотой штабелирования груза. Низкий коэффициент использования емкости склада получается при низких коэффициентах использования полезной площади и технической нормы нагрузки и высоком коэффициенте неравномерности загрузки склада во времени. Удлинение сроков хранения грузов против нормативных влечет за собой уменьшение сменности грузов и, следовательно, пропускной способности склада.

Чем больше сменность груза и выше коэффициент использования емкости склада, тем больше оборачиваемость склада, лучше его использование. Однако сам показатель оборачиваемости склада без анализа коэффициента использования емкости склада и сменности груза не всегда бывает показательным. Так, при увеличении сменности груза сохранение оборачиваемости на прежнем уровне свидетельствует об ухудшении использования емкости склада. Наоборот, при лучшем использовании полезной площади и емкости склада увеличение срока хранения груза приведет к уменьшению оборачиваемости склада. Следовательно, при вынужденном удлинении сроков хранения повысить пропускную пособность можно только за счет лучшего использования полезной площади и емкости склада. Наоборот, при большой сменности груза не всегда следует стремиться к увеличению коэффициентов использования полезной площади и технической нормы нагрузки, так как это может привести к задержкам перегрузочных работ из-за чрезмерной плотности укладки груза и затруднений его коммерческой обработки.

Снижение коэффициента использования пропускной способности склада происходит при нерациональном размещении грузов на складе (недоиспользование технической нормы нагрузки), удлинении сроков хранения грузов, снижении коэффициента использования полезной площади, отсутствии грузов. При анализе нужно учитывать, что отсутствие грузов для складирования или снижение коэффициента использования полезной площади при изменении номенклатуры грузов нельзя причислять к недостаткам организации в работе складов.

Глава 15

ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ПОРТОВЫХ СКЛАДОВ

§ 15.1. Общие положения о складировании грузов в порту

Рациональное использование складов достигается размещением грузов в соответствии с техническими данными складских помещений. Складская площадь должна быть так распланирована, чтобы при поточном перемещении грузов не было встречных и возвратных грузопотоков. Для удобства перемещения и коммерческой обработки грузов между штабелями предусматривают проезды и проходы. Продольные и поперечные проезды, совпадающие с основным направлением грузопотока внутри склада, называют главными. Проходы между сосед-

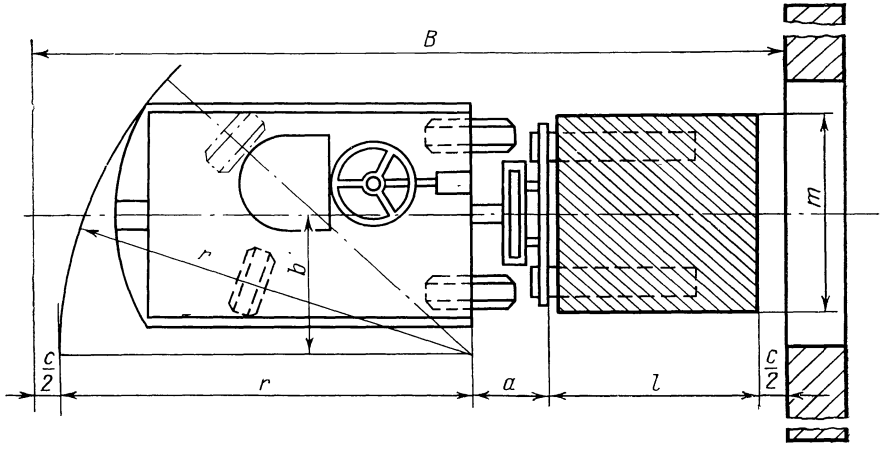


Рис. 82. Схема разворота погрузчика в проезде

ними штабелями, между штабелями и стенкой склада называют вспомогательными, или боковыми. Обычно главные поперечные проезды соединяют противолежащие дверные проемы складов. При большой ширине склада устраивают продольные проезды: один посередине или у одной из стен либо два у каждой продольной стены; продольные проезды пересекаются поперечными.

Ширину проездов определяют в зависимости от используемой в складе механизации (рис. 82). Если поперечный размер пакета m меньше двойного расстояния от продольной оси автопогрузчика до точки, вокруг которой он поворачивается b, то минимальная ширина проезда (в метрах) определится:

$$B \geqslant r + a + l + c, \tag{271}$$

где r — радиус разворота погрузчика;
a — расстояние от передней оси погрузчика до вилочного захвата;
l — длина подъема;
c — минимальный зазор между погрузчиком и штабелем либо стенкой (0,15 ÷ 0,20 м).

Если же $m > 2b$, то следует проверить расчет по формуле

$$B \geqslant r + c\sqrt{(a+l)^2 + \left(\frac{m}{2} - b\right)^2}. \tag{272}$$

Проезды должны позволять встречный разъезд транспортных средств, поэтому их ширина должна быть не менее

$$B \geqslant 2d + 3c, \tag{273}$$

где $d \geqslant m$ — ширина транспортного средства.

Таблица 22

Наименование груза	Вид тары	Поддон 1200×800, *мм*		Поддон 1600×1200, *мм*	
		$p_т$=4 т/м²	$p_т$=2 т/м²	$p_т$=4 т/м²	$p_т$=2 т/м²
Сахар-песок	Мешки	1,95	1,95	2,40	1,80
Сахар-рафинад	Ящики, мешки	1,70	1,70	1,80	1,80
Мука	»	2,30	1,70	2,40	1,80
Рис	»	2,50	1,25	2,20	1,70
Хлопок	Кипы	1,40	1,40	1,80	1,20
Шерсть мытая	»	0,90	0,60	0,85	0,55
Целлюлоза	»	1,70	1,70	2,55	1,90
Каучук натуральный	»	1,35	1,35	1,70	1,70
Химические удобрения	Мешки	2,30	1,55	2,60	1,75
Цемент	»	2,30	1,55	2,60	1,75
Баббит	Ящики	3,80	1,90	3,80	1,90
Бумага	Рулоны	—	—	1,10	0,85

Ширина вспомогательных проходов между штабелями принимается равной 0,5—1,0 м. Вдоль стен складов оставляют проходы шириной не менее 0,5 м, которые необходимы для обеспечения сохранности грузов и удобства обслуживания. Эти проходы предотвращают отсыревание груза от стен, обеспечивают хорошую вентиляцию груза и доступ к противопожарному инвентарю.

При планировке складской площади необходимо учитывать, что каждая партия груза, уложенная в отдельный штабель, должна быть доступна к перегрузке. Поэтому каждый штабель должен начинаться или оканчиваться у главного или поперечного проезда. При переработке экспортного груза каждую вагонную партию укладывают в отдельный штабель. Поскольку в настоящее время большинство грузов хранится на универсальных площадках, то размеры штабеля определяют размерами и числом пакетов в данной партии. Штабеля располагают, как правило, поперек проездов, поэтому их длину определяют расстоянием от стены до проезда. Ширина штабеля равна целому числу рядов пакетов, умноженному на их размер. При этом необходимо учитывать наличие зазора между пакетами и принимать в расчетах соответствующий линейный коэффициент укладки.

На открытых складских площадях минимальное расстояние от штабеля должно быть не менее: до оси железнодорожного пути — 2,75 м; до оси рельса подкранового пути — 2,0 м; до кромки проезжей части автодороги — 1,5 м. Расстояние от оси железнодорожного пути, по которому проходят паровозы, до штабелей леса и других горючих материалов должно быть не менее 5,5 м.

В соответствии с нормами технологического проектирования морских портов средние эксплуатационные нагрузки для металлов и метизов, складируемых на открытой площади, приняты 4,0 т/м²; для оборудования и металлоконструкций — 1,25 т/м²; для универсальных контейнеров (один ярус) — 0,5 т/м². При складировании металло-

грузов в закрытых складах принимают $p_э = 3{,}0$ т/м^2, коэффициент использования полезной площади при ширине склада до 24 м принимают равным 0,70; при $B > 30$ м $K_f = 0{,}8$; при $B = 24 \div 30$ м $K_f = 0{,}75$.

В табл. 22 приведены значения эксплуатационной нагрузки для некоторых грузов при штабелировании на поддонах в зависимости от размера применяемого поддона и технической нормы нагрузки склада.

§ 15.2. Выбор оптимальных размеров штабелей

Размеры штабеля определяют прежде всего количеством груза в партии. Груз, прибывающий железной дорогой, как правило, складируется вагонными партиями, объем которых составляет примерно 40—45 или 80—120 м^3, а масса 20—60 т. Такие партии трудно складировать на большую высоту, так как устойчивость штабеля с малой площадью опоры невелика. Практически высота штабеля в этом случае колеблется в пределах 2,5—3,5 м, что приводит к недоиспользованию технической нормы нагрузки и емкости склада.

В общем случае высоту штабеля определяют исходя из ограничительных условий: прочности тары $H_т$, возможной высоты подъема груза перегрузочными средствами $H_м$, физико-химических свойств груза $H_{фх}$, требований техники безопасности $H_{тб}$, высоты склада $H_с$, технической нормы нагрузки $H_{тн}$. Обычно прочность тары рассчитывается на статическую нагрузку, эквивалентную укладке груза в штабель высотой до 5 м, т. е. можно принимать $H_т = 5$ м. Максимальная высота подъема груза автопогрузчиками указана в табл. 23.

Таблица 23

Тип автопогрузчика	Высота подъема, м		Тип автопогрузчика	Высота подъема, м	
	на вилах	на крюке		на вилах	на крюке
4000М, 4003	4,0	5,1	4022	2,8	—
4006, 4046	4,2	7,2	4043М	4,0	5,15
4008	4,5	7,5	4045М	4,0	5,19
4009, 4049А	7,0	—	4055	—	7,3
4020	4,5	—	4065	4,0	—

Допускаемая высота штабелирования в зависимости от вида и физико-химических свойств груза установлена лишь для некоторых грузов (например, зерно, сахар-рафинад в мешках) и выбирается из правил. В соответствии с требованиями техники безопасности высота штабелирования груза должна назначаться из условия устойчивости штабеля и обычно ограничивается значениями 4,2—4,5 м. Максимальную высоту штабелирования груза, исходя из технической нормы нагрузки, определяют произведением технической нормы на удельный объем груза.

Высоту штабелирования пакетированного груза, контейнеров и ящичных грузов крупного размера определяют следующим образом.

Сначала определяют удельную нагрузку пакета, контейнера или ящика с учетом плотности укладки по формуле

$$p = \frac{Q}{lbK_{\text{ук}}}, \tag{274}$$

где Q — масса пакета или контейнера;

l, b — длина и ширина пакета или контейнера, м;

$K_{\text{ук}}$ — коэффициент укладки.

Количество рядов пакетов, контейнеров или ящиков по высоте, исходя из технической нормы нагрузки $p_{\text{т}}$, определяют по формуле

$$m_h = E\left(\frac{p_{\text{т}}}{p}\right). \tag{275}$$

Высоту штабеля определяют по формуле

$$H_{\text{ш}} = hm_h, \tag{276}$$

где h — высота пакета, контейнера или ящика, м.

Если определенная таким образом высота превышает допустимую по другим ограничительным признакам, т. е. $H_{\text{ш}} > H_{\max}$, то определяют допустимое число рядов груза по формуле

$$m_{\max} = E\left(\frac{H_{\max}}{h}\right), \tag{277}$$

а затем эксплуатационную нагрузку

$$p_{\text{э}} = pm_{\max}. \tag{278}$$

Длину штабеля определяют размерами выбранной площадки или части склада и размерами партии. При укладке пакетов по высоте в два ряда по ширине штабеля должно быть не менее двух пакетов. При большом размере партии груза размеры штабеля определяют габаритами площадки.

Хранение груза на открытой складской площадке требует комплексного решения задачи выбора оптимальных размеров штабеля с уче-

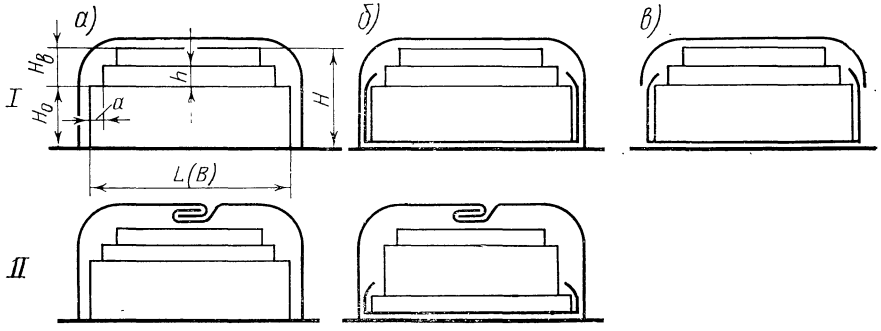


Рис. 83. Способы и варианты укрытия штабеля брезентом:
I — угловой способ; *II* — боковой способ; *а* — укрытие сверху и с боков; *б* — нормальное укрытие; *в* — конвертование

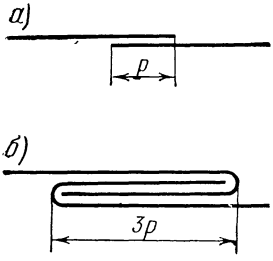


Рис. 84. Стыковка брезентов:
а — внахлестку; *б* — взагиб

том обеспечения сохранности груза, экономного использования полезной площади склада и нормирования расхода брезента. Здесь лимитирующими факторами являются объем партии, высота штабелирования груза и размер брезента.

Различают два способа наложения брезента на штабель — угловой и боковой. При угловом способе (рис. 83, *I*) две соседние кромки брезента касаются площадки по периметру штабеля под прямым углом. Углы брезента свободно ниспадают по углам штабеля. При боковом способе (см. рис. 83, *II*) только одна кромка брезента касается площадки. Вверху полки брезентов накладывают одну на другую. Брезенты между собой сочленяются по углам штабеля по вертикальной линии. Различают три варианта укрытия штабеля брезентами: укрытие сверху и с боков, нормальное и конвертование.

Брезенты, укрывающие штабель с боков, должны достигать уровня площадки склада, поэтому третий вариант укрытия требует проверки надежности и выполнимости на практике. Стыковку брезентов (рис. 84) следует производить внахлестку с перекрышем 0,5—1,0 м. На верхней плоскости штабеля стыковку нужно производить взагиб, иначе вода может проникнуть внутрь штабеля.

Существует определенная закономерность изменения параметров штабеля от размера брезента. С точки зрения расхода брезента способ укладки с отвесными стенками невыгоден. Оптимальная высота складирования груза, определяемая максимальным количеством груза (минимумом удельного расхода брезента), колеблется в зависимости от числа брезентов (табл. 24). Удельная нагрузка всегда больше у штабеля, имеющего отвесные стенки. Для других формирований штабеля оптимальная, с точки зрения удельной нагрузки, высота штабеля примерно на один метр больше, чем с точки зрения расхода брезента.

Таблица 24

Количество брезентов размером 10×10 м	1	2	3	4
Оптимальная высота штабеля, м . . .	2	2—2,5	2,5—3	3—4

Анализ показывает, что с точки зрения расхода брезента при объеме штабеля до 500—600 м³ лучше пользоваться первым способом укрытия. Но этот способ хуже защищает груз от воздействия гидрометеоэлементов. Второй способ лучше потому, что наиболее подверженные действию внешней среды угловые образования штабеля всегда имеют двойное укрытие брезентами.

§ 15.3. Расчеты по загрузке и использованию складов

Определение потребной площади для штабелирования партии груза не представляет затруднений. Полезная площадь склада (в квадратных метрах), потребная для складирования P тонн груза, определится:

$$F_{\text{пол}} = \frac{P}{p_э K_f} \tag{279}$$

Достижение максимального грузооборота складов зависит от их технических характеристик (техническая норма нагрузки, полезная площадь, высота и планировка склада), от свойств грузов (допустимая высота штабелирования, удельный складочный объем, совместимость с другими грузами), формы организации и режима работы склада (направление грузопотока, срок хранения грузов, партионность, режимы поступления и отправления груза). Основными переменными величинами при решении этой задачи являются: валовая нагрузка данного груза в данном складе и средний срок хранения груза.

Простейшей задачей распределения грузов по складам с целью их наибольшей загрузки, при прочих равных условиях, является комплектация грузов по принципу максимальных эксплуатационных нагрузок [2].

В практике работы порта встает вопрос о достижении максимальной пропускной способности складов порта. В этом случае задачу следует решать исходя из удельной складоемкости груза, которая вычисляется для каждого груза и каждого склада. Часть грузов обычно перерабатывается по прямому варианту. В матрицу следует вводить также и это условие. Для вагонов вместо удельной складоемкости вводится аналогичный показатель «удельная вагоноемкость», вычисляемый по формуле

$$c = \frac{t}{P}, \tag{280}$$

где c — удельная вагоноемкость, вагоно-сут/т;

t — срок ожидания разгрузки вагона с грузом, идущим на вывоз морем; для груза, прибывающего с моря, следует принимать равным единице;

P — техническая норма загрузки условного вагона данным грузом, т.

Математическая задача формулируется так. Порт (или район) располагает m складами каждый с полезной площадью F_j и некоторым количеством вагонов в качестве «складов на колесах» и должен переработать n различных грузов, суточный грузооборот каждого из которых Q_i. Удельная складоемкость каждого груза в каждом складе c_{ij} также известна. Найти оптимальный план загрузки складов.

Целевая функция зависит от реальных условий. Если складская площадь в избытке, целью является минимизация затраты полезной

площади на освоение заданного грузооборота:

$$L = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} q_{ij} c_{ij} \to \min. \tag{281}$$

Если ощущается недостаток площади, целевой функцией является достижение максимума складского грузооборота и, как следствие, минимума вагонов в качестве складов на колесах:

$$L = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} q_{ij} \to \max. \tag{282}$$

Ограничительными условиями являются

$$\left.\begin{array}{l} \sum\limits_{i=1}^{n} F_{ij} \leqslant F_j; \quad \sum\limits_{j=1}^{m} q_{ij} \leqslant Q_i; \\ \text{и} \\ F_{ij} \geqslant 0; \quad q_{ij} \geqslant 0. \end{array}\right\} \tag{283}$$

Для примера примем следующие сроки хранения, технические нормы загрузки вагона и суточный грузооборот грузов (табл. 25).

Таблица 25

Грузы	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Д*
Срок хранения $t_{хр}$, сут	6	15	9	18	7,5
Техническая норма загрузки вагона P, т . .	60	60	53	54,5	50
Суточный грузооборот Q_i, т/сут	300	82	100	60	75

Примем, что вагоны простаивают в ожидании разгрузки столько же, сколько груз находится на складе, и вычислим значения удельной складо- и вагоноемкости грузов (табл. 26 — числитель каждого квадрата). Для квадратов *1Д* и *3Г* введем условную складоемкость 15, значение которой больше любого другого. Этим самым заранее исключим размещение грузов *Г* и *Д* в складах, где они не должны размещаться.

Начало решения задачи производится обычным методом корректировки оценок (табл. 26). В нашем примере получилось, что грузы *А*, *Б*, *В* выгоднее разместить в складе № 1, а грузы *Г* и *Д* — в вагонах. Составим распределительную матрицу (табл. 27) и распределим грузы по выбранным квадратам, пользуясь формулой

$$F_{ij} = q_{ij} c_{ij}.$$

Таблица 26

Склады	Грузы						
	А	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	c_j	K_j
1	1,5 / 1,65	5 / 5,5	3 / 3,3	12 / 13,2	15 / 16,5	36,5	1,1
2	2 / 2,64	6 / 7,9	4,5 / 5,95	12 / 15,8	5 / 6,6	29,5	1,32
3	3 / 3	7,5 / 7,5	6 / 6	15 / 25	7,5 / 7,5	39	1
Вагоны	0,10 / 3,9	0,25 / 9,75	0,17 / 6,63	0,33 / 10,9	0,15 / 5,85	1,0	39

В одинаковых вариантах сначала распределяем грузы с меньшей складоемкостью. Так, для склада № 1 сначала груз *А*, потом *В*, а не *Б*. В результате распределения получим, что для освоения заданного грузооборота выделенных складов недостаточно. Потребуется дополнительно в среднем 15,5 вагона.

Однако данный план может оказаться не оптимальным. Попробуем его улучшить. Для этого предлагается следующий математический метод. Выбираем незанятый квадрат, который считаем первым, и на-

Таблица 27

Склады	F_j	K_j	Грузы / Q_i / R_i	*А* 300 1,5	*Б* 82 4	*В* 100 3	*Г* 60 8	*Д* 75 3,33	Остаток площади
1	500	1		300 | 1,5 / 450	5	17 | 3 / 50	12	–	
2	1000	1,5		2	15 | 6 / 90	83 | 4,5 / 375	13 | 12 / 60	75 | 5 / 375	
3	500	1,875		3	67 | 7,5 / 500	6	–	7,5	
Вагоны	X	0,045		0,10	0,25	0,17	47 | 0,33 / 15,5	0,15	

Таблица 28

Грузы / Склады	F_j	Q_i	А	Б	В	Г	Д	Суточный грузооборот
			300	82	100	60	75	
1	500		133 | 1,5 | 200	5	100 | 3 | 300	12	–	233
2	1000		167 | 2 | 334	15 | 6 | 90	4,5	17 | 12 | 201	75 | 5 | 375	274
3	500		3	67 | 7,5 | 500	6	–	7,5	67
Вагоны			0,10	0,25	0,17	43 | 0,33 | 14,2	0,15	43

мечаем от него линию движения по занятым квадратам, каждый раз поворачивая под прямым углом. Затем вычисляем произведения коэффициентов c_{ij} отдельно для нечетных и четных квадратов и отыскиваем незанятые квадраты, для которых отношение коэффициентов меньше единицы, т. е.

$$\frac{c_1 c_3 c_5}{c_2 c_4 c_6} < 1. \qquad (284)$$

Задачу улучшения плана целесообразнее решать следующим методом, который по принципу схож с модифицированным распределительным методом, но в отличие от которого здесь используется не сумма и разность показателей, а их произведения и отношения. В матрицу (см. табл. 27) вводятся дополнительные строка R_i и графа K_j. В дополнительную графу против первого склада ставится цифра 1 в любой матрице. Остальные величины в дополнительных строке и графе вычисляют по формуле

$$R_i K_j = c_{ij}, \qquad (285)$$

где R_i — число в строке против i-го груза;

K_j — число в столбце против j-го склада.

Уравнение (285) решается только для занятых квадратов.

Далее для каждого незанятого квадрата вычисляют определитель $\frac{c_{ij}}{R_i K_j}$. Во внимание принимают только значения

$$\frac{c_{ij}}{R_i K_j} < 1, \qquad (286)$$

так как значения определителя, бо́льшие единицы, свидетельствуют об ухудшении плана. К решению принимают квадраты с наименьшим

значением определителя. Определитель, равный единице, свидетельствует об альтернативном решении.

В табл. 27 имеется единственно возможный вариант улучшения плана — квадрат $2A$, где определитель равен 0,89. Переместим 83 т/сут груза B в склад № 1, где в целом груз B займет $100 \times 3 = 300$ м². Для груза A останется 200 м², которые обеспечат грузооборот $200 : 1{,}5 = 133$ т/сут. В складе № 2 груз A займет $167 \cdot 2 = 334$ м². Следовательно, для груза $Г$ в складе № 2 останется $1000 - 334 - 90 - 375 = 201$ м², которые дадут $201 : 12 = 17$ т/сут. В результате (табл. 28) потребуется 14,2 вагона, т. е. на 8% меньше, чем в первом варианте.

Анализ последней матрицы показывает, что улучшить план дальше нельзя. Не имеется также и альтернативных решений, так как нигде не встречается определитель формулы (284) или (286), равный единице.

§ 15.4. Грузовой план склада

В условиях быстрой сменяемости грузов в складе важным является вопрос планировки и учета использования полезной площади склада. С этой целью необходимо заранее распланировать складскую площадь исходя из форм и организации складских работ, формы и размеров грузовых мест и пакетов, параметров перегрузочных средств, используемых для складирования грузов. Полезную площадь склада целесообразно разметить посредством ограничительных линий, которые могут быть нанесены на пол склада масляной или иной краской, не вступающей в опасную реакцию с содержимым грузовых мест.

Сплошными линиями следует отметить границы главных проездов и проходов между стенами склада и штабелями грузов. Если на складе предполагается использовать в разное время разные типы перегрузочных механизмов и перерабатывать грузы с разными размерами грузовых единиц (например, на поддонах разного размера), то границы главных проездов могут быть обозначены линиями разного цвета или разной формы.

Площадь, непосредственно используемую для штабелирования грузов, целесообразно разметить пунктирными линиями на отдельные участки, размер которых должен соответствовать наиболее характерному размеру партий перерабатываемых грузов. Такие участки следует пронумеровать на месте и в схематическом плане загрузки (грузовом плане) склада, где надо указать линейные размеры и площадь этих участков. Имея такой план, легко решать оперативные задачи по загрузке склада, учету грузов и организации складских работ.

В этом случае в складской книге или иной учетной документации можно указывать конкретное размещение той или иной партии груза, что особенно важно при переходе на автоматизированную систему учета грузов с использованием ЭВМ. Составление грузового плана склада позволяет оперативно решать вопросы о приеме и размещении грузов на складе, организации перегрузочных работ, оптимизации схем перемещения грузов в складе.

Глава 16

ЗАГРУЗКА НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

§ 16.1. Загрузка автомашин

Максимальное использование грузоподъемности автомашин зависит от рода груза, его транспортабельного состояния и характеристик. Для решения этого вопроса необходимо знать грузоподъемность, размеры и удельную нагрузку на кузов автомобиля, размеры места, плотность или погрузочный объем груза. Высоту погрузки при полном использовании грузоподъемности автомобиля определяют по формулам (68).

Расчет высоты при загрузке платформы автомобиля навалочным или насыпным грузом с «шапкой» довольно сложен, тем более, что кузов самосвала обычно не имеет прямоугольных обводов у основания. Ориентировочные расчеты можно вести, пользуясь формулой

$$Q = Fd\left(h_0 + \frac{h_в}{3}\right), \qquad (287)$$

где Q — количество погружаемого груза, т;
F — площадь платформы, м^2;
h_0 — высота груза от пола платформы до начала откосов «шапки», м;
$h_в$ — высота «шапки», м.

Если укладка мелкоштучных грузов в кузовах автомобилей не представляет особых затруднений, то грузы со сравнительно большими размерами следует укладывать в соответствии с этими размерами и размерами кузова. При загрузке автомобиля бочковыми или ци-

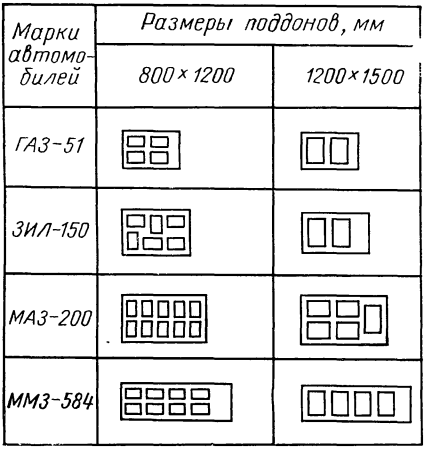


Рис. 85. Размещение пакетов в кузовах автомобилей

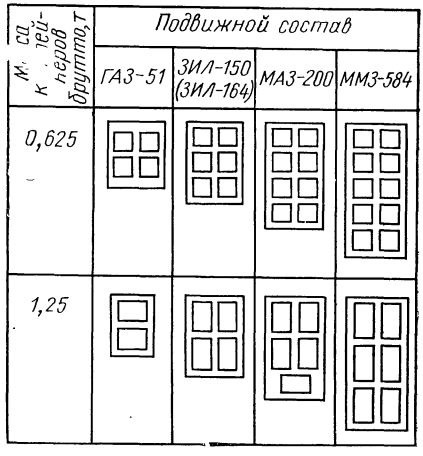


Рис. 86. Размещение контейнеров в кузовах автомобилей

линдрическими грузами с большой плотностью, не позволяющей укладывать груз в два ряда по высоте, необходимо предварительно рассчитать число мест, которое может поместиться в кузове, пользуясь методикой и формулами, приведенными в § 20.4, и выбрать способ укладки (ровными рядами и шахматным порядком), дающий наибольшее использование грузоподъемности автомобиля. Загрузка автомобилей стандартными пакетами показана на рис. 85, контейнерами малого размера — на рис. 86.

§ 16.2. Загрузка крытых железнодорожных вагонов

Размещать и укладывать грузы в крытых вагонах следует с учетом требований обеспечения безопасности движения, максимального использования вместимости и грузоподъемности (подъемной силы) вагона и обеспечения сохранности груза. Удельная грузовместимость крытых вагонов колеблется в пределах 1,5—2,36 м³/т, а изотермических — 1,7—2,5 м³/т. Разнообразие тары и упаковки требует конкретного расчета элементов укладки груза в вагон, что может быть выполнено на основе формул, приведенных в гл. 20. При загрузке вагона тяжелым грузом он должен быть размещен равномерно, а высота укладки груза ограничивается удельной нормой нагрузки [формула (255)].

Груз в вагоне должен быть так уложен и закреплен, чтобы не было сдвига, падения или повреждения его или вагона во время перевозки, чтобы можно было свободно открывать двери вагона с обеих сторон. Груз в таре укладывают в междверном пространстве с отступлением от дверей на 25 см. Совместная перевозка в одном вагоне грузов, которые могут испортить друг друга или привести к аварии, не допускается.

Бочки с жидкостями укладывают лежа вдоль вагона, втулкой вверх с обязательным подклиниванием снизу с обеих сторон. Бочки и барабаны с сухим грузом или бочки имеющие втулку в торце, укладывают на нижний торец. Каждый ярус бочек должен быть соответствующим образом укреплен при помощи прокладочного и крепежного материала (рис. 87).

Кровельно-изоляционные материалы в рулонах (толь, рубероид, пергамин) укладывают плотными рядами в три яруса. В первом и втором ярусах рулоны укладывают на торец, в третьем — плашмя вдоль вагона, оставляя зазор под крышей. В дверном пространстве прибивают по две доски с каждой стороны для предупреждения навала рулонов на двери, а третий ярус рулонов укладывают плашмя поперек вагона.

При погрузке балансов, дров, рудничных стоек, фанеры, шпал, чугунного литья, сортового и листового металла, труб и тому подобных грузов торцовые стенки вагонов следует ограждать самими грузами, уложенными вертикально в один или два ряда, либо подходящим сепарационным материалом во избежание повреждения стенок вагона при толчках и резких торможениях состава.

Стекло листовое в ящиках укладывают в вертикальном положении вдоль вагона в один-два яруса. Ящики должны плотно прилегать к стенкам вагона, а оставшийся промежуток заполняют деревянными брусками. Сверху каждого яруса прибивают по две доски на каждый ряд, чтобы груз во время движения не передвигался. Для предохранения от опрокидывания бутылей с жидкостями в каждой половине вагона и в дверном пространстве прибивают к стойкам вагона поперечные доски.

При перевозках хлебных грузов насыпью дверные проемы ограждают хлебными щитами. Дверные проемы при перевозке жмыхов ограждают либо досками, либо мешками с грузом. Для предупреждения сползания мешков к дверям каждый ярус мешков ограждают доской или горбылем толщиной не менее 35 мм. Люковые отверстия вагонов при перевозке насыпных или навалочных грузов закрывают и заделывают с внутренней стороны мешковиной или плотной бумагой в несколько слоев.

Скоропортящиеся тарные грузы укладывают в вагоне, в зависимости от их рода и необходимости вентиляции, плотными штабелями, шахматным или вертикальным способом. При укладке шахматным способом (рис 88, *а*) расстояние между крайними ящиками ряда и стенкой вагона с одной стороны должно быть 2—3 см, с другой — 5—7 см, между ящиками — 3—4 см. Следующий ярус укладывают в обратном порядке так, чтобы ящик опирался на два нижних. Зазоры между ящиками каждого ряда должны строго совпадать по всей длине вагона. Шахматным порядком с обязательной прокладкой реек укладывают грузы, упакованные в полужесткую тару (корзины, короба). Этим способом укладывают также грузы, упакованные в жесткую тару, массой места более 20 кг.

При вертикальном способе (рис. 88, *б*) ящики укладывают, отступя от торцовой стенки на 2—4 см и делая зазоры между ними в 3—4 см. Между ярусами в каждом поперечном ряду укладывают по две рейки 20 × 30 × 2700 мм. Каждый ящик верхнего яруса укладывают на ящик нижнего, а зазоры между ящиками образуют сплошную воздушную прослойку. Вертикальным способом укладывают грузы особо

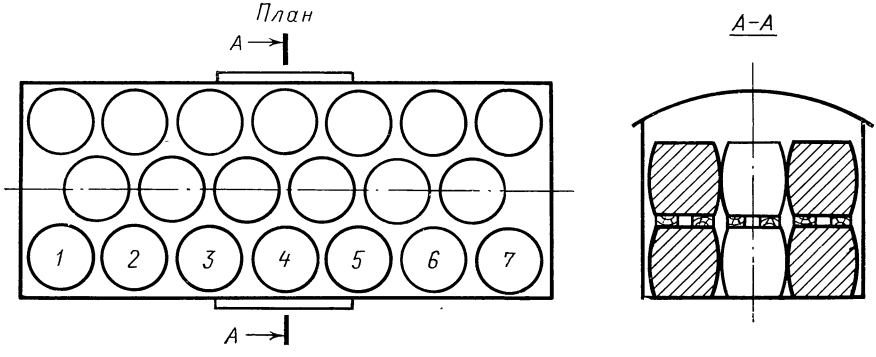


Рис. 87. Примерная схема размещения бочек в крытых вагонах

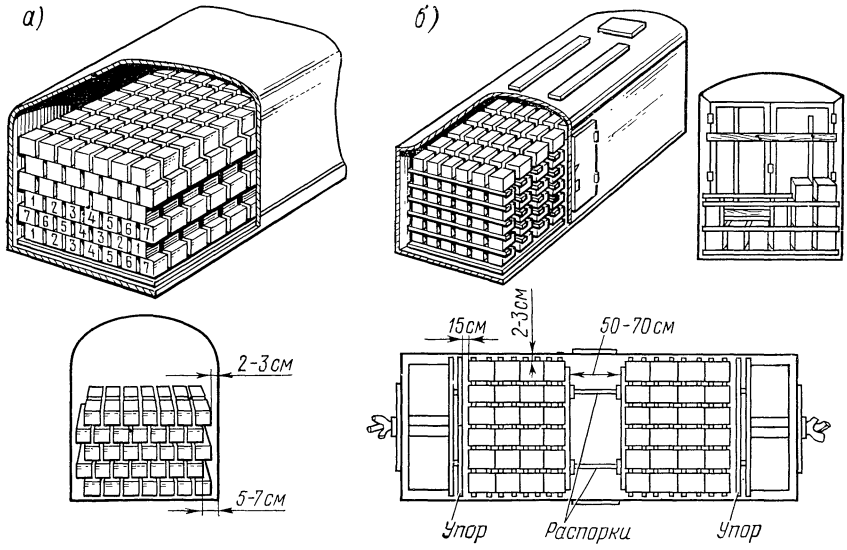


Рис. 88. Укладка скоропортящихся грузов в крытом вагоне:
а — шахматным способом; *б* — вертикальным способом

ценные, затаренные в жесткую тару одинакового размера (ящики, бочки, бочата, паки). Плотными штабелями укладывают мороженое мясо и субпродукты, колбасы, рыбу мороженую, охлажденную и соленую, яйца мороженые. Охлажденное и остывшее мясо перевозят подвешенным на специальные крючья.

Загрузка крытых вагонов во всем должна соответствовать требованиям Технических условий погрузки и крепления грузов [25], раздел третий, и соответствующим разделам Правил перевозок грузов [19].

§ 16.3. Загрузка открытых железнодорожных платформ и полувагонов

Укладка и крепление грузов на открытых платформах должны производиться таким образом, чтобы весь груз и его отдельные места были уложены плотно, закреплены надежно и груз не выходил за пределы установленного габарита подвижного состава 1-В (рис. 89). Укладка должна быть равномерной по всей площади платформы. Поперечное смещение центра тяжести груза от продольной оси вагона не должно превышать 100 мм, а продольное смещение — не более $^1/_8$ длины базы вагона. Нагрузка на одну колесную пару во всех случаях не должна превышать половины грузоподъемности вагона. Как исключение допускается разница в нагрузке на колесные пары двухосных платформ не более 4 т, а на тележки четырехосных платформ — не более 10 т. Полувагоны следует загружать таким образом, чтобы на один люк полувагона приходилось не более 4,3 т. Каждую платформу

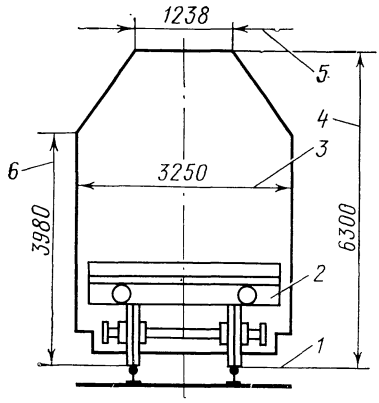


Рис. 89. Габарит подвижного состава 1-В железных дорог:

1 — уровень головки рельса; *2* — платформа; *3* — наибольшая ширина погрузки; *4* — наибольшая высота погрузки; *5* — наибольшая высота погрузки при полном использовании ширины габарита; *6* — наибольшая ширина погрузки при полном использовании высоты габарита

или вагон перед погрузкой проверяют в техническом и коммерческом отношениях, а все неисправности устраняют.

На открытом подвижном составе груз должен быть тщательно закреплен при помощи стоек, подкладок, прокладок, клиньев, проволоки, стандартных стяжек, гвоздей. Для предупреждения сдвига груза полы платформ и полувагонов, а также все крепежные приспособления и опорные поверхности груза должны быть очищены от снега, льда и грязи. В зимнее время в местах опоры груза насыпают чистый сухой песок слоем 1—2 мм.

Борта платформ, люки и двери полувагонов должны быть плотно закрыты и закреплены так, чтобы они не могли открыться от сотрясений и толчков во время движения. Торцовые борта платформ с винтовым сцеплением во всех случаях должны быть подняты. Выход груза за пределы буферного бруса допускается на высоте более 1900 мм от головки рельса. Торцовые борта платформ с автосцепкой могут быть откинуты на кронштейны, а груз может выступать за буферный брус по всей высоте погрузки. Во всех случаях погрузки груз не должен выступать по длине за пределы буферных стаканов. Груз не должен опираться на торцовые борта.

При погрузке длинномерных грузов на сцеп из одинаковых платформ должны быть соблюдены специальные технические условия.

Стойки, применяемые для крепления грузов, следует изготовлять из здорового дерева круглого сечения диаметром 120—160 мм в нижнем сечении и не менее 65 мм в верхнем или брусков сечением не менее 90 × 120 мм. Нельзя применять стойки из липы, осины, ольхи. Длина стоек должна быть не более 2800 или 3100 мм. Противоположные боковые стойки стягивают проволочными увязками на высоте 25—100 мм выше груза и не менее 50 мм ниже вершины стойки. Для крепления груза применяют мягкую, без надрывов и перекручивания проволоку диаметром 4—6 мм. Каждые две нити шестимиллиметровой проволоки эквивалентны трем нитям пятимиллиметровой или пяти нитям четырехмиллиметровой проволоки.

За неправильное размещение груза на подвижном составе, применение некачественной проволоки, гвоздей, скоб и других крепежных приспособлений, за некачественное выполнение креплений и нарушение других норм погрузки ответственность несет грузоотправитель или организация, производящая погрузку.

При погрузке и креплении грузов на открытом подвижном составе следует руководствоваться Техническими условиями [25] и опубликованными тарифными руководствами МПС. В тех случаях, когда в официальных руководствах МПС нет Технических условий погрузки и крепления конкретного груза, грузоотправитель представляет в коммерческий отдел отделения дороги не позднее чем за пять дней до дня погрузки заявление с приложением масштабных чертежей или эскизов способа погрузки и крепления груза, а также пояснительной записки и расчетов крепления груза, выполненных по методике, указанной в Технических условиях [25].

При перевозке груза на подвижном составе железных дорог должны быть учтены: сила тяжести, продольная инерционная сила, давление ветра, горизонтальная, поперечная и вертикальная динамические нагрузки, возникающие при движении, и силы трения, препятствующие перемещениям груза. Устойчивость груза и прочность его крепления проверяют для двух случаев сочетания сил: набегания движущегося вагона на неподвижные вагоны и движения по стрелочным переводам с одновременным торможением. В первом случае на груз действуют продольное усилие и ветер, во втором — продольное усилие, ветер с внутренней стороны кривой, поперечная и вертикальная динамические нагрузки.

Разработку проекта укладки и крепления грузов на открытом подвижном составе железных дорог выполняют в соответствии с Техническими условиями МПС [25], раздел первый, гл. 1. В этом же разделе даны конкретные рекомендации по размещению и креплению лесоматериалов (гл. 2), металлопродукции и металлолома (гл. 3), железобетонных, асбестоцементных изделий и конструкций (гл. 4), грузов в ящичной упаковке и неупакованных, грузов цилиндрической формы и машин на колесном и гусеничном ходу, контейнеров и пакетных грузов, а также грузов мелких фракций без тары (раздел второй).

Раздел третий

ТРАНСПОРТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРУЗОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКИ

Глава 17

НАЛИВНЫЕ ГРУЗЫ

§ 17.1. Номенклатура и свойства наливных грузов

Основными свойствами наливных грузов, которые важно знать в процессе транспортировки груза, являются: плотность, температура вспышки, вязкость, температурная поправка или коэффициент объемного расширения, температура плавления (застывания) и помутнения, испаряемость, теплофизические характеристики, специфические свойства — пожароопасность, вредность, коррозионность (см. § 2.2; 6.1; 6.4, 6.7).

Нефтепродукты являются диэлектриками, поэтому в процессе перекачки и перевозки нефтепродукт оказывается заряженным положительным зарядом. При разряде статического электричества может возникнуть пожар. Для постоянного уничтожения электрического заряда в нефтепродукте при наливе и сливе заземляют все металлические части корпуса судна и перегрузочных устройств.

Температура плавления и температура застывания (затвердевания, кристаллизации) определяют температуру, при которой возможна перекачка жидких грузов. Вязкие продукты с высокой температурой плавления приходится подогревать до температуры 60—70° С и выше, на что затрачивается тепловая энергия судна или базы и требуется установка специальных подогревателей. Топлива можно подогревать до температуры, на 10° меньше температуры вспышки груза.

Испаряемость жидких грузов приводит к большим потерям дорогостоящих продуктов. Так, например, в Каспийском бассейне в течение одного года при перевозке и хранении испаряется несколько тысяч тонн бензина. При одном малом дыхании 1 м³ газового пространства теряется примерно 150—250 г бензина. Танкер типа «Казбек» может потерять за одно малое дыхание 0,23—1,13 т бензина.

Вредность нефтепродуктов определяется процентным содержанием паров груза, при котором пребывание человека в газовой смеси опасно для жизни: для бензина и ксилола — 0,2%, лигроина и керосина — 0,3, бензола и толуола — 0,1, сернистого газа — 0,02—0,04%.

Пары нефтепродуктов поражают центральную нервную систему человека, признаками отравления являются нервные припадки, судороги, общее возбужденное состояние, после чего наступает вялость, головная боль и потеря сознания. Нефтепродукты, содержащие антидетонационные присадки (тетраэтилсвинец и др.), ядовиты, что требует строгого соблюдения мер техники безопасности.

Коррозионные свойства наливных грузов проявляются в том, что в процессе эксплуатации обшивка танкеров быстро разрушается и ее приходится заменять гораздо чаще, чем у сухогрузных судов. Интенсивность коррозии увеличивается с ростом влажности газового пространства. Интенсивность коррозии при $\varphi = 80\%$ в 10 раз больше, чем при $\varphi = 60\%$.

Содержание воды в наливных грузах нормируется стандартами и техническими условиями на груз. Примесь воды в ряде лучаев снижает качество нефтепродукта, разлагает присадки к нефтепродуктам, вызывает усиленную коррозию корпуса судна и перекачечного оборудования, может вызвать аварию при использовании нефтетоплива в двигателях.

В зависимости от температуры вспышки нефтепродукты, перевозимые наливом, делят на разряды [24]. К первому разряду относят нефтепродукты с температурой вспышки ниже плюс 28° С (бензин, сырая нефть, топливо ТС-1), ко второму разряду — с температурой вспышки плюс 28 — 61° С (керосин, топливо Т-1, дизельные топлива, уайт-спирит), к третьему разряду — с температурой вспышки более плюс 61° С (мазуты, котельное топливо, соляровое масло, масла).

К наливным грузам относятся: нефть и нефтепродукты, растительные масла и животные жиры, прочие наливные грузы. Сырая нефть, в зависимости от ее месторождения, имеет разные свойства и классифицируется в зависимости от содержания серы, смолистых веществ, температуры застывания, выхода бензина и т. д. Температура вспышки сырой нефти, как правило, очень низка, поэтому она относится к первому разряду. Нефтепродукты разделяются на: топливо, специальные бензины, осветительные керосины, смазочные материалы, сырье для химических продуктов.

Бензин представляет собой легкую подвижную бесцветную прозрачную жидкость. Чтобы легко различать сорта бензинов, их окрашивают в различные цвета. Окрашенные бензины являются этилированными. Бензины, а также лигроин (тяжелый бензин) имеют температуру вспышки ниже 28° С и относятся к первому разряду. Плотность бензина колеблется в пределах 730—760 кг/м^3. При хранении и перевозке бензина происходит окисление самого бензина и присадок к нему, особенно этиловой жидкости, в состав которой входит тетраэтилсвинец (ТЭС). Морская вода разрушающе действует на присадки к топливам и ускоряет износ корпуса танкера. При хранении, перегрузке и перевозке этилированных бензинов необходимо соблюдать особые меры предосторожности, указанные в санитарных правилах и инструкциях, утвержденных Главной государственной санитарной инспекцией, и в правилах перевозки этилированных нефтепродуктов на судах морского флота.

Топлива Т-1 и ТС-1 являются лигроино-керосиновыми фракциями, получаемыми прямой перегонкой нефти, поэтому их стабильность сохраняется очень долго. Запрещается хранить топлива Т-1 и ТС-1 на водяной подушке. При перевозке необходимо предотвращать обводнение этих топлив. Температура вспышки топлив Т-1 и ТС-1 более 28° С. Плотность 800—850 кг/м³.

Керосины подразделяются на тракторный, тракторный высокооктановый и осветительный. Температура вспышки плюс 28—45° С. Не допускается попадание в осветительный керосин этилированных бензинов, поэтому погрузка осветительного керосина после перевозки этилированных бензинов запрещена. *Пронафт*, или тяжелый керосин, имеет температуру вспышки не ниже 90° С.

Дизельные топлива (автотракторные для быстроходных дизелей) не вызывают осложнений при хранении и транспортировке. Эти топлива не окисляются, испарение незначительно. Основным условием хранения и перевозки дизельных топлив является предохранение их от загрязнения и обводнения. Стандартная плотность 0,831—0,863 кг/м³.

Моторные топлива (для тихоходных дизелей) состоят из мазутов прямой перегонки нефти или крекинга и имеют высокую вязкость и температуру застывания. При низких температурах их необходимо подогревать. При транспортировке их нужно оберегать от загрязнения. Котельное топливо представляет собой тяжелые остатки нефти после прямой перегонки или крекинга, а также продукты термической обработки каменных углей и горючих сланцев. Отличается высокой вязкостью. При перекачке его подогревают до 50—60° С.

Масла смазочные — вязкие нефтепродукты, предназначенные для смазки трущихся частей машин и механизмов. *Авиационные масла* маркируются (ГОСТ 1013—49) по способу очистки и величине кинематической вязкости при 100° С. Авиамасла хранят и перевозят в отдельных для каждой марки емкостях. Нельзя смешивать масла разных марок и разогревать их острым паром. Разогревать можно только через глухой змеевик. *Автолы* имеют плотность 0,905—0,930 кг/м³ и маркируются по значениям условной вязкости (ВУ от 5 до 15), способу очистки (АС — селективная очистка, АК — сернокислотная очистка) и наличию присадок. Нельзя смешивать различные сорта и обводнять автолы.

Дизельные масла имеют вязкость от 8 до 17,5 сст при 100° С, плотность около 890—910 кг/м³, температуру вспышки 190—225° С и выше, температуру застывания минус 10—25° С и ниже. Моторное масло имеет вязкость 62—68 сст при 50° С, температуру застывания ниже нуля. При хранении и перевозке компрессорных осевых, судовых и других масел основное внимание уделяют предотвращению загрязнения и обводнения груза. Эти требования особенно обязательны при транспортировке трансформаторного и конденсаторного масел.

Бензол представляет собой бесцветную прозрачную, легкоподвижную, испаряющуюся без остатка жидкость с сильными токсическими свойствами. Получается при перегонке нефти или коксовании углей. Плотность химически чистого бензола 0,874, толуола 0,863—

0,867, ксилола 0,850. Пиробензол обестолуоленный должен иметь температуру застывания минус 18° С. Хранение и перевозку пиробензола производят по тем же правилам, что и для бензина. Бензол перевозят наливом в танкерах и железнодорожных цистернах, редко — в железных бочках. Зимой бензол необходимо подогревать, так как температура его кристаллизации плюс 6° С. Каменноугольные бензолы имеют температуру кристаллизации ниже нуля.

Упаковка, маркировка, хранение, транспортировка и приемка нефтепродуктов регламентируются ГОСТ 1510—70.

Пробы нефтепродуктов отбирают в соответствии с ГОСТ 2517—69. Пробы, в зависимости от назначения, различают: индивидуальные, средние, контрольные. Индивидуальную пробу берут в один прием. Она характеризует свойства груза в определенной точке емкости. Закрытый пробоотборник опускают в танк (резервуар) до заданного уровня и открывают крышку. О заполнении пробоотборника нефтепродуктом судят по выделению пузырьков воздуха. Вынутую пробу выливают в чистую сухую посуду и закупоривают. Если нет пробоотборника, опускают в груз закрытую бутылку и на заданном уровне выдергивают пробку при помощи бечевки.

Средней пробой называют смесь нескольких индивидуальных проб, характеризующую средние свойства груза в одном или нескольких танках (резервуарах). На судне, загруженном одним нефтепродуктом, пробы отбирают не менее чем от 25% танков: 5 танков носовой, 15 танков центральной и 5% танков кормовой частей судна. Средние пробы для каждого танка составляют из индивидуальных проб, отобранных с трех уровней: одну часть с верхнего — на 200 мм ниже поверхности груза; три части со среднего — с середины высоты груза; одну часть с нижнего — с нижнего, доступного для пробоотборника уровня. При загрузке несколькими видами нефтепродуктов отбирают пробы не менее чем от 25% танков, загруженных одним нефтепродуктом, но не менее чем от двух танков. Среднюю пробу остатка в судне перед наливом составляют из равных по объему проб, отобранных от 25% всех танков.

При наливе нефтегрузов на судно среднюю пробу составляют из равных по объему индивидуальных проб, отобранных из пробоотборного крана на конце трубопровода через определенные промежутки времени. Особое внимание уделяют отбору первой пробы (из первого броска груза), так как качество груза может быть снижено, если в береговом трубопроводе находился нестандартный нефтепродукт.

Отобранные пробы смешивают в чистом, сухом, плотно закрывающемся сосуде. Такая средняя проба носит название ходовой пробы. Часть средней или индивидуальной пробы, предназначенная для анализа, называется контрольной пробой. Арбитражной пробой называется контрольная проба, опечатываемая грузоотправителем и хранящаяся на судне в течение двух месяцев на случай арбитражного анализа. Капитанской пробой называется контрольная проба, опечатанная поставщиком, которая передается через капитана судна получателю груза.

После погрузки капитан танкера получает по две опечатанные бутылки проб на каждую партию груза. Каждая бутылка должна иметь этикетку с указанием: наименования груза и его сорта, наименования базы, с которой отпущен груз, номера резервуара, даты отбора пробы, ГОСТа, по которому отбиралась проба.

§ 17.2. Хранение наливных грузов

Нефть и нефтепродукты хранят в специализированных емкостях на нефтебазах. Нефтебазы делятся на распределительные, находящиеся в ведении Главнефтесбыта, и потребительские, находящиеся в ведении отдельных организаций (бункеровочные базы в некоторых портах, совхозные, аэропортов, заводов). Морские суда перевозят нефтепродукты главным образом между распределительными базами и в экспортно-импортных перевозках. Для перевалки нефтепродуктов в морских портах сооружают специальные нефтегавани и нефтебазы. Нефтебазы, включая нефтепроводы и некоторые сооружения производственного назначения, расположенные на причалах, находятся в ведении Главнефтесбыта.

Нефтегавань, состоящая из оградительных сооружений, акватории и причалов, находится в ведении Управления морского порта. На территории причалов проложены трубопроводы для перекачки нефтепродуктов, оканчивающиеся гибкими шлангами для соединения береговых трубопроводов с грузовой системой танкера. В ряде портов осуществляется так называемая «беспричальная» погрузка-выгрузка нефтепродуктов. Трубопроводы прокладывают по дну моря к местам, имеющим достаточные глубины для подхода танкеров и защищенным от действия стихии настолько, чтобы суда могли производить перегрузочные операции. Береговой трубопровод оканчивается длинным гибким трубопроводом, к концу которого прикрепляется специальный буй. Танкер подходит к заданному месту и швартуется к бочкам. Гибкий шланг за буйреп поднимают на борт судна и соединяют с грузовой магистралью.

Темные нефтепродукты (котельное и дизельное топливо) хранят в бетонных, каменных или железобетонных надземных или полуподземных резервуарах емкостью до 5000 м^3, с плоскими или коническими крышами. Такие резервуары обмазывают изнутри цементом или другими составами и оборудуют системой подогрева и спуска продукта.

Светлые нефтепродукты хранят в стальных резервуарах различной конструкции и формы. Стальные сварные резервуары имеют маркировку РВС, после которой указывается емкость в кубических метрах, например РВС-4600. Клепаные резервуары маркируются РВК, например РВК-10500. Крыши резервуаров могут быть плоскими, коническими или сферическими. Резервуары шарообразной или сферической формы имеют ряд преимуществ перед цилиндрическими. Каждый резервуар снабжен люками для осуществления замера, чистки и ремонта, отверстиями для слива и налива нефтепродукта и спуска воды, дыхательным клапаном для выпуска газовой смеси при нагревании и наливе и впуска воздуха при охлаждении или сливе.

Для предотвращения потерь нефтепродуктов резервуары окрашивают в светлые тона. Лучшим красителем считается алюминиевая краска. Нефтепродукты, не боящиеся обводнения, хранят на водяной подушке. Плавающие крыши применяют в цилидрических резервуарах. Они представляют собой полый металлический поплавок, практически полностью закрывающий поверхность нефтепродукта. На центральной части крыши устанавливают ороситель для снижения температуры поверхности резервуара в жаркое время.

Налив нефтепродуктов на суда осуществляется самотеком, если резервуары расположены на достаточной высоте, или при помощи береговых насосов. Насосные станции бывают стационарные и передвижные. Стационарные насосы включены в схему трубопроводов, передвижные (в портах — плавучие) используют по мере надобности. Для нагрева вязких нефтепродуктов используют специальную энергетическую установку.

На нефтебазах и нефтегаванях предусматривают специальные противопожарные устройства и мероприятия. Для борьбы с пожарами нефтепродуктов используют пенотушение и орошение.

§ 17.3. Подготовка танков к приему грузов

Тщательность подготовки танков к приему грузов зависит от свойств выгруженного и погружаемого грузов и определяется в соответствии с ГОСТ 1510—70.

Применяют следующие способы очистки танков от остатков нефтепродуктов: ручной, с применением различных приспособлений и инструментов; механический (моечные машинки и другие приспособления); химический (применение растворителей и моющих препаратов); комбинированный (применение механических и химических средств).

Прежде чем начать мойку танков, необходимо максимально удалить остатки груза, для чего в танки наливают воду до определенного уровня и выкачивают поднятый водой нефтепродукт вместе с частью воды. Хорошие результаты дает способ выгрузки с применением вакуум-танков. Этот способ широко применяют в Черноморском морском пароходстве. Для уменьшения остатков парафинистых мазутов в ЧМП был применен следующий способ. Танкер, предназначенный для зачистки танков после перевозки мазута, поставили под перевозку сырой нефти, которая в процессе перевозки растворяла налипшие на корпус судна остатки мазута.

В дневное время суток танки моют обычно вручную, ночью их проветривают при помощи виндзейлей или механических вентиляторов. Мойку танков моечными машинами производят ночью или круглосуточно. В дневное время из танков выбирают оставшуюся на дне ржавчину. Подготовку танков начинают с пропарки острым паром, который разжижает остатки нефтегрузов и выпаривает газ. После этого танки моют горячей водой вручную из шлангов или при помощи моечных машинок. Пропарка и мойка отсека продолжаются 4—6 ч.

Для лучшей мойки применяют специальные моющие препараты типа МЛ (Союзморниипроект), ТШ-9 (Астраханский институт рыбного хозяйства), СМ4 (Черноморское морское пароходство) или «танкерный порошок» (ВНИИ жиров). Моющие средства должны обеспечивать разжижение и возможность откачки слоя высоковязких нефтепродуктов, очищать поверхности до металла, дегазировать танки, допускать многократное использование, по возможности не портить товарные качества остаточных нефтепродуктов. К таким препаратам относятся в первую очередь МЛ-1, МЛ-2, МЛ-6, МЛ-22. Отработанная эмульсия моющего препарата с нефтепродуктом собирается в один из центральных танков, где происходит расслоение эмульсии. Легкий нефтепродукт поднимается вверх, а внизу собирается очищенный препарат, который вновь направляется в танки для мойки. Иногда для мойки танков используют дизельное топливо — 200—250 т.

Моечные машинки (три на каждый танк) опускают в танк через специальные вырезы и горловины и подвешивают на шлангах попеременно на трех уровнях. В машинки подается морская вода, горячая вода или раствор моющего препарата под давлением 6—16 кгс/см^2. Моечные машинки имеют два или три ствола, через которые струи воды с силой ударяются о поверхность и конструкции корпуса танка и смывают остатки нефтепродуктов. Конструкция машинки такова, что стволы вращаются в вертикальной плоскости, а корпус — в горизонтальной. Это позволяет обработать поверхность танка, за исключением углов, куда струя раствора не может попасть. Перестановку моечных машинок производят через 20—25 мин при мойке холодной водой и через 15 мин при мойке горячей водой и дизельным топливом. На танкерах получили наибольшее распространение отечественные моечные машинки ММ-2, ММ-3, ММ-4, Г-13, Г-12Б, а за рубежом — «Баттерворт» и «Виктор Пайрейт».

Необходимое количество моющего раствора в кубических метрах определяют по формуле

$$V = 3qn, \tag{288}$$

где q — расход раствора через одну машинку, м^3/ч;

n — количество одновременно работающих машинок.

Если время работы машинок с раствором препарата МЛ-6 превышает 45 ч, а с МЛ-1, МЛ-2 и МЛ-22 — более 30 ч, то количество моющего раствора определяют по формуле

$$V = \frac{qnt}{K}, \tag{289}$$

где t — продолжительность работы машинок;

K — гарантированная кратность непрерывного использования моющего раствора, которая для МЛ-6 равна 15, а для МЛ-1, МЛ-2 и МЛ-22 — 10.

Оптимальная концентрация препарата в растворе 0,1—0,3%, температура раствора 75—85° С.

В соответствии с Международной конвенцией по предотвращению загрязнения моря выкачка в море нефтепродуктов и воды, загрязнен-

ной нефтепродуктами, запрещена. В портах, производящих перегрузку нефтепродуктов, сооружают специальные устройства и приспособления для приема и сбора остатков нефтепродуктов. После подготовки танков к приему масел и топлива для реактивных двигателей спускают воду из насосов и грузовой магистрали, а днище насухо протирают. Проводят наружный осмотр системы подогрева груза и опрессовывают ее давлением до 5 кгс/см^2.

В процессе мойки и подготовки танков необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, так как большая концентрация паров нефтепродуктов может вызвать удушье или отравление даже со смертельным исходом. При работе людей в танках на палубе около люка неотлучно должен находиться дежурный матрос.

§ 17.4. Загрузка танкера и перевозка наливных грузов

Нормальная загрузка танкера должна удовлетворять условиям: наиболее полного использования грузоподъемности и грузовместимости; количественной и качественной сохранности груза при погрузке, перевозке и выгрузке; нормальной осадки и дифферента; безопасного для корпуса распределения груза по танкам; удобства погрузки и выгрузки грузов в промежуточных портах; требований техники безопасности и противопожарной техники.

Полное использование грузоподъемности танкера возможно, если плотность наливного груза при максимально возможной температуре в рейсе ρ_{min} больше удельной грузоподъемности судна $\left(\delta = \frac{D_ч}{W}\right)$. При перевозке двух и более грузов с разной плотностью — больше и меньше удельной грузоподъемности ($\rho_1 > \delta > \rho_2$) возможна комплектация грузов, обеспечивающая наиболее полное использование и грузоподъемности и грузовместимости. Для этого решается система двух уравнений:

$$\left.\begin{aligned} Q_1 + Q_2 &= D_ч; \\ \frac{Q_1}{\rho_1} + \frac{Q_2}{\rho_2} &= W. \end{aligned}\right\} \qquad (290)$$

Указанный метод решения задачи является примерным, так как в действительности нельзя будет принять обусловленное расчетом количество груза, наливные грузы нельзя совмещать в одном танке и даже в одной группе танков. После этого расчета производится конкретный расчет количества груза в тоннах, которое может поместиться в танке, по формуле

$$Q_{ij} = W_j \rho_{min}. \qquad (291)$$

Комплектуя грузы, следует увеличить количество тяжелого груза за счет легкого с тем, чтобы грузоподъемность была обязательно использована. Допустимый объем груза в танке при наливе определяют по максимально возможной емкости танка с учетом минимальной пустоты и отношению плотности нефтепродукта при максимально

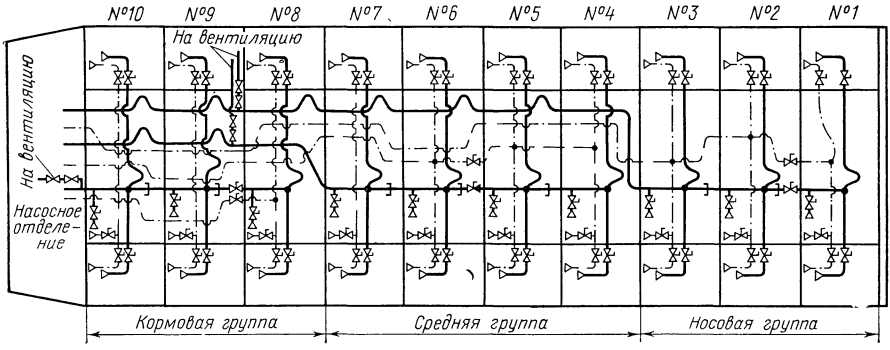


Рис. 90. Линейная схема грузового (сплошная) и зачистного (пунктирная) трубопроводов танкера

возможной температуре груза в рейсе ρ_{min} к плотности груза при наливе ρ^t:

$$V_{ij} = W_j \frac{\rho_{min}}{\rho^t}. \qquad (292)$$

В качестве расчетной температуры t_{max} принимают наибольшую температуру воды в рейсе плюс температурный запас 2—3° С.

По величине V_{ij} при помощи таблиц емкости танков определяют высоту пустоты h, которая должна быть составлена в танке при наливе. Минимальная высота пустоты может быть вычислена по приближенной формуле

$$h_{min} = H \frac{\Delta (t_{max} - t_i)}{\rho^t}. \qquad (293)$$

Ориентировочно можно считать, что на каждый градус увеличения температуры тяжелого груза необходимо оставлять пустоту 1 см, для легких грузов — 1,3—1,5 см.

В случае приема двух или более сортов груза они должны быть разделены не менее чем двумя клинкетами (секущим и танковым),

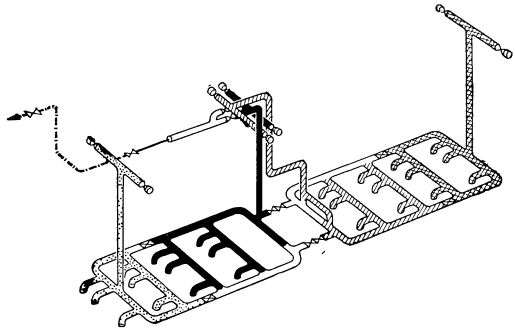


Рис. 91. Схема заполнения кольцевого трубопровода при погрузке четырех сортов груза

а при наличии только одного клинкета на магистрали должна быть дополнительно поставлена заглушка. Таким образом, возможность приема нескольких сортов груза зависит от системы грузового трубопровода.

Различают две схемы грузовой магистрали: линейную и кольцевую. Линейная схема грузового и зачистного трубопроводов танкера типа «Улан-Батор» (рис. 90) позволяет принять одновременно три сорта груза, каждый по своей магистрали и через свои насосы. Кольцевая схема спаренных грузового и зачистного трубопроводов танкера типа «Казбек» позволяет принять одновременно четыре сорта груза (рис. 91). Кольцевая схема грузовой магистрали получила наибольшее распространение на танкерах.

Главной проблемой при составлении грузового плана танкера является проблема сохранения продольной прочности, так как танкеры в силу своих конструктивных особенностей часто испытывают чрезмерные изгибающие моменты на подошве волны (см. рис. 75). Важным вопросом является также удифферентование судна. Именно поэтому танкеры стали первыми судами, на которых устанавливают приборы контроля посадки и прочности.

В принципе задача составления грузового плана танкера сводится к решению задачи распределенного веса оптимальным методом. Для решения этой задачи целесообразно иметь диаграмму загрузки танкера, разработанную в ОВИМУ под руководством В. Г. Сизова, с нанесенными на ней (или отдельно) кривыми полусуммы моментов сил дедвейта (рис. 92). С этой диаграммы для заданного значения водоизмещения снимают значения величин $M_{\max}$, $M_{\text{опт}}$, $M_{\min}$, M_d. Для балластного перехода пользуются кривой оптимальных моментов дифферента M_d, на которой указаны условия погоды в виде цифр, обозначающих состояние моря в баллах.

Задачи распределения грузов или балластировки танкера удобно решать графическим путем на номограмме распределенного веса (см. § 11.3), бланки которой могут быть заготовлены заранее. На номограмме заранее наносят кривые моментов $M_{\max}$, $M_{\text{опт}}$, $M_{\min}$ (рис. 93). Для заданного $D_{\text{в}}$ находят значения $M_{\max}$, $M_{\min}$, $M_{\text{опт}}$ и проводят через них горизонтали в районе середины $D_{\text{в}}$. Далее находят положение граничных точек *н* и *к*, как это изложено в § 11.3, а затем поднимают их вверх на отрезок, равный величине арифметической полусуммы моментов веса запасов в масштабе шкалы M_l. Далее можно построить ломаную, соответствующую пропорциональному распределению нагрузки (линия *н*, *1*, *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7*, *8*, *9*, *10*, *к* на рис. 93), и решать задачу по методике, изложенной в § 11.3. Однако это чаще всего приводит к трудному поиску оптимального и даже удовлетворительного решения. Поэтому рекомендуется построение вести раздельно для носовой и кормовой частей судна, откладывая последовательно максимальные значения $P_{j\,\text{н}}$ от точки *н* и $P_{j\,\text{к}}$ от точки *к* до получения пересечения двух ломаных в зоне, ограниченной величинами $M_{\max}$ — $M_{\min}$. При решении задачи, безусловно, необходимо учитывать ограничения количества принимаемых к перевозке разных сортов груза и возможность их размещения в тех или иных отсеках.

Расчет грузового плана танкера облегчается на судах, имеющих достаточное количество типовых грузовых планов, рассчитанных в соответствии с требованиями Регистра СССР. Грузовые планы танкеров для конкретных рейсов и условий могут быть рассчитаны при помощи ЭВМ. Стандартная программа такого расчета разработана и внедрена Ю. Л. Воробьевым и сотрудниками кафедры теории корабля ОИИМФа и Черноморского ЦПКБ. В соответствии с этой программой определяется рациональное размещение нескольких сортов груза, оптимальное размещение запасов и, в случае необходимости, балласта. Машина дает в отпечатанном по стандартной форме бланке следующие данные: плотность и количество принимаемых грузов, количество запасов и их величину в процентах в носовых танках, расчетные величины D, M_X, $T_н$, $T_к$, $M_{опт}$, M_l, M_h при полных запасах и с 10% запасов. Величина M_h дается для трех случаев и двух вариантов — с учетом и без учета обледенения, коэффициента заполнения танков грузом (отдельно центральных и бортовых).

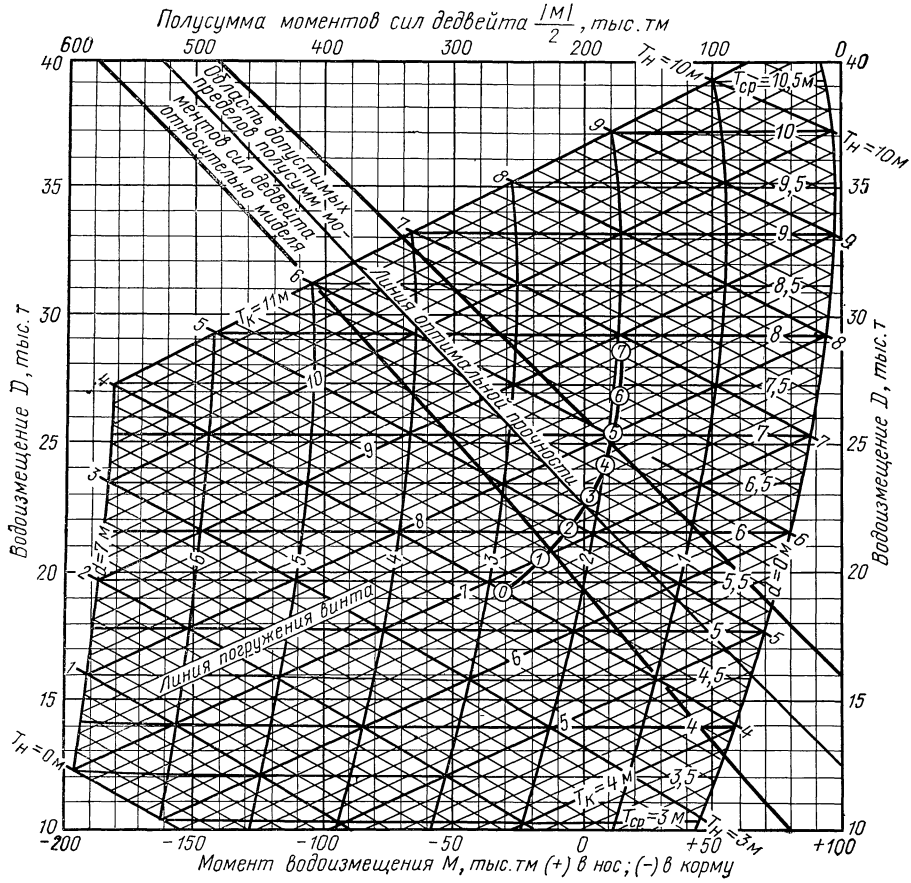


Рис. 92. Диаграмма загрузки танкера типа **«Улан-Батор»**

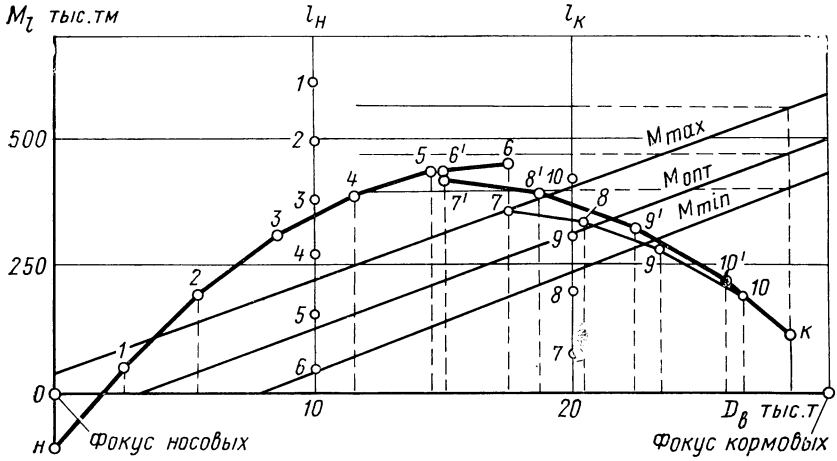


Рис. 93. Схема расчета загрузки танкера на номограмме распределенного веса

Правильность загрузки танкера нужно соблюдать не только при полной загрузке, но и при наливе. В любой момент погрузки или перевозки судно не должно испытывать чрезмерных напряжений в корпусе. Для этих целей заводы-изготовители снабжают танкеры инструкцией по загрузке, в которой указывают очередность налива груза в танки. Варианты очередности загрузки дают лишь частные решения и то только в общем виде. В практике возникает гораздо больше вариантов, поэтому капитан и второй помощник капитана должны решать этот вопрос исходя из конкретных условий и стремясь к равномерному распределению нагрузок, помня, что в любое время алгебраическая полусумма моментов сил веса переменной нагрузки не должна выходить за рамки допустимых значений.

Обычно мелкие и средние танкеры загружают начиная от середины к оконечностям. Более правильным является чередование отсеков, например, для танкера типа «Казбек»: I — 2, 4, 6; II — 3, 5, 7 и III — 1, 8. Для танкера типа «Улан-Батор» возможна, например, такая очередность загрузки: I — 3, 6, 9; II — 2, 4, 10; III — 1, 7, 8; IV — 5.

Применение на современных танкерах дистанционной системы контроля уровня груза в танках и дистанционного управления клинкетами делает возможным одновременный налив груза во все или бо́льшую часть танков, что позволяет наиболее рационально осуществлять загрузку танкера.

В процессе погрузки, перевозки и выгрузки наливных грузов должны строго соблюдаться правила техники безопасности и противопожарной безопасности. Шланги должны быть надежно соединены, нельзя допускать перелива и разлива груза; курение при перевозке легковоспламеняющихся жидких грузов разрешается только в специальных местах с соблюдением особых мер предосторожности; посто-

ронние лица не допускаются на судно и к местам расположения грузовых шлангов; противопожарное оборудование и инвентарь должны быть в исправности и подготовлены к действию.

После окончания налива и замеров груза проверяют надежность закрытия клинкетов, замерных отверстий, крышек расширителей танков и автоматических клапанов газоотводной системы. В пути следования регулярно замеряют высоту пустот в танках, особенно на переходе из холодной зоны в теплую. Для снижения потерь нефтепродукта при «малых дыханиях» в дневное время включают постоянное (но не периодическое) орошение палубы.

В течение всего периода нахождения нефтепродукта (особенно 1-го разряда) на танкере соблюдают строгий противопожарный режим. Вахтенная служба контролирует возможное выделение искр из дымовой трубы и других источников и принимает меры к тому, чтобы искры не попадали на палубу. В случае загорания паров нефтепродукта, выходящих из газоотводной системы, перекрывают клапаны системы и предотвращают поступление паров в атмосферу.

Перед приходом танкера в порт выгрузки заблаговременно проверяют и подготавливают грузовые системы. Вязкие нефтепродукты подогревают до необходимой температуры. В табл. 29 приведена температура подогрева мазута для нормальной работы насоса.

Таблица 29

Вид насоса	Марка мазута						
	Ф-12	Ф-20	Т-20	Т-40	Т-60	Т-80	Т-100
Центробежный . .	45—50	50—55	50—60	60—65	70—75	75—80	80—85
Поршневой . . .	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50

При перевозке и перегрузке нефти и нефтепродуктов должны в полном объеме соблюдаться требования Международной конвенции по предотвращению загрязнения моря 1973 г. [26, Прилож. 1].

§ 17.5. Перевозка сжиженных газов наливом

За последние 10—15 лет начали развиваться перевозки газов в специальных танкерах-газовозах. Перевозки сжиженного природного газа, а также метана, бутадиена, аммиака, хлористого винила и многих других газов представляются весьма перспективными. В зависимости от свойств газов, в частности от величины парциального давления, температуры кипения, критической температуры и критического давления, возможны три способа перевозки газов: под давлением, в переохлажденном виде и под давлением с частичным охлаждением.

Перевозка газов в газовозах экономически целесообразна, если газ перевозится в сжиженном виде. В этом случае его объем уменьшается примерно в 600 раз, что позволяет лучше использовать грузоподъемность судна.

Наиболее простым способом является перевозка газов под давлением. Этот способ применим для газов, критическая температура которых превышает плюс 70° С, и газ может быть сжижен сравнительно небольшим давлением и находиться в жидком состоянии при обычно встречающихся температурах (до плюс 65° С).

Система для перевозки сжиженных газов под давлением представляет собой закрытую газонепроницаемую систему, находящуюся под давлением до 20 кгс/см² (20 даН/см²) и состоящую из резервуаров сферической или цилиндрической формы, трубопроводов, оборудования для грузовых операций и контроля за температурой и давлением в системе, предохранительных клапанов. При перевозке одного и того же газа в системе практически не образуется взрывоопасной газовоздушной среды, так как она заполнена только газом. Взрывоопасные ситуации возникают при дегазации системы в процессе подготовки при приеме другого газа.

В переохлажденном виде перевозят газы, критическая температура которых такова, что не позволяет в обычных условиях сохранять газ в жидком состоянии путем одного только давления. В этом случае газы охлаждают до температуры ниже температуры их кипения, при которой давление паров становится ниже атмосферного. В процессе перевозки происходит испарение газа, поэтому в системе предусматривают специальную холодильную установку для сжижения испарившегося газа и возвращения его в резервуар.

При перевозке сжиженных природных газов применение холодильной установки становится нецелесообразным, и испарившиеся газы выпускают в атмосферу, что приводит к ее загрязнению. Поэтому в таких случаях целесообразно предусматривать использование испаряющихся газов в качестве топлива для судовых механизмов. Для изготовления резервуаров и других частей системы применяют специальные материалы, выдерживающие очень низкие температуры. Так, для перевозки метана требуется поддержание температуры ниже минус 161,5° С.

Промежуточным является способ перевозки газа с применением как давления, так и охлаждения. В этом случае требуется система, рассчитанная на меньшее рабочее давление, чем при перевозке под давлением, и не требуется применения мощной теплоизоляции, как в случае перевозки в переохлажденном виде. На газовозе, оборудованном такой системой, все газы перевозят при одном рабочем давлении, а температуру груза поддерживают равной температуре кипения газа или такой величине, при которой давление газа не превышает рабочее давление резервуара. Этот способ перевозки газов считается в настоящее время наиболее перспективным, обеспечивающим возможность перевозки широкой номенклатуры грузов.

При перевозке газов на специальных судах следует выполнять «Правила перевозки сжиженных газов на танкерах-газовозах ММФ»[1], а также инструкции заводов-строителей и другие рекомендации.

---

[1] Сб. правил перевозок и тарифов морского транспорта СССР. Вып. 47. М., Рекламбюро ММФ, 1968.

Заполнение резервуаров сжиженным газом должно производиться так, чтобы в течение рейса всегда оставалось газовое пространство объемом не менее 1% от геометрического объема резервуара. При этом должно учитываться возможное расширение груза за счет увеличения его температуры. Коэффициент заполнения грузовых цистерн газовоза, предназначенного для перевозки сжиженных газов под давлением, может быть определен по формуле В. К. Козырева

$$K = \frac{V_н}{V_г} = \frac{0{,}99 - K_в \beta (t_{п.с} - t_р)}{1 + \beta (t_р - t_н)}, \qquad (294)$$

где $V_н$ — объем жидкой части груза при наливе;
$V_г$ — геометрический объем цистерны;
$K_в$ — отношение объема жидкости в надпалубной части цистерны к геометрическому объему цистерны;
$t_{п.с}$ — температура поверхности жидкой части груза;
$t_р$ — расчетная (максимальная) температура груза;
$t_н$ — температура груза при наливе.

Для газовозов типа «Кегумс» формула (294) принимает вид

$$K = \frac{0{,}985}{1 + \beta (t_р - t_н)}. \qquad (295)$$

Вопросы дегазации и приема к перевозке иного газа, чем перевозившийся ранее, изучены еще слабо. Дегазацию цистерн принципиально можно проводить инертными газами (обычно азот), пресной водой, воздухом и газами, подлежащими наливу. Самой безопасной, но дорогой является дегазация инертными газами. Удаление остатков газа путем замещения газами, подлежащими наливу, или пресной водой возможно только в том случае, если при этом не образуется опасных химических взаимодействий двух газов между собой или не образуется соединений, которые могут опасно воздействовать на материалы систем судна или быть опасными для окружающей среды. Дегазация пресной водой требует контроля за сохранением прочности корпуса судна и его посадкой, а также за предотвращением коррозии в грузовой системе.

Дегазация систем газовоза обычным воздухом наиболее экономична, но связана с большой опасностью взрыва, так как при этом в цистернах образуются взрывоопасные концентрации газа. Однако при соответствующих условиях, исключающих появление источника воспламенения в грузовой системе, такая дегазация возможна. С целью сокращения периода потенциальной опасности В. К. Козырев предложил метод дегазации цистерн воздухом, при котором взрывоопасные концентрации газа в грузовой системе сохраняются минимально возможное время. Сущность метода заключается в том, чтобы «проскочить» диапазон опасных концентраций газа в процессе одного впуска воздуха между двумя последовательными вакуумированиями. Необходимый для этого вакуум определяется по формуле

$$p_в = \left(1 - \frac{K^к_{об}}{K^н_{об}}\right) p_н, \qquad (296)$$

где $K^{к}_{об}$, $K^{н}_{об}$ — концентрация газа в процентах по объему;
$p_н$ — начальное давление в системе.

При этом $K^{к}_{об}$ должна выбираться ниже нижнего предела взрываемости, а $K^{н}_{об}$ — выше верхнего предела взрываемости газа. Для практических расчетов В. К. Козыревым предложена универсальная диаграмма вакуумирования цистерн газовоза.

§ 17.6. Перевозка наливом химических грузов

Растущий объем перевозок жидких химических грузов потребовал решения вопроса перевозки их наливом на специально оборудованных танкерах-химовозах. Номенклатура таких грузов весьма обширна, это — различные кислоты, щелочи, углеводороды, спирты, сера, латекс и т. д. Межправительственная морская консультативная организация (ИМКО) в 1970 г. разработала «Временные рекомендации по перевозке наливом на существующих судах опасных химических грузов, являющихся жидкостями при окружающей температуре и атмосферном давлении». Рекомендации не распространяются на грузы, опасность которых не превышает опасности нефти и нефтепродуктов и которые перевозятся с соблюдением мер предосторожности, предписанных для обычных танкеров.

При перевозке химических грузов наливом капитану судна должна быть предоставлена необходимая информация о свойствах груза. Экипаж судна должен быть специально обучен и проинструктирован в части мер безопасности при перевозке химических грузов. Химические грузы, опасно взаимодействующие с водой, например сильные кислоты, а также грузы, вызывающие опасное загрязнение окружающей среды, можно перевозить только на танкерах с двойным дном и двойными бортами. Танки, предназначенные для перевозки коррозионных грузов, должны быть покрыты специальными предохраняющими покрытиями. Не допускается перевозка в смежных танках грузов, которые могут опасно взаимодействовать друг с другом. Между танками с опасным наливным грузом и машинным отделением, служебными и жилыми помещениями должен быть коффердам, пустой танк, насосное отделение или танк, заполненный совместимым и неопасным грузом (например, жидкостью с температурой вспышки более 61° С). Экипаж судна обеспечивают защитной одеждой и снаряжением.

В 1971 г. Ассамблея ИМКО утвердила «Свод по конструкции и оборудованию судов, перевозящих опасные химические грузы наливом», который распространяется на вновь строящиеся суда, предназначенные для перевозки таких грузов. Все химические наливные грузы классифицированы по степени и виду опасности — пожарной, опасности для здоровья людей, загрязнения воды и воздуха, химической реакции. Грузы и суда разделены на три типа в зависимости от вида и степени опасности грузов.

Суда первого типа предназначены для перевозки наиболее опасных химических грузов, требующих особых мер предосторожности и недопущения утечки грузов за борт при любых непредвиденных усло-

виях. Эти суда должны сохранять плавучесть и остойчивость при получении ими расчетных повреждений в любой части судна при столкновениях и посадке на мель. При этом должна быть обеспечена целостность и непроницаемость грузовых танков, емкость каждого из которых ограничивается 1250 м³. Сброс в море грузов, перевозимых только на судах первого типа, запрещается в любом месте океана.

Суда второго типа предназначены для перевозки менее опасных грузов, чем суда первого типа, поэтому к ним предъявляются менее жесткие требования в отношении непотопляемости и расположения грузовых танков. Сброс в море грузов, которые перевозятся на судах второго типа, допускается в очень ограниченных количествах и только в определенном удалении от берегов и других запрещенных мест (не менее 12 миль), при контролируемых условиях.

На судах третьего типа перевозят грузы, обладающие умеренной опасностью, поэтому к ним предъявляются меньшие требования в отношении непотопляемости, чем к судам двух первых типов. Сброс грузов третьей категории в море допускается только при соблюдении определенных условий и не ближе 12 миль от берега, районов рыболовства и других запрещенных мест.

Перевозки химических грузов наливом должны осуществляться с соблюдением требований Международной конвенции по предотвращению загрязнения моря 1973 г. [26]. ИМКО продолжает работы по регламентации перевозки и разработке требований к судам-химовозам.

§ 17.7. Перевозка наливом растительных масел, животных жиров, патоки и других пищевых продуктов

Растительные масла получают из масличных семян, дерева, корней, листьев и цветов. Большинство растительных масел используется в качестве пищи, часть идет на изготовление мыла, лаков и красок. Эфирные масла применяют в парфюмерии. Животные жиры обладают резкими сильными запахами и в соприкосновении с волокнистыми веществами вызывают активное самонагревание и самовозгорание последних. Жиры сами являются горючими веществами. При повышении температуры жиры и растительные масла окисляются и приходят в негодность. Плотность и температура застывания некоторых растительных масел и животных жиров приведены в табл. 30.

Животные жиры, растительные масла и другие жидкие грузы обычно не хранят в порту, а передают с судна (или на судно) в железнодорожные цистерны. При перевозках в больших количествах в портах сооружают буферные емкости для таких грузов.

Патока (меласса) является побочным продуктом сахарного производства, представляет собой густой сироп темно-коричневого цвета с плотностью около 1,24. С морской водой дает коррозионные соединения. Требует подогрева при перекачке до 32° С. Повышение температуры до 40° С и выше вызывает затвердевание (кристаллизацию) и делает невозможной выгрузку затвердевшей массы. Перевозят патоку наливом в танкерах и в диптанках обычных судов. Все емкости

Таблица 30

Наименование масла	Плотность при 20° С, кг/м³	Температура застывания, °С		Температурная поправка на 1° С, 10^{-6} Δ
		от	до	
Арахисовое	912—917	—7,1	+ 3	675
Кукурузное	919—920	—10	—20	675
Рапсовое	911—918	0	+10	675
Хлопковое	922—930	0	— 6	627
Касторовое (клещевинное)	920—940	—18	—10	690
Китовый жир	910—928	+10	+23	745
Льняное	927—932	—15	—27	690
Подсолнечное	915—923		—17	746

и системы должны быть тщательно очищены и дезодорированы. После перевозки патоки танки моют морской водой, а затем смывают пресной водой и высушивают. Остатки патоки, особенно смешанные с морской водой, должны быть тщательно удалены.

Жидкий каучук (латекс, обработанный аммонием или креозотом) перевозят в герметически задраенных танках, поверхность которых покрывают парафином. Плотность 0,96—1,0. Разжиженный аммонием каучук нельзя разогревать до температуры 39° С и выше, каучук с креозотом — выше 49° С.

Танки, предназначенные для перевозки растительных масел и жиров, должны быть абсолютно непроницаемы и изолированы от всех судовых систем, для чего отсоединяют весь трубопровод и ставят заглушки; должны быть совершенно чистыми, а при перевозке пищевых масел и жиров — очищены от битумных и металлических красок. Судно должно заранее получить извещение о предстоящей погрузке масел.

При подготовке танков для налива жиров, растительных масел, спиртов и зерновых грузов особое внимание уделяют удалению из танков ржавчины и запахов нефтепродуктов. Прежде всего проводят дегазацию танков.

Для полной дегазации танков сначала, после полного удаления остатков груза, их моют холодной водой при помощи шлангов или моечных машинок, затем пропаривают в течение 4—6 ч острым паром при закрытых расширителях. После пропарки танки вентилируют, открыв расширители, и промывают холодной водой из шланга под давлением не менее 6 кгс/см². Время, необходимое для мойки танков, исчисляется из расчета 6 мин на каждые 100 м³ танка. Запахи прочно удерживаются ржавчиной, поэтому ржавчина должна быть тщательно удалена. Если первая пропарка не дает положительных результатов, пропарку танков и трубопровода повторяют. Температура в танках не должна превышать 60—70° С. Для полной дегазации танкера типа «Казбек» обычно необходимо 5—7 сут. Расход топлива составляет около 70 т, воды — 200 т.

Суда, перевозившие этилированные бензины, необходимо ставить под перевозку дизельного топлива или тракторного керосина (не менее

двух рейсов), прежде чем перевозить на них пищевые грузы. После выгрузки жиров и растительных масел грузовой трубопровод и танки необходимо промыть теплой, но не свыше 30° С, водой, в противном случае в танках образуется масляная эмульсия с неприятным запахом. После перевозки растительных масел и жиров не рекомендуется ставить танкер под перевозку светлых нефтепродуктов, так как это приведет к изменению цвета этих грузов.

При перевозке китового жира поддерживают температуру груза в пределах 20—30° С и предотвращают контакт груза с водой и воздухом.

Глава 18

НАВАЛОЧНЫЕ И НАСЫПНЫЕ ГРУЗЫ

§ 18.1. Основные виды и свойства насыпных и навалочных грузов

К навалочным грузам относятся главным образом сырье минерального и растительного происхождения — каменные и бурые угли, сланцы, руды и другие полезные ископаемые; продукты промышленной обработки сырья — кокс, обогащенные руды, удобрения, строительные материалы, некоторые продукты растительного происхождения — жмыхи, копра. Различают следующие основные марки каменных углей: Д — длиннопламенный, Г — газовый, ПЖ — паровичный жирный, К — коксовый, ПС — паровичный спекающийся, СС — слабоспекающийся, Т — тощий, А — антрацит. Характеристики каменных и бурых углей зависят от места их добычи. В зависимости от устойчивости к самовозгоранию угли делятся на следующие группы (табл. 31).

К рудам относятся — железные, марганцевые, хромовые, борные, медные, свинцовые, цинковые руды и их концентраты. Навалом перевозят апатиты, фосфориты, калийные и азотные удобрения, сульфаты, селитры, поваренную соль, суперфосфат, преципитат, пек каменноугольный, гудрон, битум. К навалочным грузам относится ряд строительных материалов: песок, гравий, глина, клинкер, камень бутовый. Навалом перевозят некоторые продукты переработки зерна, например жмыхи и шрот. Жмыхи и шрот подвержены самонагреванию и самовозгоранию, особенно во влажной атмосфере, быстро портятся и относятся к опасным грузам класса 4.2.

Навалочные грузы, представляющие собой тонкий, мелкий порошок, например цемент, выделяются в особую группу пылевидных грузов, обладающих рядом специфических свойств. Их перерабатывают не только грейферами, но и пневматическими установками. Некоторые пылевидные и пылеобразующие грузы способны образовывать взрывчатые смеси с воздухом.

Таблица 31

Группы	Марки и классы углей
I. Высокой устойчивости:	
а) наиболее устойчивые	Антрациты всех месторождений, кроме марки АШ;
б) устойчивые	антрациты АРШ, АСШ; каменные угли донецкий и кузнецкий Т; черемховский Д; сучанские Т, ПЖ, Г
II. Средней устойчивости	Донецкие ПЖ, К, ПС, Г; кузнецкие ОС, К, ПЖ, Ж, Г; карагандинские ПЖ и ПС; печорские ПЖ и Г; кизеловский ПЖ; хакасский Д; букачачинский и среднеазиатский Г; сахалинские Т, Ж, Д; силезский
III. Неустойчивые	Донецкий, кузнецкий и печорский Д; тквибульский Г; ткварчельский ПЖ; бурые угли: подмосковные, уральские, сибирские и дальневосточные, смеси каменных углей разных марок
IV. Наиболее подверженные самовозгоранию	Бурые угли украинские
V. Подверженные особо сильному самовозгоранию	Бурые угли среднеазиатские

К насыпным грузам относятся в основном зерно и продукты его переработки, перевозимые в неупакованном виде. Зерновые культуры различают трех категорий: собственно зерновые, или злаки (пшеница, ячмень и т. п.), бобовые (горох, фасоль, чечевица и т. д.) и масличные (подсолнечник, лен, конопля, кунжут (сезам), рыжик, клещевина, горчица, рапс, хлопковое семя).

Специфические свойства навалочных и насыпных грузов рассмотрены в гл. 6.

Усадка зерна и некоторых навалочных грузов происходит в результате сдавливания нижних слоев верхними и перераспределения частиц груза в массе насыпи, что приводит к уплотнению зерновой массы. Усадка зерна в рейсе может достигать 2,5—8%. На усадку влияют свойства груза, условия загрузки и условия плавания. По данным лаборатории грузоведения ОИИМФа, усадке меньше подвержены нижние слои груза, находящиеся под давлением. Вибрация судна усиливает усадку верхних слоев груза. Наибольший эффект усадки наблюдается при встряхивании, что характерно для переходов в штормовых условиях. В лаборатории достигнута усадка пшеницы при встряхивании до 11%. По свидетельству капитанов судов, усадка на теплоходах выше, чем на пароходах.

Гранулометрический состав навалочных и насыпных грузов определяет возможности применения различных схем механизации перегрузочного процесса, степень слеживаемости и смерзания груза. Изменения гранулометрического состава, происшедшие при хранении и небрежной перегрузке груза, могут вызвать претензии грузополучателей. В зависимости от размеров частиц навалочные грузы делятся на классы (табл. 32).

Таблица 32

Наименование класса	Размер типичных кусков, мм	Наименование класса	Размер типичных кусков, мм
Крупнокусковые . .	160	Крупнозернистые . .	2—10
Среднекусковые . . .	60—160	Мелкозернистые . .	0,5—2
Мелкокусковые . . .	10—60	Порошкообразные . .	0,05—0,5
		Пылевидные	Менее 0,05

Угли делятся, в зависимости от размеров кусков, на классы (табл. 33).

Гранулометрический состав навалочных грузов изменяется главным образом при перегрузке. При перемещении угля скрепером на расстояние до 50 м образуется до 11% мелочи, при перегрузке угля грейфером — 0,25—2,2%. Многие руды мало подвержены измельчению. Дроблению подвергаются марганцевая и апатитовая руды. Апатитовую руду запрещается сбрасывать с высоты более 2 м. Большое значение в вопросах механизации перегрузки навалочных грузов имеет *коэффициент трения* груза о поверхность, по которой он скользит.

Навалочные и насыпные грузы являются гигроскопическими веществами, вследствие чего их влажность и масса изменяются в процессе транспортировки, поэтому изменения их влажности следует учитывать при расчетах с клиентом. Влага в навалочном грузе способствует смерзаемости и слеживаемости груза, может разжижать груз, вызывая опасный крен и даже гибель судна (см. § 6.2).

Повышенная влажность зерна приводит к порче груза, поэтому к перевозке не допускается зерно с влажностью выше 16%. Обычно влажность экспортного зерна составляет 11—14%.

Порошкообразные и пылевидные фракции навалочных грузов, особенно влажные, налипают на стенки борта, перегрузочные механизмы, что снижает производительность перегрузочных работ. Апа-

Таблица 33

Размер кусков, мм	Каменные угли		Антрациты	
	Обозначение класса	Наименование класса	Обозначение класса	Наименование класса
Более 100	—	—	АП	Антрацит плотный (плита)
50—100	К	Крупный	АК	Кулак
25—50	О	Орех	АО	Орех
13—25	М	Мелкий	АМ	Мелкий
6—13	С	Семечко	АС	Семечко
Менее 6	Ш	Штыб	АШ	Штыб
Менее 100	—	—	АРШ	Рядовой (без плиты)
Неограничен	Р	Рядовой	—	

титы, бокситы, бура, колчедан, окись алюминия и кремния, железная руда, цемент обладают *абразивностью*, поэтому при их хранении и перегрузке необходимо защищать трущиеся части механизмов от попадания пыли этих грузов. Навалочные грузы (удобрения калийные, азотные, суперфосфат, селитра), содержащие в своем составе соли и сернистые соединения, вызывают коррозию металлов.

Навалочные и насыпные грузы, выделяющие горючие газы (например, уголь) или образующие пыль (уголь, зерно), являются взрывоопасными. Свинцовые и цинковые руды, пек, цемент, известь, семена клещевины содержат едкие или ядовитые вещества и представляют опасность для людей и пищевых грузов.

§ 18.2. Хранение в порту насыпных и навалочных грузов

В портах, через которые проходит большое количество зерна, строят элеваторы. Элеваторы находятся в ведении заготовительных организаций, которые обеспечивают качественное хранение, подработку и отпуск зерна для перевозки. В ряде случаев приходится хранить зерно в портовых складах. Склады для зерна должны быть сухими, чистыми, не зараженными амбарными вредителями, без постороннего запаха. Крыши, стены, полы, окна и двери склада должны быть исправными, плотными и мало теплопроводными.

В складах с бревенчатыми или сухими каменными стенами зерно засыпают без дополнительных ограждений. В складах с дощатыми или сырыми каменными стенами зерно засыпают в бунты-колодцы, образуемые из уложенных вперевязку мешков с зерном или деревянными щитами, выстилаемыми внутри брезентами, которые устанавливаются на расстоянии не менее 50 см от стен. Под навесами бунты устраивают на расстоянии не менее 1 м от края навеса. Зерно, находящееся в в нормальном кондиционном состоянии, можно складировать на высоту до 4—5 м. В местностях с теплым, влажным климатом, например в некоторых районах Дальнего Востока, Черноморского побережья Кавказа, Прибалтики, а также в периоды года с высокой относительной влажностью воздуха, особенно в весеннее время, когда увеличивается температура и влажность наружного воздуха, высоту зерновой массы уменьшают до 2,5—1,5 м.

При хранении зерна в неблагоприятных климатических условиях или находящегося в некондиционном состоянии (повышенная влажность, недозрелое зерно) в зерновой массе прокладывают вентиляционные трубы из плотно пригнанных досок. Трубы располагают горизонтально на полу в 2—3 м одна от другой. Над ними на расстоянии 1—1,5 м устанавливают следующий ряд горизонтальных труб. Горизонтальные трубы соединяют между собой вертикальными, устанавливаемыми на расстоянии 1—2 м друг от друга. Вертикальные трубы должны выступать над поверхностью насыпи не менее чем на 25 см. Выходные отверстия труб закрывают сетками от грызунов, в сырую погоду их плотно закрывают.

В процессе хранения зерна необходимо постоянно наблюдать за температурой и состоянием груза. При обнаружении признаков самосогревания зерна зерновую массу перелопачивают и хорошо проветривают. Возможность и целесообразность вентиляции зерна устанавливают расчетом в соответствии с рекомендациями, изложенными в § 8.8.

При перегрузке зерна образуется много пыли, смесь которой с воздухом взрывоопасна. В механических амбарах соблюдают строгий режим — нельзя курить, пользоваться открытым огнем, допускать появления искр от электроприборов и установок.

Большинство навалочных грузов (уголь, руда, стройматериалы) хранят на открытой складской площади. Грузы пылевидные и боящиеся воздействия метеорологических осадков хранят в закрытых складах с соблюдением условий, в основном аналогичных условиям хранения зерновых грузов насыпью.

Открытые складские площади для навалочных грузов располагают на сухом твердом основании (бетонном, каменном). Должны быть предусмотрены устройства для стока поверхностных вод так, чтобы вода от одного штабеля не попадала под другой. Склады, а также, естественно, и причалы для перевалки навалочных грузов располагают в порту так, чтобы не было загрязнения пылью этих грузов других, рядом расположенных грузов, судов, служебных построек и населенных пунктов. При этом учитывают направление господствующих ветров в данном порту. Штабеля угля, подверженного самонагреванию и самовозгоранию, располагают вдоль оси господствующего ветра. Нельзя хранить уголь рядом с рудой и химикатами. Наличие, например, марганцевой руды в угле приводит к выходу из строя топок котлов. Угольная пыль с селитрой и серным колчеданом образует взрывчатую смесь.

Размеры штабелей в плане правилами и условиями хранения грузов не ограничиваются. Они зависят от конкретного места расположения штабеля и количества штабелируемого груза. Высота штабелирования рудных грузов ограничивается технической нормой нагрузки на пол склада и определяется по формулам (68). Высота штабелирования каменного угля зависит от склонности его к самовозгоранию и сроков хранения (табл. 34).

Таблица 34

Срок хранения, сут	Группы угля по склонности к самовозгоранию				
	I	II	III	IV	V
До 10	Не ограничена	10	5	2,5	2
Свыше 10	»	5	3	2,5	2

Угли III и IV групп, содержащие серы 3% и более, штабелируют на высоту не более 1,5—2,0 м. При сроках хранения, отличных от указанных в табл. 34, следует пользоваться данными Правил МОПОГ [18]. Рекомендуемые предельные сроки хранения углей I группы — до четырех месяцев; II группы — до двух; остальных — до одного месяца. Указанные сроки могут быть продлены только при условии

отсутствия признаков самосогревания углей. В каждом порту, исходя из опыта хранения углей различных марок и месторождений, могут быть выработаны свои пределы высоты штабелирования.

При длительном хранении углей, особенно тех, которые подвержены самовозгоранию, необходимо систематически наблюдать за температурой груза. Для этого в штабеле устанавливают вертикальные металлические трубы внутренним диаметром 50 мм. Температуру замеряют специальными инерционными ртутными термометрами, заключенными в оправу и укрепленными на шнуре. Помимо измерения температуры, рекомендуется пользоваться металлическим щупом, который вводят в штабель, выдерживают там не менее 20 мин, затем быстро вытаскивают и ощупывают. Горячее место на щупе показывает место очага самонагревания или самовозгорания.

Температура угля в штабеле с наветренной стороны обычно выше, чем с подветренной. Нагревание угля распространяется от боковой поверхности в глубь штабеля. С ростом температуры зона максимального нагрева перемещается вверх по штабелю. Наибольшая температура угля в штабеле высотой 10—12 м наблюдается в середине штабеля, высотой 5—6 м — у подошвы.

Если температура в штабеле достигла 40° С, температура измеряется не реже двух раз в сутки независимо от марки угля. Если температура угля повысится до 45° С и выше или скорость повышения температуры достигнет 5° С в сутки, нужно немедленно принимать меры к ликвидации очагов самовозгорания. Как правило, уголь следует перелопатить, для чего должны быть оставлены резервные площадки рядом со штабелем размером не менее $^1/_6$ площади штабеля.

При температуре угля 60° С разогревшийся уголь выбирают из штабеля, располагают на запасной площадке слоем не более 50 см и перелопачиванием добиваются снижения его температуры до нормальной (равной температуре окружающей среды). Применение воды для тушения и охлаждения угля в штабелях не допускается. Уголь, прибывший в порт с температурой более 45° С, выкладывают на резервной площадке слоем не более 50 см, и только по достижении нормальной температуры его можно укладывать в штабеля.

Внешние признаки очагов самонагревания и самовозгорания угля в штабеле: влажные пятна на поверхности штабеля, которые с восходом солнца исчезают, но могут и оставаться; белые пятна, исчезающие после дождя; наличие озолившегося угля; наличие пара и запаха продуктов разложения угля; искрение в ночное время; проталины в снежном покрове штабеля. Самовозгоранию углей способствует хорошая аэрация груза, наличие внешних источников тепла (солнечная радиация, нагревающиеся переборки, трубы), высокая влажность груза, наличие посторонних примесей, смешение разных марок, сортов и партий угля. Для предохранения угля от самовозгорания необходимо предотвратить поступление воздуха внутрь штабеля. Это достигается уплотнением всего штабеля или его поверхности, покрытием поверхности засыпкой из земли, шлака, золы, глины.

Для предупреждения самонагревания и самовозгорания угля необходимо не допускать загрязнения его органическими примесями —

древесными стружками, опилками, щепками, паклей и прочими волокнистыми веществами, маслами; при необходимости уголь перелопачивают (пересыпают), уменьшают доступ воздуха в штабель, уплотняя его поверхность и не допуская образования внутри штабеля воздушных пустот. При перегрузочных операциях не допускать рассортировки угля — мелочь и крупные куски должны равномерно распределяться в массе угля, поэтому нельзя сбрасывать уголь на наклонную поверхность штабеля, а только на ровное основание. При хранении бурых углей IV и V групп более десяти суток поверхность штабеля покрывают плотной коркой глины толщиной не менее 5 см, которую в летнее и весеннее время опрыскивают 5—10%-ным раствором извести.

На угольных складах должны быть противопожарное оборудование и устройства, установленные по согласованию с пожарно-техническим отделом ВОХРа. При наличии водопровода пожарные краны устанавливают на расстоянии не более 80 м друг от друга. При отсутствии водопровода должны быть удобные подъезды к воде или утепленные водоемы. Аналогичные меры противопожарной безопасности принимают при хранении в порту руды, содержащей сернистые соединения (пирит).

Планировка склада навалочных грузов зависит от рода перерабатываемых грузов, их партионности, конкретного плана склада. Различают три системы планировки склада: продольную, поперечную и смешанную. По продольной системе штабеля груза располагают вдоль причала (или всех причалов). Такая система возможна при поступлении или отправке однородных грузов целыми судами. Продольная система позволяет расширить фронт единовременной погрузки вагонов и судов, упростить схему механизации, облегчить развитие подъездных путей и маневровые работы на них, сократить объем внутрискладских перемещений грузов и способствует сохранности груза.

Поперечную систему планировки, при которой штабеля располагают перпендикулярно причалу, применяют в том случае, когда на одном судне прибывает или отправляется груз различных марок. При поступлении груза с моря штабеля располагают соответственно грузовому плану судна. Для нормальной работы в порту необходимо, чтобы грузовые планы судов, перевозящих разные навалочные грузы одновременно, были стандартными. В противном случае нарушается правильная технологическая схема обработки судна, возникают простои судов и возможно смешение различных марок грузов, что недопустимо. Поперечная система имеет ряд недостатков: сокращается фронт единовременной обработки судов и вагонов; возникают перекрестные направления перемещения груза, которые приводят к замедлению грузовых работ, увеличению стоянки судна и смешению груза; уменьшается коэффициент использования полезной площади складов; усложняется развитие железнодорожных путей. Эти же недостатки присущи смешанной (продольно-поперечной) системе, когда часть штабелей располагают вдоль, а другую — поперек причалов.

При штабелировании каменного угля противопожарные проезды между штабелями устанавливаются не менее 6 м, разрывы между

штабелями — 2; расстояние от штабеля до оси железнодорожных путей — 2,5, до полуогнестойких и полусгораемых зданий и сооружений — 15, до сгораемых зданий и сооружений — 20, до складов смазочных материалов, жидкого топлива, лесных и генеральных грузов — 60 м. Расстояние от штабеля серного колчедана до других штабелей — не менее 10 м. Штабеля одноименной руды разных марок можно отделять друг от друга плотными деревянными или бетонными щитами.

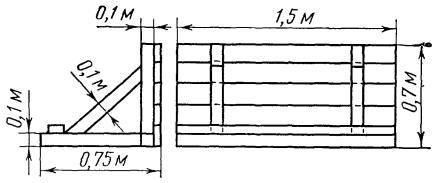


Рис. 94 . Переносный деревянный щит для сепарирования штабелей навалочных грузов

Для сокращения необходимой площади штабелирования и лучшего обеспечения сохранности грузов в ряде портов применяют деревянные (рис. 94) или бетонные (рис. 95) щиты. Применение ограничительных щитов позволяет уменьшить площадь для штабелирования груза на 10—35%. Бетонные щиты можно применять в два ряда.

Расчет необходимой для штабелирования навалочных грузов площади производится по следующим исходным данным: объему груза, углу естественного откоса и ограничительной высоте штабелирования груза и габаритным размерам площадки. Если прибывает небольшая (до 500—100 м³) партия груза, высота штабелирования которого не ограничивается, штабель лучше формировать в виде конуса или пирамиды. Диаметр и высоту такого конуса определяют по формулам (см. табл. 3) либо при помощи номограммы (см. рис. 10), где находят значения α (на шкале *9*) и V (на шкале *4*), через которые проводится прямая, дающая на шкалах *1* и *7* соответствующие ответы. Аналогичным путем определяют размеры пирамидального штабеля.

Большую партию навалочного груза, не ограниченного по высоте штабелирования, удобно укладывать в форме клина, ширина которого ограничивается размерами площадки (расстояние между двумя нитками железнодорожных или подкрановых путей за вычетом соответствующих расстояний до них от штабеля) при продольной системе или заданной шириной при поперечной системе. В этом случае искомой будет длина штабеля:

$$L^{\circ} = \frac{V_{кл} + 0{,}91 V_{к}}{C}. \qquad (297)$$

Объем конуса и сечения призматической части штабеля определяют на номограмме (см. рис. 10) по заданным ширине штабеля и углу естественного откоса. Если ограничивается высота штабеля, то величины $V_{к}$ и C определяют по заданным высоте и углу откоса. Вычисляя длину клина, необходимо помнить, что она не может быть меньше его ширины. Если при расчете получается обратное, значит штабель можно расположить не вдоль, а поперек линии причала либо необходимо уменьшить его ширину.

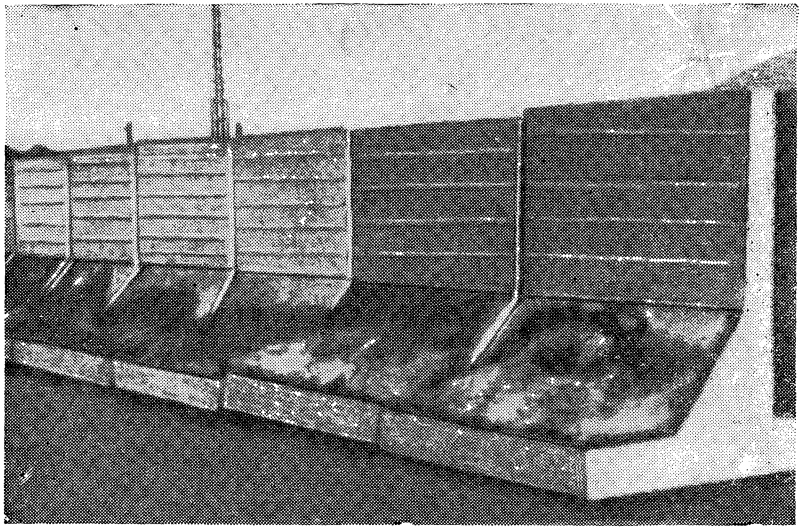


Рис. 95. Бетонные щиты для ограждения штабелей навалочных грузов

При ограниченной высоте штабелирования и большой партии навалочного груза (продольная система штабелирования) штабель формируется в виде обелиска. Для определения длины такого штабеля необходимо знать объем и угол естественного откоса груза, допустимую высоту штабелирования H и один ограничительный размер штабеля — ширину B:

$$L^{\circ} = \frac{V_{об} - V_{к} + CB}{BH - C}. \qquad (298)$$

Объем пирамиды или конуса и сечение призмы C вычисляют по заданным высоте штабеля и углу естественного откоса при помощи номограммы (см. рис. 10).

§ 18.3. Перевозка зерна насыпью

Перевозка зерна насыпью регламентируется главой VI Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1960 г. [16] и национальными правилами [17 и 22].

В соответствии с требованиями Конвенции 1960 г. в трюмах и отсеках, полностью загруженных зерном, в диаметральной плоскости или на расстоянии от нее, не превышающем 5% ширины судна, устанавливают продольные постоянные или разборные зернонепроницаемые переборки. В твиндеках переборки устанавливают на всю высоту помещения, в трюмах, — начиная от палубы вниз на $^1/_3$ высоты трюма, но не менее 2,5 м (рис. 96, *а*). Если отсек заполняют зерном полностью и он имеет общие питатели, то на судах с двумя палубами переборку устанавливают только в твиндеках на всю его высоту

(рис. 96, *б*); во всех остальных случаях переборку устанавливают на высоту не менее $^1/_3$ общей высоты отсека.

В трюме или отсеке, полностью загруженном зерном насыпью, устанавливают питатели общей емкостью не менее 2% от емкости трюма или отсека. В качестве питателей могут быть использованы комингсы люков, а также специальные отверстия в палубах (люки-питатели) размером не менее 600 × 400 мм (рис. 96, *б*, *в*). Между основными люками и люками-питателями, а также между люками-питателями должно быть расстояние не более 5 м, а от люка-питателя до переборок — не более 2,5 м. Люки-питатели располагают на диагонали, соединяющей угол комингса люка с углом помещения. Ширина питателей не должна быть более половины ширины судна. Если расстояние вдоль судна от питателя до переборки превышает 7,6 м, то за этим пределом до переборки зерно выравнивают до глубины 1,8 м от палубы и на всю высоту плотно укладывают зерно в мешках (рис. 96, *г*). Трюм, частично заполненный зерном насыпью, разделяют продольной переборкой, идущей от нижнего настила на высоту не менее 0,61 м над поверхностью зерна (рис. 96, *д*, *е*, *ж*).

Продольную переборку можно не устанавливать в том случае, если объем зерна не превышает $^1/_3$ вместимости обычного трюма или 50% вместимости трюма, разделенного туннелем гребного вала (рис. 97, *а*, *б*); в той части грузовых помещений, ширина которой, измеренная по верхней части палубы, менее половины ширины судна (рис. 97, *г*); при перевозке любого зерна, кроме льняных семян, если

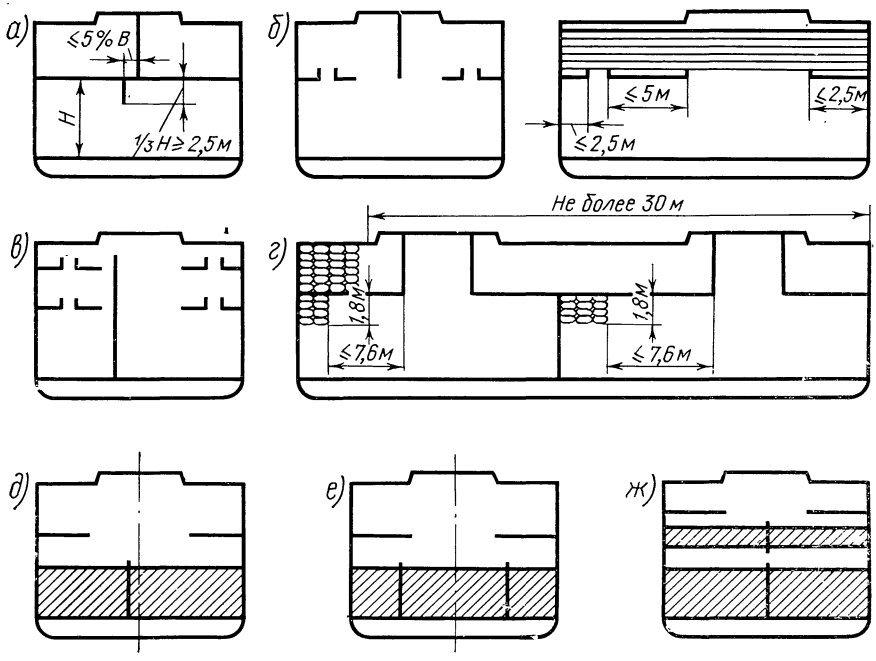


Рис. 96. Схемы расположения питателей и продольных переборок

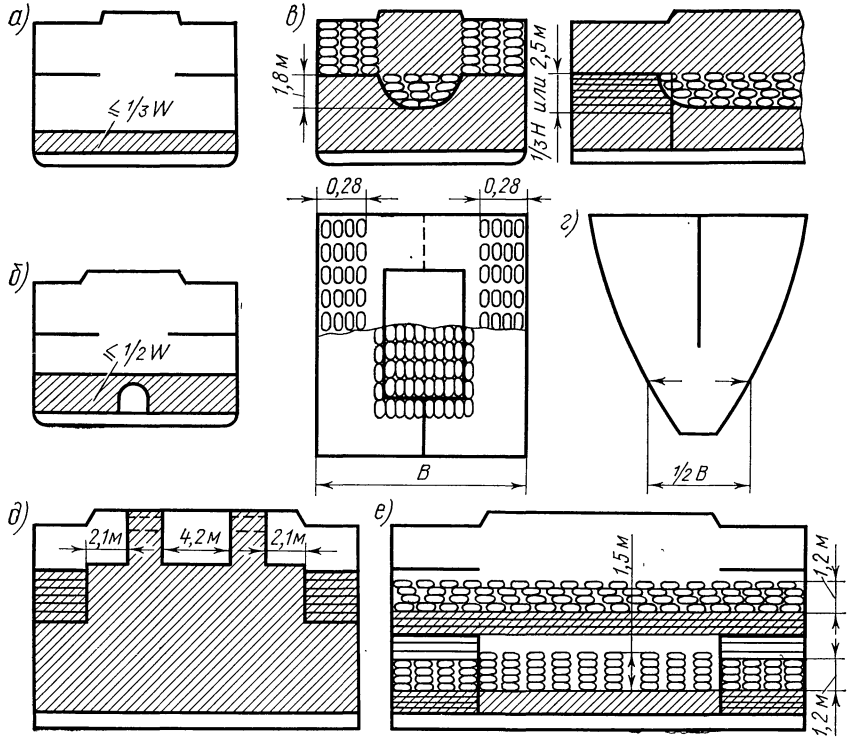


Рис. 97. Особые случаи загрузки зерном

одно- или двухпалубное судно на всем протяжении рейса имеет начальную метацентрическую высоту не менее 0,31 м, а другие суда — не менее 0,36, в отсеках в районе питателя и за его пределами — не более чем 2,1 м, если питатели вмещают не менее 5% зерна, которое может быть размещено в данном отсеке (рис. 97, *д*); в районе люков, если зерно насыпью выровнено в виде блюдца так, что оно заполняет все подпалубное пространство, а в районе люка заполнено зерном в мешках или иным подходящим грузом на высоту не менее 1,8 м (рис. 97, *в*); в твиндеках или надстройке, если бортовые пространства плотно загружены мешками с зерном или другим подходящим грузом на ширину 0,2 *B* с каждого борта (рис. 97, *в*); на судах, удовлетворяющих на протяжении всего рейса следующим требованиям: угол статического крена не превышает 8° при усадке зерна до 3% и при смещении свободной поверхности зерна после усадки на угол 20° и поверхности, покрытой зерном в мешках, на угол 10°; протяженность диаграммы статической остойчивости с учетом крена от смещения груза не менее 55°, наибольшее плечо остойчивости не менее 0,20 м для судов длиной 100 м и более, и не менее 0,25 м для других судов.

При частичном заполнении трюма зерном насыпью его поверхность выравнивают, на поверхности сооружают платформу из досок

толщиной 25 мм, уложенных в нижнем ряду на расстоянии не более 1,25 м друг от друга и во втором ряду (перпендикулярно первому) — не более 0,1 м. Вместо платформы можно применять плотную прочную ткань, края которой в местах стыков перекрывают на 1 м, а у бортов и переборок поднимают вверх на высоту не менее чем 0,6 м. На платформу укладывают плотно зерно в мешках или иной подходящий груз на высоту не менее 1,2 м от уровня зерна насыпью, если имеется продольная переборка, и на высоту 1,5 м, если переборки нет (рис. 97, *е*).

Зерно насыпью нельзя перевозить в верхнем твиндеке судна, если при такой загрузке начальная метацентрическая высота, после поправки на свободную поверхность жидкости в цистернах, может оказаться в течение рейса менее 0,31 м на одно- и двухпалубных судах и менее 0,36 м — на других судах. В твиндечных и шельтердечных помещениях устанавливают поперечные переборки с таким расчетом, чтобы эти помещения были разделены на отсеки длиной не более 30 м. Избыточное пространство загружают зерном в мешках или подходящим грузом (см. рис. 97, *г*). Если в течение всего рейса не обеспечивается метацетрическая высота, лимиты которой указаны выше, то не более двух грузовых помещений может быть заполнено зерном частично.

Дополнительные продольные переборки (шифтинг-бордсы) собирают в трюмах из досок толщиной 65—75 мм, а в других помещениях — толщиной 50 мм. Переборки должны быть полностью зернонепроницаемыми и надежно закрепленными. Для бокового крепления переборок используют деревянные упоры либо (на судах шириной более 15 м) растяжки из стальных мягких трехдюймовых тросов, устанавливаемых горизонтально. Расчет количества материалов, необходимых для изготовления переборок и питателей, производят по площади устройств

$$П = K_д F; \quad q_г = K_г F. \tag{299}$$

Здесь и далее:

$П$ — объем пиломатериалов, м^3;

$q_г$ — масса гвоздей (для переборок длина гвоздей не менее 150 мм), кг;

F — площадь устройства, м^2;

$K_г$ — норма расхода гвоздей на 1 м^2 устройства, обычно 0,1 кг/м^2;

$K_д$ — норма расхода пиломатериала на 1 м^2 устройства (табл. 35)

Таблица 35

Толщина доски σ, мм	50	65	75
Расход леса $K_д$, м^3/м^2	0,062	0,077	0,087
Интервал между стойками i, м	2,5	3,0	4,0

Растяжки набивают при помощи винтовых $1^1/_4$-дюймовых талрепов, которые крепят однодюймовыми такелажными скобами к однодюймовым рымам, приваренным или приклепанным к стрингерам или шпангоутам. В месте прохода рымов через стойки с обеих их сторон устанавливают металлические прокладки. При высоте помещения до 6 м каждая стойка крепится одной парой растяжек, расположенных на расстоянии $^1/_3$ высоты помещения, считая от верха. В помещении с высотой более 6 м устанавливают по две пары растяжек: одна на расстоянии $^1/_4$ H от верха, другая — на половине высоты помещения.

При загрузке в один трюм двух разных партий зерна их требуется отсепарировать брезентом. При этом необходимо дать запас брезента, так как зерно усаживается, вследствие чего брезент может быть растянут и порван. Если брезенты не сшиваются в один, необходимо соединять два брезента между собой взагиб (см. рис. 84, *б*).

Необходимое количество лесоматериала для устройства платформы при укладке мешкового груза на насыпной определится нормой расхода материалов на 1 м² платформы в зависимости от ширины доски (табл. 36).

Таблица 36

b см	10	15	20	25	30
k м³/м²	0,015	0,018	0,020	0,022	0,024

Величину нормативного давления на переборку определяют по формуле

$$p = \frac{1}{2} dh \operatorname{tg}^2 \left(45° - \frac{\alpha}{2}\right), \qquad (300)$$

где p — удельное давление на переборку, тс/м²;
d — плотность груза, т/м³;
h — высота переборки, м;
α — угол естественного откоса груза.

Напряжения на изгиб в конструкциях переборок не должны превышать допускаемых: для стальных конструкций — 1800, для деревянных — 120 кгс/см².

Во всех случаях перевозки зерна насыпью в отношении обеспечения мореходности судна должны быть соблюдены требования правил и инструкций Регистра СССР, а в отношении сохранной перевозки груза — требования Правил перевозки хлебных грузов на судах Министерства морского флота (Тарифное руководство 4-М).

У капитана судна, перевозящего зерно или иной сыпучий груз, должен быть план загрузки зерна, одобренный Регистром СССР или другим компетентным органом. Этот план должен свидетельствовать о том, что судно, загруженное в соответствии с таким планом, отвечает требованиям части IV Правил Регистра СССР или требованиям

Конвенции 1960 г. Следует учитывать, что в 1969 г. Межправительственная морская консультативная организация (ИМКО) рекомендовала для применения новые правила перевозки зерна, которые являются эквивалентной заменой главы VI Конвенции 1960 г. Многие страны (СССР, США, Канада, Австралия и др.) приняли эти правила и используют их на практике.

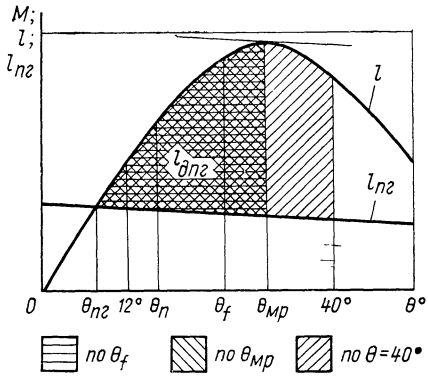


Рис. 98. Критерии остойчивости судна, перевозящего сыпучие грузы, опасные в отношении смещения

Основные требования новых правил сводятся к тому, чтобы характеристики остойчивости судна, перевозящего зерновые грузы и находящегося в неповрежденном состоянии, в течение всего рейса при приложении расчетного кренящего момента от смещения зерна удовлетворяли следующим критериям (рис. 98):

угол статического крена судна $\theta_{пг}$ из-за смещения груза не превышал 12° или угла входа палубы в воду $\theta_п$, т. е. $12° \geqslant \theta_{пг} \leqslant \theta_п$;

остаточная площадь $l_{дпг}$ диаграммы статической остойчивости между кривыми восстанавливающих l и кренящих $l_{пг}$ плеч до угла крена, соответствующего максимальной разности между ординатами этих кривых $\theta_{мр}$, или 40°, или угла заливания θ_f, в зависимости от того, какой из них меньше, при всех условиях загрузки была не менее 0,075 мрад;

начальная метацентрическая высота после поправки на свободную поверхность жидкости была не менее 0,30 м.

Поправку к начальной метацентрической высоте на влияние возможного смещения сыпучего груза вычисляют по формуле

$$\Delta mg = \frac{0{,}152b^3 l}{uD}, \qquad (301)$$

где l и b — длина и ширина питателя;
u — удельный объем зерна;
D — расчетное водоизмещение судна.

Планы загрузки судна должны содержать грузовые планы и данные об остойчивости, дифференте, изгибающем моменте судна при различных вариантах загрузки, техническую характеристику и чертежи дополнительных устройств в трюмах, инструкции по установке и разборке этих устройств.

Более подробные сведения о правилах безопасной перевозки сыпучих грузов могут быть получены из правил Регистра СССР [22] и книги В. И. Коробцова [8].

В период Великой Отечественной войны успешно осуществлялись перевозки зерновых грузов насыпью в советских танкерах. Этот способ перевозки зерна получил название «русского способа» и применяется в настоящее время различными странами [11]. При перевозке зерна насыпью в танкерах не требуется установки переборок и питателей. Основное внимание уделяется качественной подготовке грузовых помещений судна и обеспечению сохранности груза при перевозке.

§ 18.4. Перевозка навалочных грузов

При перевозке навалочных грузов, помимо мер по обеспечению сохранности грузов и подготовки грузовых помещений, большое внимание уделяют вопросам сохранения местной и продольной прочности корпуса судна, регулированию остойчивости и дифферента. В соответствии с Правилами Регистра СССР при перевозке любого сыпучего груза, имеющего угол естественного откоса 35° и менее, грузовые помещения, в которых находится этот груз, должны быть разделены постоянными или разборными продольными переборками: в твиндеках — на полную высоту помещения, в трюмах — на глубину не менее 1,8 м от палубы. При частичном заполнении помещений эти переборки должны идти от настила до высоты, предотвращающей пересыпание груза через переборку при смещении поверхности груза на угол 15°. В верхних твиндеках опасные сыпучие грузы с удельным погрузочным объемом менее 1,25 м³/т можно перевозить только в том случае, если в течение всего рейса обеспечивается начальная метацентрическая высота, с учетом поправки на свободную поверхность жидкости, не менее 0,6 м. В твиндеках рекомендуется расштивать груз ровным слоем либо так, чтобы высота слоя у переборок и бортов была больше, чем у люкового пространства.

В некоторых случаях при хорошей погоде на небольшом переходе навалочный груз перевозят в трюме в виде конусообразной кучи, вершина которой выступает над уровнем твиндечной палубы. Поверхность кучи должна быть достаточно удалена от кромки люка с тем, чтобы при любом смещении груза он не попадал на палубу твиндека. Максимальная высота вершины кучи груза в трюме (в метрах) может быть определена по эмпирической формуле

$$h_{\max} = 1{,}7\, T_{л} u, \tag{302}$$

где $T_{л}$ — осадка по летнюю марку.

Особое внимание должно быть уделено вопросам сохранения остойчивости судна при перевозке рудных концентратов и других навалочных грузов. По данным Английского Ллойда, за период 1954—1964 гг. погибло 149 судов, перевозивших рудные концентраты, за последнее десятилетие погибло более 70 судов, перевозивших руду и рудные концентраты, более 25 судов с зерном, около 30 судов с углем, более 30 — с щебнем и песком.

ИМКО предприняла специальные исследования и разработала в 1965 г. «Кодекс безопасной перевозки насыпных грузов, включая

руды и концентраты руд», в котором изложены рекомендации, касающиеся мер предотвращения смещения разжижающихся грузов [27].

В развитие положений этого Кодекса ММФ издает правила перевозки отдельных разжижающихся грузов. Правилами предусматривается, что влажность груза должна быть не более 90% от значения влажности, соответствующей пиковому значению силы сцепления частиц груза. При влажности, большей указанного предела, установка продольных переборок обязательна, а погрузка концентрата в твиндеки запрещается. Во всех случаях требуется сертификат на груз, удостоверяющий соответствие влажности груза указанному требованию.

Грузовой план судна, перевозящего навалочные грузы, с математической точки зрения представляет собой прежде всего задачу оптимального распределения весовой нагрузки между отсеками, решение которой описано в § 11.3. Большинство правил рекомендует грузить навалочные грузы в трюмы. Однако при этом судно может иметь чрезмерную метацентрическую высоту, что приводит к резкой качке и расшатыванию корпуса судна. В то же время уменьшение метацентрической высоты уменьшает способность судна противостоять смещению груза. Рекомендуется, чтобы при погрузке навалочных грузов только в трюмы метацентрическая высота была примерно равной $mg_{\text{опт}} = 0{,}13\ B$.

В случае, если метацентрическая высота при погрузке навалочного груза неудовлетворительна, ее исправляют переносом груза (см. § 12.2). Можно заранее определить количество груза, которое надо разместить в трюмах и твиндеках, по заданной метацентрической высоте. В данном случае положение ц. т. груза является величиной переменной, зависящей от количества груза, его погрузочного объема, площади палубы, на которой он будет размещен, формы кучи груза.

Приняв, что груз будет полностью расштиван, и взяв средние значения возвышения пайола $Z_{\text{тро}}$ и твиндечной палубы $Z_{\text{тво}}$ над килем, получим:

$$\left.\begin{aligned} Z_{\text{тр}} &= Z_{\text{тро}} + \frac{P_{\text{тр}}\, u}{2F_{\text{тр}}}\,; \\ Z_{\text{тв}} &= Z_{\text{тво}} + \frac{P_{\text{тв}}\, u}{2F_{\text{тв}}}\,, \end{aligned}\right\} \tag{303}$$

где $P_{\text{тр}}$, $P_{\text{тв}}$ — суммарная масса груза в трюмах и твиндеках соответственно, т;

u — удельный погрузочный объем груза, м³/т;

$F_{\text{тр}}$, $F_{\text{тв}}$ — площадь пайола и палубы твиндеков соответственно, м².

Подставив эти выражения в формулы (186) и решив систему уравнений относительно $P_{\text{тр}}$, получим:

$$P_{\text{тр}} = \frac{b - \sqrt{b^2 - 2ac}}{a}\,, \tag{304}$$

где

$$a = u\left(\frac{1}{F_{\text{тр}}} + \frac{1}{F_{\text{тв}}}\right); \quad b = H_{\text{тр}} + \frac{D_{\text{ч}} u}{F_{\text{тв}}};$$

$$c = D'_{\text{ч}}\left(Z_{\text{тво}} + \frac{D_{\text{ч}} u}{2F_{\text{тв}}}\right) - M'_Z; \quad H_{\text{тр}} = Z_{\text{тво}} - Z_{\text{тро}}.$$

Тяжелые навалочные и насыпные грузы следует распределять в трюмах и твиндеках так, чтобы не нарушать требований местной и общей прочности судна. Правилами США предусматривается, что максимальное количество груза в отсеке не должно превышать следующего значения:

$$P_{j\max} = 0{,}246\ TB_{\text{тр}}\ (3L_{\text{тр}} + B_{\max}), \tag{305}$$

где T — осадка судна по летнюю марку, м;
$L_{\text{тр}}$, $B_{\text{тр}}$ — длина и ширина трюма, м;
$B_{\max}$ — ширина судна по миделю, м.

Удельная нагрузка на палубу твиндека не должна превышать 2 т/м^2.

Для решения задачи составления грузового плана углерудовоза наиболее удобно пользоваться стандартными грузовыми планами, имеющимися в информации об остойчивости для капитана, использовать приборы-вычислители посадки, прочности и остойчивости (Сталодикатор, ПКЗОС) или разработанные в ОИИМФе стандартные программы для ЭВМ.

§ 18.5. Перевозка навалом опасных грузов, минеральных удобрений, цемента, строительных материалов

Перевозка навалом опасных грузов регламентируется Правилами МОПОГ [18].

При перевозке каменного угля (Правила МОПОГ, марг. № 4500 и др.) принимают меры безопасности в отношении самовозгорания груза и возможного взрыва выделяющихся из угля горючих газов (метана). Все жилые и служебные помещения судна должны быть отделены от трюмов, в которых перевозится уголь, газонепроницаемыми переборками, а на судне должен быть газоанализатор для контроля за скоплением метана в смежных с трюмами помещениях. В каждом трюме, в котором перевозится уголь, должны быть установлены температурные трубки для контроля за температурой груза по всей высоте как в середине, так и по бокам грузового помещения. Температуру измеряют каждую вахту, о чем записывают в вахтенном журнале. В рейсе необходимо обеспечивать только поверхностную вентиляцию груза для удаления газов. При увеличении температуры груза до 60° С и выше принимают меры по предупреждению самовоз-

горания груза: прекращение доступа воздуха в трюм, перештивка угля, пуск в трюм углекислого газа. Если эти меры недостаточны, трюм затопляют водой и производят непрерывную выкачку воды через осушительную систему. Курение на судне, перевозящем уголь, разрешается только в специально отведенных местах. Принимают меры безопасности, предупреждающие возможность взрыва или отравления людей скопившимися газами.

При перевозке жмыха и шрота обеспечивают вентиляцию груза, предупреждающую чрезмерное увлажнение и высыхание его, так как груз наиболее устойчив против самовозгорания в пределах влажности 5—6% (см. Правила МОПОГ, марг, № 4730 и далее). При перевозке ферромарганца, ферросилиция (МОПОГ, марг. № 4740), пека (МОПОГ, марг. № 6400) обеспечивают защиту жилых и служебных помещений от попадания ядовитых газов и паров, которые могут выделиться из груза.

Минеральные удобрения и соли обладают высокой гигроскопичностью, растворимостью, коррозионностью и слеживаемостью. Низкое значение гигроскопической точки этих грузов требует их хранения в закрытых складах или под навесами и брезентами. В период перевозки минеральных удобрений и солей в трюмах сохраняют постоянный влажностный режим, не допуская увлажнения и раство́рения груза, которое неизбежно приведет к слеживанию груза и усилению процесса коррозии металла корпуса. Расчет вентиляции проводят при помощи t — τ-диаграммы влажного воздуха на основании замеров параметров воздуха в трюме и наружного. Для предотвращения коррозионного воздействия этих грузов на металлические поверхности корпуса последние перед погрузкой покрывают слоем гашеной извести. Перевозка навалом минеральных удобрений, являющихся сильными окислителями и способных к образованию взрывчатых смесей с органическими материалами (аммиачная селитра) либо к дефлаграции (самоподдерживаемому разложению) — смеси аммиачной селитры с фосфорными и калийными солями, — запрещается.

Строительные материалы (песок, гравий, щебень) представляют собой инертную массу различного гранулометрического состава и влажности. При перевозке сырого песка в грузе может происходить перераспределение воды и твердых частиц. В нижнем слое происходит уплотнение твердых частиц. Вода собирается в верхней части груза или над ним. При сильной вибрации и встряхивании верхняя часть груза представляет собой взвесь твердых частиц в воде, что может приводить к смещению этой части груза к одному из бортов, вызывая крен судна.

Горячий агломерат на коротких расстояниях перевозят в специальных судах-агломератовозах, сконструированных таким образом, чтобы сохранить температуру груза в течение рейса и защитить экипаж от действия высокой температуры груза. Агломератовозы имеют двойные борта, двойное дно и соответствующую теплоизоляцию. Особая конструкция внутренней обшивки трюмов позволяет избежать чрезмерных напряжений корпуса в результате огромных изменений температуры корпуса, достигающих 500—600° С.

§ 18.6. Перевозка сахара-сырца насыпью

Возросший объем перевозок сахара-сырца потребовал изыскания новой технологии его транспортировки. Наиболее эффективной оказалась перевозка сахара-сырца насыпью на обычных судах и в танкерах. Перевозка сахара-сырца насыпью теперь практикуется на советском морском флоте в широких масштабах. Она позволила резко сократить расходы на тару, увеличить провозную способность флота, сократить стояночное время судов и затраты на перегрузку груза, которая в данном случае осуществляется пневматическими перегружателями.

Трюмы и танки судов, предназначенных для перевозки сахара-сырца, хорошо защищают от остатков перевозившихся ранее грузов, ржавчины и посторонних запахов. Их моют, сушат и дезодорируют. В зимних условиях перевозки металлические поверхности танков и трюмов целесообразно изолировать от груза брезентами или другой подходящей изоляцией для предотвращения взаимодействия груза с металлом корпуса и образования переувлажненной корки груза.

Свойства сахара-сырца во многом определяются его влажностью, которая влияет на плотность груза, угол естественного откоса и способность груза к слеживанию. Кристаллы сахара-сырца покрыты пленкой раствора, объем и свойства которой определяются общей влажностью груза. При влажности сахара-сырца более 0,9% эта пленка приводит к слипанию частиц между собой. Груз становится малоподвижным и легко налипает на ограждениях трюма и перегрузочных устройствах. При высушивании мокрого сахара образуется плотная твердая корка, трудно поддающаяся разрушению пневматическими перегрузочными установками.

Принимать к перевозке следует сахар-сырец с влажностью 0,4—0,5% в зимний период и 0,5—0,8% — в летний. Температура груза не должна превышать окружающей. Грузовые помещения загружают до полного использования грузовместимости. В результате вибрации происходит усадка груза. Опыт показал, что производить дополнительную догрузку после специального уплотнения груза созданием вибрации корпуса нецелесообразно.

Вентиляция трюмов и танков при перевозке сахара-сырца в любое время года, как правило, нецелесообразна. Кондиционное состояние груза в герметически задраенных трюмах, полностью загруженных сахаром-сырцом, сохраняется гораздо лучше, чем при неумелой вентиляции трюмов наружным воздухом.

Во всяком случае, если не допущено переувлажнения груза, вентиляцию можно осуществлять только воздухом, имеющим дефицит точки росы не менее 5°. Если в процессе перевозки груз увлажнился до 0,9% и более, то разумным будет прекращение всякой вентиляции. В противном случае при высыхании груз может слежаться. Для разрушения корки слежавшегося груза иногда применяют острый пар, интенсивность и время подачи которого необходимо определять исходя из сложившихся условий. В период прекращения выгрузки сахара-сырца трюмы и танки следует задраивать, особенно если груз имеет более высокую температуру, чем окружающая среда.

Глава 19

ЛЕСНЫЕ ГРУЗЫ

§ 19.1. Номенклатура и свойства лесных грузов

Перевозимые морским транспортом лесные грузы разделяют на три основные категории: круглый лес (раундвуд), пиленый лес, изделия из дерева. К круглым лесоматериалам относятся бревна пиловочные, кряжи, пропсы или стойки рудничные, балансы. Длинномерный круглый лес (ГОСТ 9463—60) — это сосновые или еловые бревна топорной окорки длиной более 3 м и толщиной 7 см и более. *Пропсы* (рудничная стойка) — короткомерный кругляк из сосны или ели длиной от 1 до 3 м. *Балансы* — короткомерный кругляк, идущий для целлюлозно-бумажной промышленности, размерами 1 и 2 м и толщиной 12—25 см по верхнему торцу. При согласии грузополучателей допускаются размеры, превышающие указанные. Не допускается смешивание еловых и сосновых балансов. За качество круглого леса перевозчик не отвечает, но несет ответственность за загрязнение лесоматериалов маслами, грязью, угольной пылью.

Пиловочные бревна измеряют в плотной мере. Единицей измерения служит кубический метр плотной древесины. Раундвуд измеряют в аксах складочной меры (обычно тонкие размеры) или в кубических метрах плотной древесины (толстые и длинные). Акс — английская кубическая сажень — равен 216 куб. фут., или 6,116 м³ в складочной мере. Балансы и пропсы измеряют в аксах. Измерения производят при помощи мерных станков, стандартные размеры которых 3,5 × × 7 фут. Объем балансов длиной 1 м в мерном станке равен 4,55 м³, длиной 2 м — 9,1 м³.

Один акс пропсов, балансов и раундвуда весит от 2,4 до 4 т и занимает в трюме от 225 до 270 куб. фут. (6,4—7,7 м³). Один кубический метр бревен весит 0,7—0,8 т и занимает в трюме 67—75 куб. фут. (1,9—2,2 м³). Коэффициент полнодревесности (отношение объема плотной древесины к складочному объему) для перевода складочных мер в плотные (ГОСТ 2292—66 и ГОСТ 3243—46) для пропсов и балансов в зависимости от окорки колеблется в пределах 0,7—0,8. Для дров хвойных пород в больших количествах (более 1000 м³) коэффициент полнодревесности принимается 0,70 (0,68÷0,88), лиственных пород — 0,68 (0,62÷0,80).

Пиломатериалы экспортные разделяются по размерам на доски — дилсы, баттенсы, бордсы (длиной более 2,7 м), эндсы (1,5—2,7 м), багеты (более 2,7 м), файервуд (менее 1,5 м). Нормальной композицией груза пиломатериалов ДВВ или ДВ $^1/_3$ В считается: $^2/_3$ дилсов и баттенсов и $^1/_3$ бордсов толщиной 1 дюйм и более. Обычно грузоотправитель обязан предоставлять эндсов и файервуда не менее 2% от количества основного груза для плотной укладки груза в трюме.

Доски для внутреннего потребления имеют длину от 4 до 7 м, ширину 3—30 см, толщину 0,8—10 см. Шпалы экспортные изготов-

ляют из сосны и ели двух видов: обрезные и брусковые. Их длина 75, 100 и 250—270 см. Пиломатериалы для внутреннего пользования измеряются в метрах, для экспорта — в футах и стандартах. Широко распространенный *ленинградский стандарт* равен 165 куб. фут., или 4,672 м³, и состоит из 120 досок длиной 12 фут., шириной 11 дюймов и толщиной $1^1/_4$ дюйма. Масса одного ленинградского стандарта соснового леса колеблется в пределах 2,4—3,2 т. Один стандарт занимает в трюме объем 6,23—6,51 м³. В США пиломатериалы измеряются «бордсовым футом» (board foot), который равен куску доски толщиной 1 дюйм, шириной 12 дюймов и длиной 1 фут. Один кубический фут леса содержит, следовательно, 12 бордсовых футов. За единицу измерения принята 1000 бордсовых футов, означаемая «1М» и равная 83,33 куб. фут. Ленинградский стандарт равен 1980 бордсовым футам. Шпалы измеряются штуками или лодами. Один лод равен 50 куб. фут. плотной древесины. В последнее время количество штук шпал переводят в ленинградские стандарты. В одном стандарте при отгрузке шпал в Великобританию — 49, в Нидерланды — 47 шт.

Наиболее часто встречающимися в практике изделиями из дерева являются фанера, клепка, ящичные комплекты. Фанеру изготовляют из различных пород дерева со следующими размерами: 1830 × 1220; 1525 × 1525; 1525 × 1220; 1525 × 725; 1220 × 725 мм. Фанеру перевозят пачками объемом 0,1—0,2 м³, массой 100—200 кг. Каждая пачка сбоку имеет планки для защиты торцов фанеры от повреждения. Из пачек формируют пакеты по 15—20 пачек. При хранении и перевозке фанеру необходимо оберегать от подмочки, увлажнения, повреждения, загрязнения, восприятия запахов.

Клепку бочарную изготовляют из различных пород дерева в виде плоских либо вогнутых дощечек длиной 430—1150 мм, шириной 50—140, толщиной 17—36 мм. Перевозят ее в связках или россыпью. *Ящичные комплекты* в связках представляют собой набор дощечек различных размеров, в зависимости от типа ящика. Ящичные комплекты и клепка — груз, который требует осторожного обращения, хорошей укладки во избежание поломки. Необходимо предотвращать загрязнение, подмочку груза, не размещать его вместе с ядовитыми, едкими и остропахнущими грузами. Паркет изготовляют из дуба, ясеня, клена, лиственницы и других твердых пород дерева. Перевозят его в пачках по 50—100 шт.

Плотность почти всех пород древесины равна 1,54. Объемная плотность зависит от породы, места произрастания, возраста дерева, влажности и в среднем колеблется в пределах 0,47—0,80. Особое влияние на объемную плотность оказывает влажность груза, которая в процессе хранения и перевозки может резко изменяться. Хотя количество лесных материалов измеряется в кубических или квадратных метрах, учет влияния влажности на массу груза, особенно при перевозке его на палубе, совершенно необходим. Влажность древесины сильно зависит от времени года. Зимой лес тяжелее на 35—100%, чем летом. Древесину разделяют по степени влажности на абсолютно сухую, воздушно-сухую (до 25%), полусухую (25—50%), сырую или свежесрубленную (50—150%) и мокрую.

Для вычисления погрузочного объема леса различных пород можно пользоваться следующими примерными коэффициентами трюмной укладки: дилсы и баттенсы — 1,3—1,43; бордсы — 1,36—1,56; балансы — 1,03—1,21; пропсы — 1,06—1,5; бревна — 2,65—3,16.

Лесной груз характеризуется большой трудоемкостью перегрузочных работ, неудобством укладки, высоким погрузочным объемом, что приводит к длительным стоянкам судна под грузовыми операциями, большим трудовым затратам, недоиспользованию грузоподъемности судна.

В настоящее время все более широкое применение получает пакетная перевозка лесных грузов — длинномерных бревен, пропсов, балансов, пиломатериалов, фанеры. Пакеты следует формировать из бревен или досок одинаковой длины. При формировании пакетов из досок разной длины должна быть обеспечена устойчивость пакета. Круглый лес формируют в пакеты массой 3; 5; 10 т при помощи стропконтейнеров. Пакеты короткомерного леса — пропсов, балансов — формируют так, чтобы в одном пакете было целое число аксов или мерных станков груза, обычно 4,5—6,5 м³.

Пакеты пилолеса формируют исходя из условий рациональной загрузки железнодорожных платформ: длина пакета не должна быть более 6,5 м, так чтобы на четырехосной платформе поместились два пакета по длине; ширина пакета должна быть кратной ширине платформы, но не более 2,7 м; тип и прочность обвязки должны обеспечивать стабильность и неизменяемость формы пакета.

§ 19.2. Складирование лесных грузов

Лес и лесоматериалы в зависимости от их пород и степени обработки хранят на открытой площади, в полузакрытых и закрытых складах. Открытым способом хранят круглый и тесаный лес, пиломатериалы; под навесами — строганый лес, пилолес высших сортов и заготовки; в закрытых складах — особо ценные породы дерева (самшит, красное дерево, бакаут), фанеру и другие изделия из дерева. Круглый лес часто хранят на воде.

Склады на воде имеют ряд преимуществ перед складами на берегу: освобождается территория порта; груз легко транспортируется к месту погрузки и не требует штабелирования; застропка груза сравнительно более легка, чем при хранении на берегу. Такие склады устраивают в защищенных тихих гаванях, в стороне от обычных путей судов, так чтобы защитить груз от ветрового волнения и волнения, создаваемого проходящими судами. Площадь акватории для лесного склада длинномерного кругляка определяют исходя из расчета 4—6,5 м² на 1 м³ плотной древесины.

Существуют три способа хранения круглого леса на суше: *сырой*, *мокрый* и *сухой*. Сырой способ применяют для хранения свежесрубленной древесины, которую укладывают в плотные штабеля в неокоренном виде. При мокром способе древесину укладывают в плотные высокие штабеля, чтобы сохранить в ней влагу и не допустить растрескивания бревен. В жаркое летнее время штабеля мокрого леса поли-

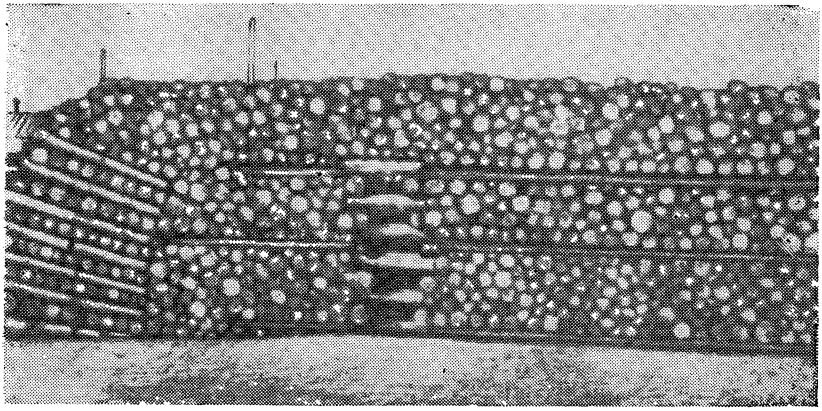


Рис. 99. Плотный штабель леса

вают водой. Наоборот, при сухом способе древесину укладывают в невысокие штабеля так, чтобы у каждого бревна была свободная циркуляция воздуха. При мокром и сыром способах хранения штабеля располагают так, чтобы бревна лежали перпендикулярно оси господствующего ветра, при сухом способе — вдоль оси господствующего ветра. В морских портах применяют преимущественно сухой способ хранения леса.

Высота штабелирования леса практически не ограничивается. При переработке леса лебедками и транспортерами она достигает 10 м, при работе кабельными или портальными кранами — 12—14 м. Между штабелями леса должны быть устроены проходы и проезды, обеспечивающие противопожарную защиту груза. Ширина штабеля определяется (равна) длиной бревна. Проходы между штабелями — 1 м. Длина штабеля зависит от типа применяемой механизации, количества груза и размеров складской площади. Каждый штабель должен выходить торцовой стороной к мощеной дороге шириной 6 м. Несколько штабелей образуют группу площадью 900—1000 м^2, вокруг которой должны быть проезды шириной не менее 5 м. Из групп штабелей образуется квартал площадью до 1 га. Между кварталами устраивают проезды шириной 10 м. Группа из четырех кварталов определяется от соседних проездом шириной 25 м. Расстояние от штабелей леса до служебных зданий должно быть не менее 30 м, до жилых зданий — 100 м. Лесные склады должны иметь противопожарные средства в соответствии с действующими нормами.

Имеется несколько способов закладки штабелей [2, 13, 15]. В плотные штабеля (рис. 99) укладывают сырой лес. С двух сторон штабеля выкладывают клетки для его ограждения и предотвращения рассыпания. Рядовой штабель с прокладками и рядовой штабель в клетку используют при сухом способе хранения. Здесь бревна каждого следующего ряда укладывают перпендикулярно бревнам предыдущего ряда. Пачковый штабель образуется из пачек по 3—10 м^3 леса в каж-

дой, которые отделяются друг от друга прокладками из круглого леса толщиной 18—20 см и длиной 1—1,5 м. Пачки в штабеле должны иметь стандартный объем леса. Пачково-рядовой штабель является разновидностью пачкового. Здесь ряды пачек разделяются сплошными горизонтальными и короткими наклонными прокладками. Штабель из пакетов в строп-контейнерах формируется так же, как пачковый, с прокладками или без прокладок (рис. 100).

Штабеля лесоматериалов формируют на подкладках из бревен толщиной не менее 20—22 см, которые укладывают вдоль штабеля в два ряда и более с заходом друг за друга 0,5 м. Подкладки вдавливаются в грунт до оси, поэтому площадь давления на грунт можно определять как произведение диаметра подкладки на ее длину. Минимальное число рядов подкладок под штабель можно определить по формуле

$$n = 10\,\frac{eBH\rho}{d\sigma}\,, \tag{306}$$

где e — коэффициент полнодревесности;
B, H — ширина и высота штабеля, м;
ρ — объемная плотность древесины, т/м^3;
d — диаметр подкладки, см;
σ — допустимое давление на грунт, кгс/см^2.

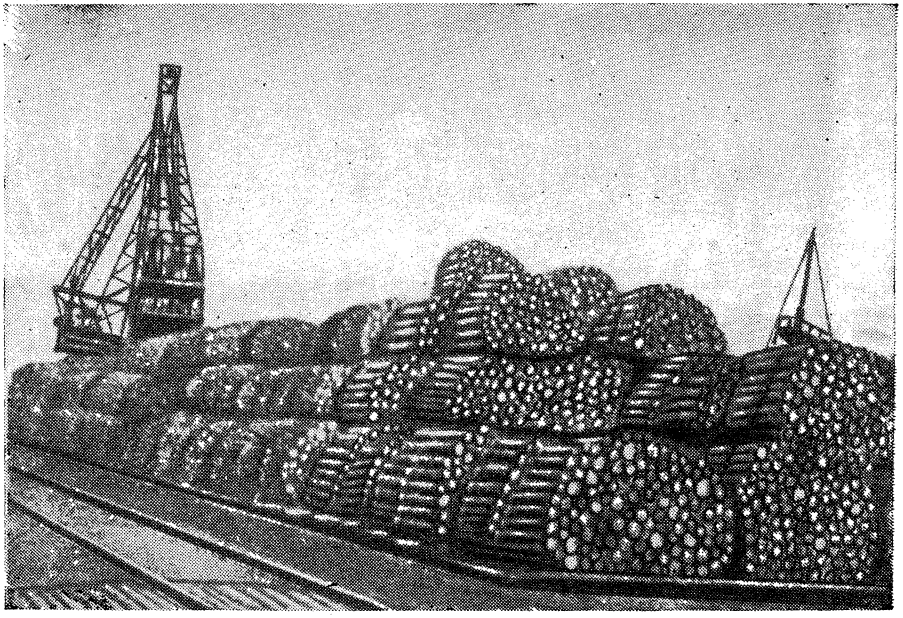


Рис. 100. Пакетное штабелирование леса в строп-контейнерах

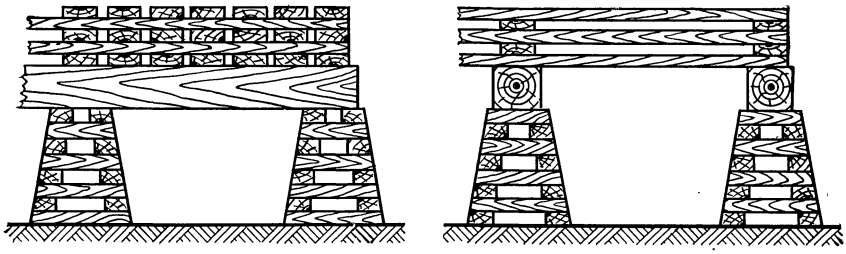


Рис. 101. Схема укладки пилолеса

Пилолес укладывают в штабеля различных конструкций на специальные фундаменты (бетонные, каменные, кирпичные, деревянные). В порту следует применять ряжевое штабельное и клеточное основания. Деревянные фундаментные клетки изготовляют из обрезков пиломатериалов в форме параллелепипедов или усеченных пирамид. Расстояние между осями фундаментных клеток (или элементов из бетона, свай) должно быть в среднем не более 2,5 м. Высота фундамента зависит от метеорологических условий порта и колеблется в пределах 0,45—1 м. Обычно фундаменты устанавливают в четыре-пять рядов, т. е. под каждым штабелем их может быть 16, 20 или 25.

Верхняя площадка фундаментного элемента должна иметь размер 30 × 30 или 30 × 60 см. На фундаментные элементы укладывают деревянные брусья толщиной 25—30 см таким образом, чтобы брусья средних фундаментов выступали над уровнем крайних брусьев на 4—5 см. Ряды досок укладывают поперек брусьев с зазорами между ними для свободного доступа воздуха (рис. 101). Между рядами укладывают прокладки сечением 25 × 40 мм из сухого дерева хвойных пород. Крайние прокладки должны выступать за торцы досок, что предохраняет доски от растрескивания при сушке.

Высота штабелей пиломатериалов, включая высоту фундамента и крыши, не должна превышать 12 м. Крыши для рядовых штабелей изготовляют из досок низших сортов толщиной 20—25 мм и шириной не менее 120 мм. Конструкция крыши показана на рис. 102. Крыша должна выступать на 0,5 м за вертикальные стенки штабеля в промежутки между штабелями и на 0,75 м в проезды. Высота наибольшего крайнего подголовника не должна превышать 1—1,25 м.

При пакетном способе хранения пиломатериалов фундаментные элементы должны быть расположены так, чтобы обеспечивалась нормальная работа автопогрузчиков. Длина пакетных штабелей обычно равна 6,5 м, ширина достигает 15—20 м. Брусья располагают параллельно ширине штабеля. Расстояние между брусьями посередине длины штабеля должно быть достаточным для свободного прохода автопогрузчика. Пакеты укладывают по высоте в четыре-пять

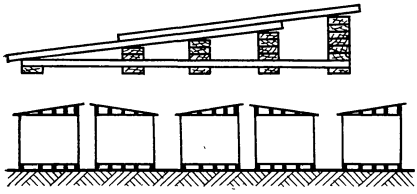


Рис. 102. Устройство крыши на штабеле пилолеса

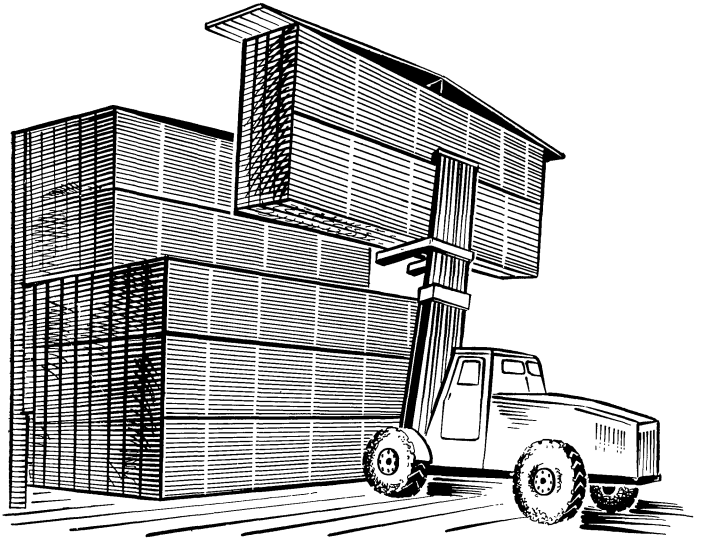


Рис. 103. Пакетное хранение пилолеса

ярусов. Между пакетами укладывают прокладки высотой около 80 мм для обеспечения захвата пакета вилками автопогрузчика. Длина прокладки обычно 110 см. Между вторым и третьим ярусами укладывают прокладки длиной до 2 м для обеспечения связи пакетов между собой и устойчивости штабеля. Между отдельными пакетами оставляют зазоры до 20 см для свободного прохода воздуха.

Крыши для пакетных штабелей (рис. 103) делают двускатными и устанавливают их вместе с верхним пакетом автопогрузчиком. Такие крыши изготовляют на земле и они являются многооборотными.

§ 19.3. Перевозка леса

Лес является легким грузом. Для более полного использования грузоподъемности судна приходится грузить его на палубу. Количество палубного груза леса может составить 50—60% от количества леса, погруженного в трюмы. При этом возникают две проблемы — плотная укладка груза в трюмах и определение количества палубного груза с целью сохранения остойчивости судна.

Тяжелые сорта леса крупных размеров размещают в нижней части центральных трюмов, более легкие и мелкие сорта — в концевых трюмах. Дилсы и батенсы, а по возможности и бордсы укладывают на ребро вдоль судна. После укладки каждого ряда доски уплотняют по ширине судна и в образующиеся пустоты забивают доски вровень с остальными. Уплотнение досок по длине судна и заполнение пустот, образующихся от неровности обводов корпуса, разной длины досок и несоответствия длины досок длине трюма, производят соответствую-

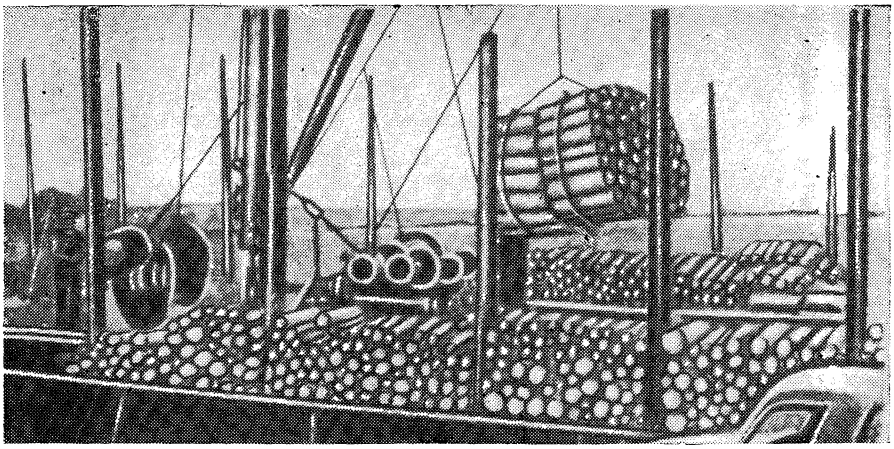


Рис. 104. Укладка балансов на палубе

щим подбором досок и применением короткомерного леса (эндсов и файервуда). Шпации заполняют подходящими досками, уложенными вертикально. Остаток пространства до кромки бимсов заполняют досками, уложенными плашмя, межбимсовое пространство — досками, уложенными поперек судна.

Круглый лес укладывают в трюмах вдоль судна начиная от поперечных переборок. Штабель должен состоять из лесоматериалов одинаковой длины. Торцы кругляка укладывают плотно друг к другу, располагая комлями поочередно в разные стороны. Свободные пространства заполняют подходящим материалом, уложенным поперек судна и надежно закрепленным, чтобы он не передвигался во время качки. Тесаные лесоматериалы грузят начиная от середины кормовой переборки в носовых трюмах и носовой переборки — в кормовых трюмах.

Погрузку леса в мокрые трюмы и во время дождя и снегопада производить нельзя. Погрузка лесных грузов на палубу разрешается только при условии надлежащей загрузки трюмов, обеспечивающей удовлетворительную остойчивость судна. Перед началом погрузки леса на палубу судно должно быть подготовлено по-походному, люки задраены, дефлекторы сняты, а отверстия дефлекторов закрыты заглушками, балластные цистерны должны быть полными или пустыми. При укладке леса на палубе обеспечивают свободный и безопасный проход в жилые и служебные помещения, а также к устройствам, механизмам и оборудованию, к которым должен быть свободный доступ во время рейса; все палубные устройства должны быть защищены от возможного повреждения грузом при погрузке и перевозке. Лес укладывают на палубе с максимальной плотностью на подкладки, уложенные по диагонали к диаметральной плоскости. Пиленый лес укладывают в нижней части до уровня планширя на ребро, а в верхней — плашмя. Пропсы и балансы укладывают вдоль бортов поперек судна,

а в средней части палубы — вдоль судна (рис. 104). Для того чтобы груз не разваливался, вдоль борта на расстоянии не более 3 м друг от друга устанавливают деревянные стойки, высота которых должна быть на 1,2 м более высоты каравана леса. Каждый штабель леса по длине должен поддерживаться не менее чем двумя стойками. Кроме того, груз крепят найтовами из стальных тросов или цепей. Найтовы своими концами крепят к специальным рымам в палубе, соединяют наверху глаголь-гаками и стягивают талрепами (рис. 105). При укладке леса на высоту более 3 м на уровне половины высоты груза над планширем заводят дополнительные найтовы, соединяющие противоположные стойки.

Суда, перевозящие лесные грузы на палубе, должны иметь фальшборт или прочное леерное устройство высотой не менее 1 м и быть оборудованы прочными металлическими башмаками или другими устройствами для установки стоек. После окончания погрузки палубный груз должен быть хорошо выровненным. Для перехода людей на него укладывают настил, который ограждают леерным устройством с общей высотой не менее 1,2 м с расстоянием между леерами не более 30 см.

Укладка лесного груза на палубу допускается на высоту, при которой судно будет сохранять достаточную остойчивость на протяжении всего рейса с учетом наличия свободной поверхности жидкости в танках, уменьшения массы топлива и других судовых запасов, возможного увеличения массы груза от его намокания и обледенения. При этом должны быть сохранены круговой обзор с мостика и возможность пользования палубными механизмами и устройствами.

В зимнее время не допускается перевозка на палубе тяжелых лесных грузов, имеющих плотность больше, чем сосна, или единица которых имеет объем более 0,43 м³. Судно может быть загружено по лесную марку, если высота палубного груза леса не менее 1,2 м.

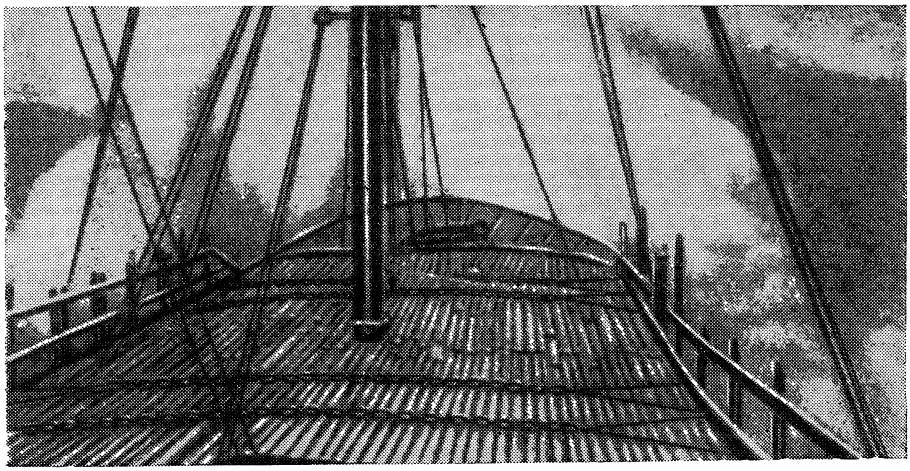


Рис. 105. Найтовы из стального троса с промежуточной цепью, талрепом и глаголь-гаком

Максимальную высоту слоя палубного груза леса можно определять разными способами. Для приближенного определения высоты палубного груза леса при условии, что танки запрессованы, бункеровка произведена до начала погрузки, композиция груза соответствует для пиломатериалов ДВ$^1/_3$В либо грузятся пропсы и балансы, влажность груза не превышает 20%, пользуются эмпирической формулой

$$h = 0{,}75\,(B - H), \tag{307}$$

где h — высота слоя груза от палубы, м;

B, H — ширина и высота борта до верхней палубы судна, м.

Для судов, регулярно перевозящих лесной груз, конструкторские бюро разрабатывают специальные инструкции, в которых помещают заранее рассчитанные таблицы для определения допустимой высоты палубного груза леса. Входными данными в этих таблицах служат: масса груза, помещенного в трюмах, масса балласта и жидких запасов, помещенных в танках двойного дна.

Высота палубного груза леса может быть определена достаточно точно при пользовании предельными моментами переменной нагрузки относительно киля [см. § 10.4, формулу (129), рис. 52]. При этом возможны два варианта решения задачи: загрузка судна до заданной грузовой марки и определение предельного количества палубного груза при заданном распределении запасов и балласта.

В первом случае после загрузки трюмов судна определяют водоизмещение D_i и момент сил веса загруженного до этого водоизмещения судна относительно киля $\Sigma q_i Z_i$ для наихудшего случая, когда судно будет иметь минимальные запасы и максимальную величину свободной поверхности жидкости. Для этого же случая определяют предельную величину M_Z (129). Тогда получим:

$$M'_Z = M_Z - \Sigma q_i Z_i; \qquad D'_в = D - D_i. \tag{308}$$

Высота ц. т. палубного груза может быть определена:

$$Z_п = H + \frac{h}{2}, \tag{309}$$

где H — высота борта до верхней палубы, м;

h — высота слоя палубного груза, м,

но

$$h = \frac{P_п u}{F}, \tag{310}$$

где $P_п$ — масса палубного груза, т;

u — удельный погрузочный объем, м^3/т;

F — площадь палубы, м^2.

Полная загрузка судна возможна в большинстве случаев только при условии принятия дополнительного балласта в танки двойного дна. Обозначим: $P_б$ — масса балласта; $Z_б$ — отстояние ц. т. балластных танков от киля. Составим уравнения:

$$\left.\begin{aligned} D'_в &= P_п + P_б; \\ M'_Z &= P_п Z_п + P_б Z_б\,. \end{aligned}\right\} \tag{311}$$

Решив совместно систему уравнений (309), (310) и (311) относительно высоты слоя палубного груза, получим:

$$h = Z_б - H + \sqrt{(H - Z_б)^2 + 2\frac{u}{F}(M'_Z - D'_в Z_б)}\ . \qquad (312)$$

Массу палубного груза определим по формуле (310), а массу балласта — вычитанием $P_п$ из $D_в$. Количество балласта уточняется в бо́льшую сторону в зависимости от емкости цистерн, так как цистерны должны быть полностью запрессованы. Соответственно масса и высота палубного груза уменьшаются.

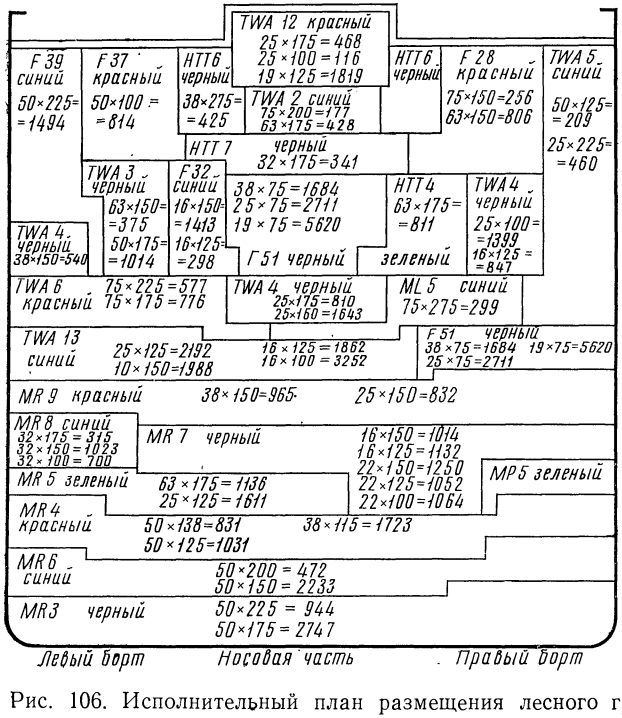
Во втором варианте высота палубного груза леса с достаточной для практики точностью определяется по формуле

$$h = \sqrt{A^2 + C} - A, \qquad (313)$$

где $A = H + mg - Z_m$;

$$C = 2\frac{u}{F}[D(Z_m - mg) - \Sigma q'_i Z_i - \Sigma J\rho].$$

В практической обстановке, когда нет возможности рассчитать заранее допустимую высоту слоя палубного груза леса, а также в целях проверки правильности произведенных расчетов прибегают к следующему эксперименту. На двух-трех стрелах одного борта подни-



Носовой трюм

Литерный шифр	Номер партии	Кубические метры
TWA	12	32,704
	3	58,867
	2	35,040
HTT	6	19,155
	7	9,811
	4	43,917
F	32	14,016
	28	49,056
	51	37,376
	39	74,752
ML	5	23,360
TWA	5	17,754
	4	76,621
	6	96,710
	13	8,760
MR	9	47,187
	8	53,261
	7	60,736
	5	84,563
	4	101,382
	6	93,440
	3	97,177
	37	18,688
Всего		1227,334

Рис. 106. Исполнительный план размещения лесного груза в трюме лесовоза

мают одновременно пакеты леса массой 1,5 т каждый. Если при этом крен достигает 3—4°, погрузку прекращают. Во время эксперимента судно должно свободно плавать, для чего ослабляют натяжение швартовов. Метацентрическая высота на момент опыта определяется по формуле

$$mg = \frac{M_{кр}}{D \sin \alpha}, \qquad (314)$$

где α — угол крена;
D — водоизмещение, т;
$M_{кр}$ — кренящий момент, который равен сумме моментов веса подъемов относительно диаметральной плоскости судна, тсм:

$$M_{кр} = \Sigma P \left(\frac{B}{2} + R \right); \qquad (315)$$

здесь P — вес одного подъема, тс;
B — ширина судна, м;
R — вынос стрелы за борт, м.

Дополнительная нагрузка от намокания и обледенения может составлять 10—20%, а иногда и более, от массы палубного груза леса.

Другой особенностью грузового плана лесовоза является необходимость приведения детальной схемы места расположения каждой партии груза (рис. 106) с указанием литерного шифра и номера партии, цвета сепарационной маркировки, размера сечения досок и их количества. На грузовом плане судна (схема разреза по диаметральной плоскости) приводят перечень всех коносаментов с указанием количества груза (в кубических метрах или стандартах) в каждой партии.

Глава 20

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ГРУЗЫ

§ 20.1. Ящичные грузы

Номенклатура и типоразмеры ящичных грузов чрезвычайно обширны. В ящиках перевозят продукты пищевой промышленности и сельского хозяйства, промышленные и потребительские товары, металлы и металлоизделия, машины и машинные части, приборы и оборудование. Типы, размеры и технические требования к конструкции ящиков установлены ГОСТами. Прочность и конструкцию ящиков устанавливают в зависимости от массы товара, упаковываемого в ящик. В дощатых ящиках перевозят самые разнообразные товары (пищевые продукты, парфюмерно-косметические, аптекарские, галантерейные и др.).

В фанерных ящиках, усиленных деревянными планками снаружи и внутри по периметру стенок, перевозят кондитерские изделия, пищевые концентраты, мучные изделия, кофе, чай, табак, папиросы,

спички, галантерейные товары, трикотаж. Ящики из гофрированного картона (короба) применяют для перевозки кондитерских изделий, пищеконцентратов, сухих фруктов и овощей, витаминов, маргаринов, консервов, табачных и махорочных изделий, обуви. Емкость коробов колеблется от 5,5 до 120 дм^3, длина 26—67 см, ширина 16—45 см, высота 6—52 см.

Некоторые штучные грузы (машины, сельскохозяйственные орудия, банки, бидоны, коробки с красками и другими жидкостями) и грузы, требующие вентилирования (фрукты, овощи), перевозят в решетчатых ящиках (обрешетках). Вполне пригодными для морской перевозки являются ящики, изготовленные из плотного картона (фибры) и соответствующих пластических масс. Внутри ящиков товары могут находиться в потребительской таре — банках, бутылках, коробках, пакетах и т. п.

Ящичные грузы складируют в порту в рядовые штабеля или пакетным способом. Способы укладки ящичных грузов зависят от формы, размеров отдельных мест груза и назначения укладки (рис. 107). Если высота штабелирования невелика, а ящики прочны и нет оснований бояться развала штабеля, укладка ящиков ведется ровными рядами. При наличии планок и в случае, если необходимо уменьшить габариты штабеля, ящики укладывают со смещением на ширину планки либо на ширину двух планок. При формировании пакетов и устройстве головок штабелей для упрочения укладки применяют способы — крест-накрест, тройником, если отношение длины ящика к ширине равно примерно двум, или пятериком, если это отношение равно $^3/_2$.

Линейные размерения штабеля определяют по формулам:

$$L = n_l l K_i; \qquad B = b n_b K_\beta. \tag{316}$$

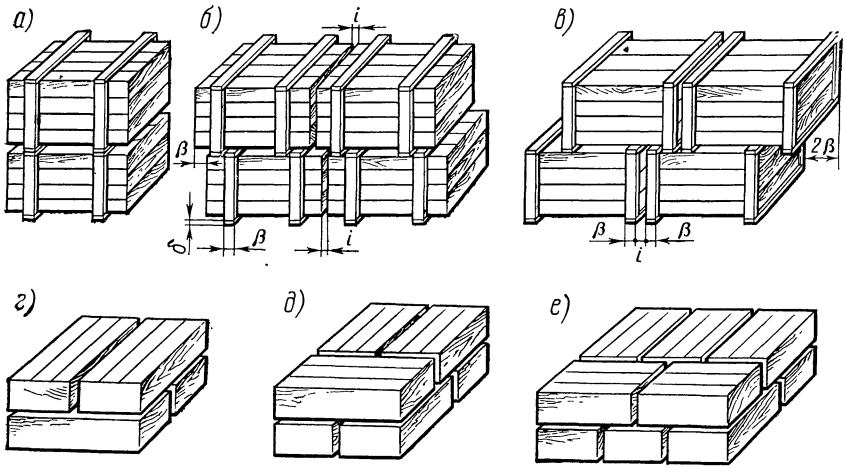


Рис. 107. Способы укладки ящичных грузов:
а — ровными рядами; *б* — со смещением на ширину планки; *в* — со смещением на ширину двух планок; *г* — крест-накрест; *д* — тройником; *е* — пятериком

Высота штабеля при укладке ящиков со смещением на ширину планки H определится:

$$H = h\,[1 + K_h\,(n_h - 1)], \tag{317}$$

где $K_h = 1 - \frac{\sigma_п}{h}$ — коэффициент высоты укладки ящичного груза;

$\sigma_п$ — толщина планки.

Длина штабеля в этом случае будет больше на ширину планки. При расположении планок у кромок ящика величина смещения равна двойной ширине планки плюс зазор между местами. Выгодность укладки ящиков со смещением на ширину планки определяют соотношением объемов штабеля при нормальной укладке и со смещением ящиков, что практически бывает при соблюдении неравенства

$$\frac{h}{l}\,\frac{\beta_п}{\sigma_п} < n_l - 1. \tag{318}$$

Эффект от укладки со смещением ящика достигает 5% и более от общего объема штабеля.

Грузы в мелкой ящичной упаковке перерабатывают в порту на универсальных площадках. Некоторые данные о пакетном способе хранения ящичных грузов приведены в табл. 37.

Таблица 37

Наименование груза	Число пакетов по высоте		Удельная нагрузка, т/м²	
	Первый этаж	Верхние этажи	Первый этаж	Верхние этажи
Финики, орехи, консервы, автозапчасти, жесть белая, баббит, сахар-рафинад	3	2	2,0—2,9	1,5—1,9
Чай, кардамон, обувь	3	2	1,1—1,7	0,7—1,1
Консервы, конфитюр, сабза, молоко сгущенное, электроды . . .	4	3—2	2,5—2,9	1,9—2,1

При укладке в трюмах морских судов каждый ящик должен быть уложен на ровную поверхность. Неровности в обводах корпуса или палубах должны быть заполнены прокладочным материалом так, чтобы следующий ярус ящиков укладывался на ровное основание. Особенное внимание этому вопросу уделяют при погрузке ящиков разного размера и картонных ящиков. Рекомендуется тяжелые ящики и ящики с большой объемной массой размещать в нижней части трюма. Ящики с малыми размерами не следует укладывать на ящик с большими размерами без дополнительных прокладок. Если длина ящика примерно в 2 раза больше его ширины, то один ярус ящиков укладывают вдоль, а другой — поперек судна, что улучшит устойчивость груза в трюме. Картонные ящики рекомендуется укладывать кирпич-

ной кладкой, т. е. так, чтобы ящик верхнего яруса лежал на двух ящиках нижнего яруса.

Между рядами крупных ящиков-обрешеток делают деревянные прокладки толщиной около 10 см. Груз в обрешетках рекомендуется укладывать в твиндеках. В трюмах высота штабеля обрешеток не должна превышать 3,6 м или половины высоты трюма. Сверху на обрешетки можно укладывать легкий груз. Жидкие грузы в обрешетках нельзя грузить на другие грузы.

Способ укладки ящиков в трюме (вдоль, поперек, на торец) определяется соотношением размеров ящиков и трюма, а также прочностью тары и свойствами содержимого.

§ 20.2. Мешковые грузы

В мешках перевозят различные сыпучие грузы растительного происхождения, порошкообразные и пылевидные вещества, соли, плавящиеся и твердые вещества, т. е. грузы, не требующие защиты от механических повреждений. Мешки являются мягкой упаковкой и разделяются в зависимости от материала изготовления на тканевые (джутовые и льнокенафные), бумажные, рогожные (кули) и пластмассовые.

В джутовых и льнокенафных мешках перевозят зерновые грузы, продукты переработки зерна, сахар и т. д. Размеры льнокенафных мешков установлены ГОСТ 1348—50. Тканевые мешки должны иметь двойную ушивку. В двух углах с ушитого края образуются «уши», которые удобны для захвата мешка руками. Тканевые мешки обладают бóльшей прочностью по сравнению с бумажными и рогожными. Однако наличие мельчайших отверстий в ткани мешков приводит к большим потерям пылевидных грузов вследствие раструски. Джутовые и льнокенафные мешки плохо защищают товар от попадания в него посторонней пыли, жидкостей и запахов. Гигроскопические материалы плохо защищены мешковой тарой от влагообмена с окружающей средой. Эти мешки подвержены гниению при неблагоприятных условиях хранения, что приводит к порче и потере груза.

В настоящее время все более широкое применение находят бумажные или крафт-целлюлозные мешки (ГОСТ 2226—62), которые разнятся по своим размерам, количеству слоев и способу обработки бумаги. Для защиты гигроскопического груза от воздействия влаги некоторые виды бумажных мешков пропитывают битумом. Битумированные мешки водо- и воздухонепроницаемы и кислотоустойчивы. В таких мешках перевозят грузы, легко воспринимающие влагу и портящиеся от нее, в частности соли, химикаты, вяжущие вещества, удобрения. Непропитанные крафт-мешки применяют для перевозки негигроскопических и мало подверженных воздействию влаги строительных материалов, пищевых продуктов и химикатов. Бумажные мешки выпускаются трех-, четырех-, пяти- и шестислойными в зависимости от плотности затариваемого продукта.

Хотя прочность мешковой тары невелика, мешки выдерживают статическую нагрузку до 8—10 т/м² в зависимости от прочности ма-

териала изготовления мешка, его состояния, рода затаренного груза, способа укладки и других причин. Этот вопрос имеет большое практическое значение и требует тщательного исследования, так как ограничения высоты штабелирования мешковых грузов не всегда достаточно обоснованны.

При хранении грузов или мешковой тары во влажных условиях или при высокой температуре прочность мешковой тары резко уменьшается. Особое внимание следует уделять обеспечению сохранности бумажных мешков, в которые затаривается груз в горячем состоянии. Известно, например, что при затаривании горячего цемента мешки не выдерживают морской перевозки. Наибольшее внимание вопросу обеспечения сохранности груза, упакованного в мешковую тару, необходимо уделять в процессе перегрузки груза. Мешки из эластичной пластмассы надежно изолируют содержимое от воздействия влаги, паров, запахов, пыли, но требуют дополнительной упаковки в тканевые или бумажные мешки для предотвращения от механических повреждений.

Категорически запрещается пользоваться крючьями, тащить мешки волоком и сбрасывать с силой и с большой высоты, применять металлические стропы. При перегрузке мешковых грузов, особенно в бумажных мешках, не следует вообще применять стропы, а пользоваться площадками или сетками.

Число типоразмеров стандартных отечественных мешков невелико. Однако форма, размеры и масса места зависят от свойств содержимого — структуры вещества, его влажности и плотности. Типоразмеров мешковых грузов очень много. Длина одного места мешкового груза 60—100 см, ширина 40—70, высота 15—40 см. Масса места в бумажных мешках обычно 40—50 кг, тканевых 40—150 кг. Масса одного мешка отечественного груза обычно не превышает 70—80 кг. В процессе хранения и перевозки мешковой груз меняет свою форму под действием нагрузки, вибрации, физико-химических процессов, происходящих в продукте. Мешки сплющиваются под давлением, порошкообразные гигроскопические вещества слеживаются, порой превращаясь в монолитную массу.

Удобрения: сульфат аммония, преципитат, калийные соли — упаковывают в битуминированные мешки, которые защищают товар от вредного действия влаги. Сульфат аммония и калийные соли упаковывают в трехслойные мешки. Масса места 50 или 65 кг. Преципитат упаковывают в четырехслойные мешки по 40 кг. Погрузочный объем 1,15—1,20.

Руды и *рудные концентраты* обычно перевозят в мешках массой 40—75 кг, свинцовый блеск — до 102, серу — 40—91, титановый концентрат — 23 кг. Погрузочный объем этих грузов колеблется в пределах 0,34—1,5 м³/т. Погрузочный объем кобальтовой руды 0,34, бокситов — около 1,25 м³/т. Руды боратовая, ванадиевая, вольфрамовая, литиевая, марганцевая имеют погрузочный объем менее 1 м³/т. В мешках перевозят ценные грузы и их концентраты, поэтому при их перевозке и хранении необходимо осторожное обращение с грузом, предотвращающее его потери. *Цемент* перевозят в бумажных мешках

массой 50 кг. Цемент боится подмочки и увлажнения, при попадании в него сахара теряет вяжущие свойства, при действии аммиака быстро схватывается. Цементная пыль вредно действует на центральную нервную систему и слизистые оболочки человека.

В мешках перевозят плавкие естественные или искусственные вещества: воск, нафталин, парафин, асфальт, смолы, продукты переработки нефти и каменного угля — церезин, озокерит, дубильные экстракты — дубовый, квебраховый. Масса груза в стандартных мешках 50 кг. Иногда перевозят мешки с парафином и асфальтом массой 100 кг, воском и нафталином — 60—62 кг. Указанные продукты отливают в виде плит или брусков, завертывают в бумагу и упаковывают в бумажные или тканевые мешки. Для морской перевозки требуется двойная упаковка — в бумажный и тканевый мешки. Рассматриваемые грузы обычно плавятся при температуре 50—60° С, иногда выше, что требует их хранения вдали от источников тепла, защиты от нагрева солнечными лучами.

Перевозимые в мешках коренья, травы, ягоды, продукты их первоначальной обработки, предназначенные для пищевых или медицинских целей, имеют различные объемные и массовые характеристики: масса места 30—110 кг, удельный объем 1,2—2,7 м³/т. В мешках массой места 35—100 кг перевозят также асбест, абразивные материалы, гранит, глинозем, графит, казеин, декстрин, жмыхи и другие сыпучие материалы.

При перевозках на дальние расстояния с участием нескольких видов транспорта и с неоднократной перевалкой груза к мешковой упаковке предъявляют повышенные требования (ГОСТ 15846—70). Так, например, сахар, муку, зерно упаковывают в двойные мешки или мешки одинарные повышенной прочности.

Все товары, затарированные в мешки, относятся к грузам закрытого хранения. Режимы хранения, высота штабелирования и меры по обеспечению сохранности мешковых грузов зависят от свойств упакованного товара и мешковой тары. Мешковые грузы следует хранить в сухих, чистых складах отдельно от грузов, обладающих специфическими сильными запахами. Высота штабелирования мешковых грузов устанавливается правилами. Высота штабелирования хлебных грузов зависит от времени года, срока хранения и состояния груза [17].

Мешковые грузы укладывают на подтоварники для предотвращения их от увлажнения при соприкосновении с полом склада и подмочки грунтовой и метеорологической влагой (см. § 7.1). Количество лесоматериала, необходимого для настила (досок и брусьев), можно определить из расчета 0,06—0,10 м³ на 1 м² настила. При штабелировании грузов в пакетах подтоварники не нужны, так как их заменяют универсальные площадки.

При вынужденном хранении мешковых грузов на открытой складской площади штабеля груза должны быть укрыты брезентами. Наиболее тщательно следует укрывать грузы с низким значением гигроскопической точки (различные соли, удобрения) и высокой влагопоглощательной способностью. В периоды выпадения осадков и резких

колебаний температуры грузы следует укрывать брезентами со всех сторон — сверху, с боков и снизу.

Размер брезента под грузом должен быть больше размера основания штабеля на 1,0—1,5 м с каждой стороны. Выступающую часть брезента при наращивании штабеля до уровня 80—120 см поднимают вдоль стенки штабеля, и концы его прижимают сверху мешками. Брезент, уложенный сверху, должен свисать с наружной стороны нижнего брезента с перекрышем не менее 0,5 м и быть так укреплен оттяжками или связками, чтобы влага не могла проникнуть внутрь штабеля.

Для предупреждения опасного разваливания груза в зависимости от устойчивости штабеля вертикальная часть стенки штабеля должна иметь высоту 1,8—2,2 м. Далее мешки укладывают уступом к середине штабеля, отступая каждый раз от края штабеля примерно на половину ширины мешка. При размещении мешкового груза в складе между штабелем и стенкой склада нужно оставлять пространство не менее 0,5 м.

Способы укладки мешков в штабеля и пакеты показаны на рис. 108. Если груз укладывают без применения универсальных площадок, по краям штабеля устраивают так называемые головки, которые образуются из плотно уложенных, скрепленных между собой путем укладки мешков. Между головками мешки укладывают в штабель способом мешок на мешок или вполмешка. Укладка мешок на мешок удобна для счета мест груза, обеспечивает хорошую вентиляцию груза, но увеличивает объем штабеля. Укладка вполмешка способствует экономии объема помещения, но не обеспечивает вентиляцию груза в штабеле. Для формирования головок штабелей и пакетов применяют способы: крест-накрест, крест-накрест с перевязкой, тройником, если отношение длины мешка к ширине около двух, и пятериком, если это отношение равно $^3/_2$. Мешки укладывают колодцем, если груз начинает портиться и его необходимо хорошо вентилировать.

В настоящее время широко применяют в портах пакетный способ переработки и хранения мешковых грузов (рис.109). В зависимости от сочетания размеров мешков и поддонов укладку мешков на поддоны

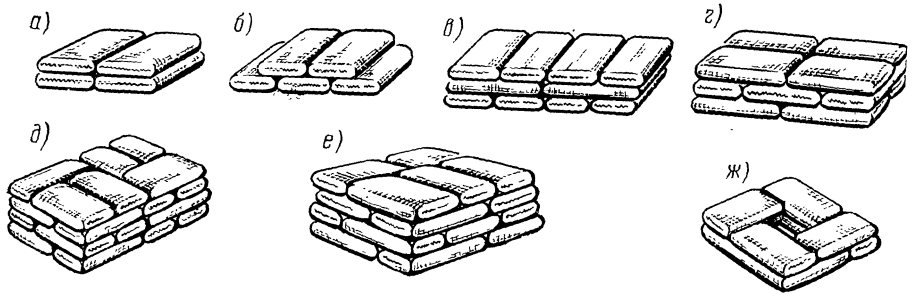


Рис. 108. Способы укладки мешковых грузов:
а — мешок на мешок; *б* — вполмешка; *в* — крест-накрест; *г* — крест-накрест с перевязкой; *д* — тройником; *е* — пятериком; *ж* — колодцем



Рис. 109. Пакетный способ складирования мешковых грузов

ведут различными способами — двойником, тройником, четвериком, пятериком, шестериком. Число рядов мешков в пакете на площадке 1200×1600 см по высоте колеблется от 3 до 8. Число мест в пакете бывает от 15 до 60. Масса пакета обычно 1400—1500 кг. Число рядов пакетов по высоте ограничивается высотой склада, нормой нагрузки и требованиями техники безопасности и колеблется на первых этажах складов от 3 до 5, на верхних этажах от 2 до 3 (табл. 38).

Для сохранения устойчивости штабеля укладку третьего и последующих рядов пакетов по высоте ведут уступом, отступая каждый раз на ширину пакета. Штабель пакетированного груза на открытой площадке укрывают брезентом только сверху, но так, чтобы брезент со всех сторон касался пола, т. е. полностью закрывал штабель от попадания воды и брызг внутрь штабеля.

Таблица 38

Наименование груза	Число пакетов по высоте		Удельная нагрузка, т/м²	
	Первый этаж	Верхние этажи	Первый этаж	Верхние этажи
Мука, сахар-песок	5	3	2,8—3,0	1,7—1,8
Рис (50 кг), кофе, перец, медный купорос	4	3	1,8—2,5	1,4—2,0
Рис (100 кг), какао, сахар-песок (50 кг), цемент, селитра, суперфосфат, закись никеля	3	2	1,6—2,8	1,1—1,9

Мешковые грузы в большинстве своем являются режимными грузами, поэтому в первую очередь должны решаться вопросы обеспечения их сохранности. Как правило, эти грузы изолируют от металлических частей корпуса судна и других грузов с помощью прокладочного и сепарационного материалов. Мешки укладывают в трюме вдоль судна плашмя, начиная от бортов к центру трюма. Сначала укладывают первый поперечный ряд (блок) у переборок (у носовой и кормовой одновременно). Рабочий может свободно уложить в среднем шесть рядов мешков по высоте, после чего необходимо выложить первый ряд второго поперечного блока и продолжить укладку первого блока. Такой способ носит название уступа. При укладке способом мешок на мешок (см. рис. 108, *а*) достигается лучшая вентиляция груза в трюме. Укладка вполмешка (см. рис. 108, *б*) легковесных грузов дает возможность улучшить использование грузовместимости трюмов. В тех случаях, когда загружается только часть трюма, штабелю мешкового груза придают форму последовательных уступов либо вертикальной стенки. В последнем случае крайние два ряда укладывают крест-накрест с перевязкой (см. рис. 108, *г*).

Мешковые грузы укладывают плотными ровными рядами. В тех случаях, когда по условиям рейса (длительный переход с большими изменениями температуры окружающей среды) и свойствам груза (гигроскопический, самонагревающийся) необходимо усиленная вентиляция для обеспечения тепло-, влаго- или воздухообмена, например при перевозке риса из стран Юго-Восточной Азии в Европу, применяют так называемые венецианские воздуховоды, прокладываемые внутри груза (рис. 110). На каждый грузовой люк устанавливают четыре или шесть вертикальных воздуховодов по углам и в средней части комингса. Кроме того, вертикальные воздуховоды должны быть установлены и соединены с отверстиями дефлекторов или вентиляторов.

Сначала грузят два яруса мешков, на которые от переборки до переборки вдоль судна укладывают продольные воздуховоды. Коли-

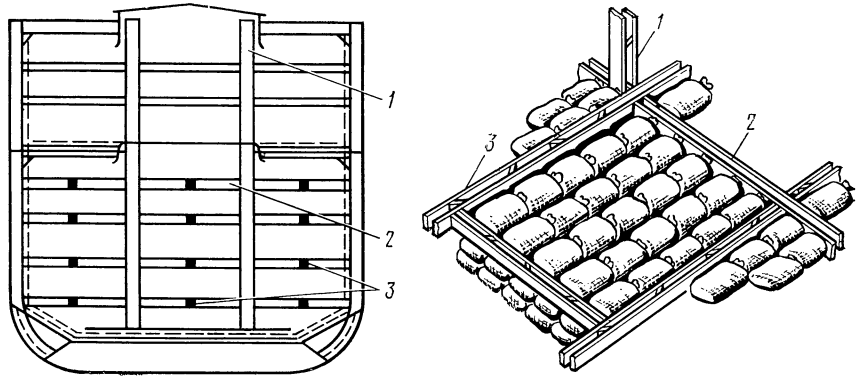


Рис. 110. Укладка воздуховодов в грузе:
1 — вертикальные; *2* — поперечные; *3* — продольные

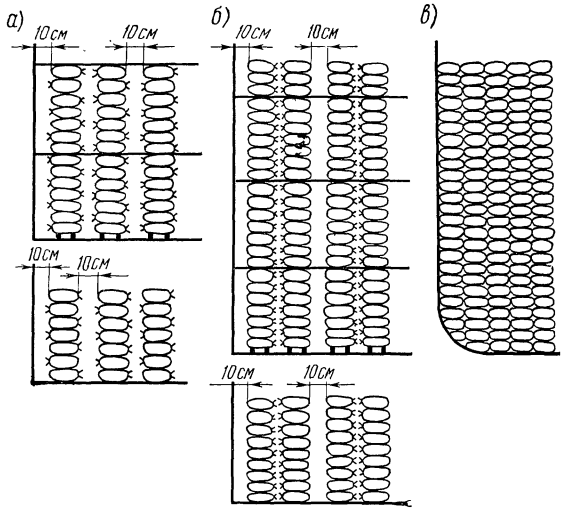


Рис. 111. Схема укладки мешковых грузов для обеспечения эффективной вентиляции груза

чество воздуховодов зависит от ширины судна, однако их должно быть не менее двух. Промежутки между ними закладывают грузом в один ярус, после чего укладывают поперечные воздуховоды, часть которых нужно соединить с вертикальными воздуховодами, а остальные укладывают на расстоянии, равном суммарной длине пяти рядов мешков. Промежутки между ними заполняют грузом. Затем укладывают два яруса мешков, после чего операции по укладке воздуховодов повторяют в прежнем порядке.

Мешки с грузами, подверженными самопроизвольному нагреванию и возгоранию, а также в тех случаях, когда требуется обеспечить более полную внутреннюю вентиляцию грузов, укладывают поперечными рядами (рис. 111). Ряды мешков укладывают плотно от борта до борта. Между переборкой и рядом оставляют пространство шириной 10 см. Под каждый ряд мешков поперек судна укладывают на пайол или палубу твиндека две деревянные прокладки из досок сечением 100 × 25 мм, с промежутком между ними не более 23 см. Каждый поперечный ряд мешков рыбной муки с повышенным содержанием жира укладывают на расстоянии 10 см друг от друга (рис. 111, *а*), причем зашитые концы мешков в соседних рядах и ярусах должны быть обращены в разные стороны. Муку с нормальным содержанием жира укладывают в два ряда (рис. 111, *б*) зашитыми концами мешков внутрь. Для того чтобы ряды мешков не сдвигались во время рейса, их скрепляют продольными прокладками из досок, уложенных на каждый третий мешок каждого седьмого яруса, причем на самой верхней прокладке должно находиться не менее трех и не более четырех ярусов мешков (рис. 111, *в*). Продольные прокладки должны упираться в переборки и перекрывать друг друга по длине судна не ме-

нее чем на 45 см. Распределение прокладок по ширине и высоте судна должно быть как можно равномернее. В зависимости от высоты штабеля их можно укладывать по высоте и через пять-шесть ярусов.

Мешковые грузы необходимо перегружать и укладывать с осторожностью, так как легко может быть порвана упаковка, что приведет к порче и убыли груза. Отдельные партии мешковых и киповых грузов должны быть отсепарированы друг от друга при помощи мешковины, рогож, циновок, брезентов или досок.

§ 20.3. Киповые грузы

В кипах и тюках перевозят естественные и искусственные волокнистые материалы и изделия из них. Кипами принято называть упаковку волокнистого материала путем прессования. Тюки содержат непрессованный материал. Все волокнистые материалы имеют высокий удельный объем, и потому при их перевозке, как правило, не используется чистая грузоподъемность судна. Кипа обычно имеет форму параллелепипеда, две грани которого выпуклые, а остальные четыре — плоские. Кипы обшивают тканью и перевязывают металлическими лентами, проволокой или бечевкой.

Хлопок и другие волокнистые вещества являются гигроскопическим грузом, легко воспринимающим влагу, но медленно высыхающим. При поглощении влаги хлопок разбухает, кипы увеличиваются в размерах. В сухой жаркой атмосфере хлопок высыхает и его волокна становятся хрупкими и жесткими. Нормальная кондиционная влажность хлопка в зависимости от сорта колеблется в пределах 8—13% (на сухую массу). Хлопок — пылеемкий груз, поэтому его следует оберегать от пылящих грузов и пыли, легкогорючий, загорающийся от искры и самовозгорающийся при попадании на него жиров и масел.

Причиной возгорания волокнистых веществ (хлопок, пакля, ветошь, шерсть) могут явиться: искра, образующаяся от ударов двух металлических предметов, тлеющая спичка или папироса, искра из выхлопной или дымовой трубы судна. Самовозгорание волокнистых грузов происходит от попадания на кипы растительных масел и жиров. Самыми опасными для хлопка являются льняное масло и ворвань, причем прогорклые жиры значительно опаснее чистых растительных масел. Минеральные масла без примесей почти безопасны, но при наличии в них серы или парафина, особенно если есть дополнительный источник тепла, самовозгорание вполне возможно. Причиной образования тепла является окисление жировых веществ, которые попадают в груз. Жир или масло обволакивает всю поверхность волокон, что приводит к резкому увеличению площади соприкосновения жира с кислородом воздуха, так как удельная поверхность волокон хлопка, льна и джута составляет 15—200 $м^2/см^3$ волокна.

Волокнистые грузы являются плохими проводниками тепла, поэтому при попадании масла или жира в груз происходит местный интенсивный нагрев волокна. В зависимости от количества образовавшейся теплоты самовозгорание может произойти через 2 — 3 ч и даже

через несколько суток. Для самовозгорания хлопка достаточно 3 — 5% жира. На рис. 112 показаны кривые изменения температуры от самовозгорания хлопка при пропитке его олифой и льняным маслом. Для предотвращения самовозгорания хлопка и других волокнистых веществ необходимо оберегать грузы от загрязнения маслами и жирами, не допускать совместного хранения, перегрузки и перевозки волокнистых и жировых грузов [18]. *Лен-волокно*, *кудель*, *пенька*, *пакля*, *вата* по своим свойствам весьма близки к хлопку. Джут является гигроскопическим грузом, выделяющим влагу в процессе перевозки. Нормальная влажность джута 14 — 17%. При влажности более 17% и температуре выше 15° С груз быстро плесневеет, гниет и портится. Подвержен самонагреванию и самовозгоранию. Хранить нужно в сухом месте, не допуская контакта с растительными и животными жирами.

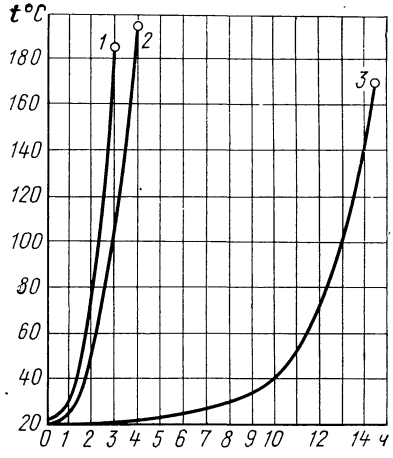


Рис. 112. Изменение температуры хлопка при самовозгорании: *1* — олифа 25%; *2* — олифа 20%; *3* — льняное масло; ○ — температура самовозгорания

Волокнистые грузы складируют в соответствии с правилами (МОПОГ, марг. № 4400 — 4499), где подробно изложены требования к складам и необходимые противопожарные мероприятия. При хранении волокнистых грузов в закрытых складах штабеля должны быть удалены от стен склада на 0,7 м. При ручной укладке устраивают один продольный проход и поперечные проходы, соединяющие двери. Ширина проходов — не менее 2 м. При механизированной укладке ширина проходов не должна быть менее 2,5 м. Допускается уменьшать ширину поперечных проходов (через один) до 1 м. Лен и пеньку следует хранить в помещениях с умеренной влажностью и предохранять от действия солнечных лучей. Высота укладки волокнистых киповых грузов пять — девять ярусов.

При отсутствии закрытых складов хлопок и другие волокнистые вещества хранят на специально выделенном участке, удаленном от других сооружений и складов на соответствующие противопожарным нормам расстояния. Штабеля формируют размерами не более 22 × 11 × × 8 м на прочные сухие настилы высотой 25 — 40 см в зависимости от высоты залегания грунтовых вод и материала основания площадки. Между штабелями (бунтами) устраивают разрывы шириной 15 м.

Шерсть перевозят в кипах, размеры и масса которых различны. Погрузочный объем шерсти колеблется в больших пределах — 1,1 — 14,8 м³/т. Шерсть очень гигроскопична, подвержена самонагреванию и самовозгоранию. Нормальная влажность 15 — 18%. Шерсть, особенно немытая, обладает запахом и при погрузке с другими грузами-

ми может их испортить. В практике встречаются два вида шерсти — мытая и немытая, совмещать которые в одном грузовом помещении нельзя. Шерсть подлежит ветсаннадзору.

Пушнина является весьма ценным грузом, подлежащим ветсаннадзору и требующим заботы о сохранности от порчи и хищений. Особо ценные сорта перевозят в запаянных оцинкованных ящиках, менее ценные — в деревянных ящиках и кипах.

Целлюлозу сырую или сухую перевозят в кипах, обернутых двумя слоями небеленой целлюлозы и затянутых стальной упаковочной лентой или проволокой в два или в четыре пояса. Размер наиболее часто встречающихся кип целлюлозы 90 × 60 × 50 см, масса 150 кг. Сырая целлюлоза выделяет много влаги, которая может вытекать из кип и портить другие грузы. Удельный объем сухой целлюлозы 1,56 — 2,12 м³/т, сырой — 1,47 — 1,59 м³/т. При перегрузке целлюлозы необходимо обращать внимание на сохранность упаковки.

Бумагу листовую упаковывают в кипы, обернутые прочной упаковочной бумагой и снабженные двумя плотными щитами, имеющими две или три поперечные планки. Кипу скрепляют упаковочной лентой, проходящей по планкам. Размеры кипы бумаги разные: длина 50 — 120 см, ширина 40 — 70 см, высота 50 — 80 см, масса 80 — 200 кг, иногда 300 — 400 кг. Листовой картон упаковывают в кипы массой 80 — 100 кг. Писчебумажные изделия перевозят в кипах размерами 85 × 42 × 15 см, массой около 45 кг. При перегрузке бумаги нельзя бросать кипы, применять крючья. Бумага боится сырости, загрязнений, солнечных лучей.

Каучук натуральный обычно перевозят в кипах массой 113,4 или 101,6 кг. Длина кипы каучука 60 — 80 см, ширина 50 — 60, высота 35 — 45 см. Различают каучук двух сортов: смокед-шитс — рифленые коричневые листы, креп — белые или коричневые листы с шероховатой поверхностью. Кипы каучука обтягивают рубашкой из смокед-шитса. В некоторых случаях кипы обшивают циновками или укладывают в деревянные ящики. Каучук под воздействием тепла, солнечных лучей, влаги, нефтепродуктов, кислот, растворителей теряет свои товарные качества. Подмоченный каучук плесневеет и гниет, выделяя большое количество тепла, в результате чего очаг гниения и порчи быстро распространяется по всей массе груза. Плесневение каучука очень трудно обнаружить, так как поверхность кипы быстро высыхает и следы плесени снаружи исчезают, а внутри остаются. Не допускаются также загрязнения груза, соприкосновения с металлическими частями. Кипы каучука под давлением и от действия тепла и влаги склеиваются между собой, что требует специальных мероприятий при погрузке. Каучук является огнеопасным грузом. Удельный объем каучука в кипах 1,84 — 1,90 м³/т.

Каучук укладывают на подтоварники в сухие закрытые склады. Высота штабеля — не более шести кип. Хранение на открытой площади допускается как исключение на срок не более одного месяца. В этом случае высота подтоварника должна быть не менее 30 см. Штабеля надежно укрывают брезентами.

Лекарственные растения, пищевкусовые и дубильные вещества — кора, коренья, листья, цветы — перевозят в кипах различных размеров, массой 100 кг, иногда — в пределах 30—225 кг. Удельный объем этих грузов высок — 1,42 — 7,6 м³/т. При хранении и перевозке нужно оберегать их от загрязнения, запахов, вредных испарений, влаги.



Рис. 113. Штабелирование киповых грузов в пакетах

Табак махорочный перевозят в прессованных кипах массой около 300 кг, листовой табак перевозят в кипах массой 16 — 81 кг, упакованных в ткань или бумагу и сверху обшитых редкой мешковиной. Листовой табак следует оберегать от раздавливания и поломки.

Пробку прессованную или непрессованную перевозят в кипах, стянутых металлическими лентами. Она является чистым грузом, совместимым с другими грузами, не выделяющими вредные испарения, пыль, жидкости, запахи. Удельный объем пробки 6,2 — 12,0 м³/т.

Киповые грузы хранят в закрытых складских помещениях. Допускается хранение на открытых площадях хлопка и некоторых других киповых грузов с соблюдением специальных мер обеспечения сохранности груза. Обычно киповые грузы так же, как и другие мелкоштуч-

Таблица 39

Наименование груза	Размеры места, см / Масса места, кг	Число мест в пакете[1]	Масса груза в пакете, кг	Число пакетов по высоте		Удельная нагрузка, т/м²	
				Первый этаж	Верхние этажи	Первый этаж	Верхние этажи
Табак . . .	$\frac{100\times65\times40}{112,5}$	$\frac{3\times3}{9}$	1012	3	3	1,31	1,31
» . . .	$\frac{85\times45\times30}{19}$	$\frac{5\times4}{20}$	380	4	3	0,61	0,46
» . . .	$\frac{85\times40\times32}{20}$	$\frac{6\times4}{24}$	480	4	3	0,73	0,54
Целлюлоза .	$\frac{80\times65\times38}{120}$	$\frac{4\times3}{12}$	1440	4	3	2,54	1,91
Ткань хлопчатобумажная . .	$\frac{80\times50\times36}{74}$	$\frac{5\times4}{20}$	1480	3	2	2,0	1,33

[1] Первая цифра в числителе — число мест в ряду, вторая — число рядов по высоте, знаменатель — число мест в пакете.

ные, складируют пакетным способом (рис. 113). Данные о пакетном способе складирования киповых грузов на поддоне 1600 × 1200 × × 180 см приведены в табл. 39.

Листовой табак укладывают на подтоварники плашмя (ни в коем случае не на ребро) на высоту не более 12 кип. Бумагу в кипах также укладывают на высоту до 12 рядов. Кожи, выделанные в пачках, укладывают на высоту до 2,5 — 3 м; шкуры складируют в отдельных помещениях, сухих и хорошо вентилируемых, защищенных от солнечного света. Высота штабелирования не более 2 м. Через каждые пять-шесть дней штабеля шкур перекладывают.

§ 20.4. Катно-бочковые грузы

К катно-бочковым относятся грузы, которые перевозят в бочках, барабанах и рулонах. Бочки металлические (ГОСТ 6247 — 52) по способу изготовления разделяются на сварные и закатные, с ровной и рифленой поверхностью. Бочки имеют круговые выдавленные пояса (рис. 114, *а*) или (старые образцы бочек) средние обручи из фасонного железа, концевые — из полосового железа. В металлических бочках перевозят нефтепродукты — топливо, смазочные материалы, жидкие пищевые продукты и химические вещества.

Деревянные бочки (ГОСТ 8777 — 67) по назначению делятся на заливные и сухотарные, и изготовляют их в зависимости от назначения из различных пород дерева: дуба, бука, сосны, липы, лиственницы, кедра, ели, осины либо из фанеры (рис. 114, *б*). По своей форме деревянные бочки разделяются на конические и цилиндрические. Цилиндрические бочки предназначены для древесной смолы, пека и других плавких и сухих веществ. В большинстве случаев встречаются конические бочки, которые в зависимости от формы клепки бывают круговыми (клепка имеет форму окружности) и параболическими (клепка имеет форму параболы). Емкость бочки определяется непосредственным замером или расчетом.

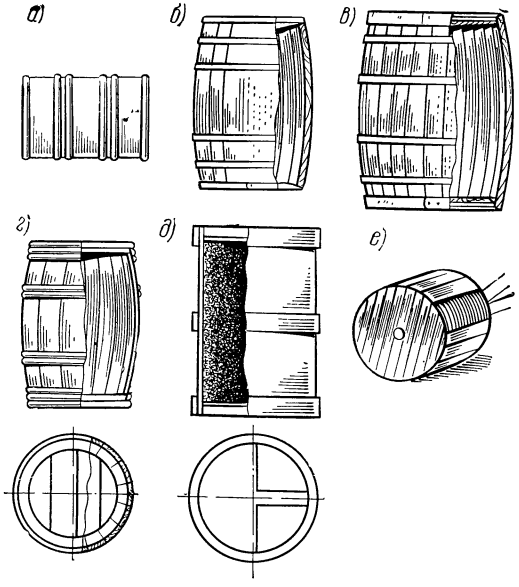


Рис. 114. Разновидность тары катно-бочковых грузов

Бочки скрепляются четырьмя или шестью металлическими обручами (см. рис. 114, *б*, *в*) либо 10 — 12 деревянными обручами (рис. 114, *г*).

Пробка в заливных бочках делается либо в донышке, либо в боковой, самой широкой клепке. Боковая пробка должна располагаться так, чтобы при укладке бочки пробкой вверх клепки доньев были вертикальны. В заливных бочках перевозят пищевые продукты в жидком или полужидком состоянии — вино, спирт, плодоовощные соленья, маринады, квашеные продукты, рыбу, пищевые жиры, масла и т. п. В сухотарных бочках перевозят сухие пищевые продукты, технические жиры, смазочные материалы, сухие химические и порошкообразные продукты. Жидкие грузы в бочках следует хранить в условиях повышенной влажности и, как правило, при пониженной или низкой температуре. Сухие продукты, затаренные в бочки, не должны подвергаться действию сырости.

Металлические барабаны изготовляются из кровельного железа, обычно емкостью 50, 100 или 200 л, цилиндрической формы и предназначены для перевозки плавких веществ — битума, озокерита, церезина и сухих химических продуктов — каустической соды, красителей, карбида кальция, красного фосфора, жженой магнезии, сернистого натра, хромпика. Большинство грузов, упакованных в металлические барабаны, относится к разряду опасных, и при их хранении и перевозке необходимо соблюдать соответствующие меры предосторожности [18]. Прочность металлических барабанов значительно ниже, чем бочек.

Фанерные барабаны цилиндрической формы (рис. 114, *д*) изготовляют из трехслойной клееной фанеры (березовой, еловой, осиновой, ольховой). В барабанах перевозят сухие химические или пищевые продукты, как, например, кальцинированную соду, хлорную известь, красящие вещества, сухое молоко. Барабаны для пищевых продуктов изготовляют емкостью 25 — 100 л, высотой 40 — 70 см, диаметром 30 — 45 см. Масса одного места колеблется в пределах 50 — 150 кг. Барабаны для химических веществ, красителей и густотертых красок изготовляют емкостью 10 — 100 л, высотой 25 — 70 см, диаметром 30 — 46 см. Масса места 15 — 175 кг. Удельный объем 1 — 3 м³/т.

Деревянные барабаны (рис. 114, *е*) служат упаковкой для тросов и кабелей электрических, проволоки и бумаги в рулонах, имеют цилиндрическую форму. Масса таких барабанов колеблется от 100 кг до 5 — 6 т. Удельный объем — от 0,6 до 9,3 м³/т. Размеры колеблются от 60 × 100 до 140 × 290 см. Барабаны из плотной фибры и пластмасс, получающие сейчас распространение, применяют для упаковки различных материалов и заменяют фанерные и металлические барабаны.

Бумагу и картон часто перевозят в рулонах, которые снаружи обертывают упаковочной бумагой в несколько слоев. Иногда торцовые стенки рулона прикрывают деревянными щитами, а боковые — обшивают деревянными планками толщиной 10 — 12 мм. В середине рулона бумаги или картона имеется трубка-гильза, склеенная из бумаги. В процессе перегрузки рулонов бумаги следует заботиться о сохранности упаковки содержимого. Рулоны нельзя бросать и перекатывать. Груз боится подмочки, солнечных лучей, тепла и загрязнения.

В зависимости от рода груза и места штабелирования катно-бочковые грузы укладывают вертикально или горизонтально. В зоне действия портального крана бочки укладывают горизонтально. На универ-

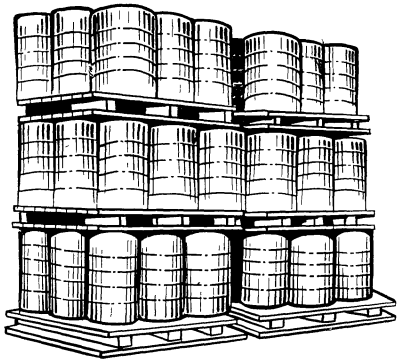


Рис. 115. Штабелирование бочковых грузов на поддонах

сальных площадках бочки укладывают стоя (рис. 115) так, чтобы они опирались на пол всей торцовой частью. Укладка ведется либо ровными рядами, либо шахматным порядком, т. е. барабаны устанавливают в углубление между двумя соседними.

При горизонтальной укладке конических бочек следят за тем, чтобы каждая бочка опиралась на четыре точки, а не выпуклой частью. Пробка бочки всегда должна быть вверху, а ряды бочек — ровными. Бочки верхнего ряда укладывают в углубление между четырьмя бочками нижнего ряда. Этот способ носит название «пятериком». Цилиндрические бочки можно укладывать тройником, т. е. цилиндр верхнего ряда — в углубление между двумя нижними.

Пищевые жидкие или полужидкие грузы в деревянных бочках нужно хранить в закрытых сухих и прохладных складских помещениях или под навесами. Бочки с растительными маслами укладывают в лежачем положении втулкой вверх в один ряд, бочки с животным маслом можно укладывать в три ряда. Рыбу соленую и сельдь в бочках хранят в закрытых складах, под навесами и на открытых площадках под брезентом, укладывая лежа равными рядами или пятериком. Краски и химикалии в бочонках и барабанах хранят в сухих вентилируемых помещениях или под навесами. Барабаны укладывают стоя до шести рядов, с деревянными прокладками между рядами или на поддонах.

Металлические бочки укладывают лежа, если втулка находится в боковой поверхности, или стоя, если втулка — в торцовой части. Между рядами укладывают две горизонтальные деревянные прокладки. Концевые бочки, уложенные горизонтально, должны поддерживаться клиньями или прокладками. Металлические барабаны укладывают вертикально.

Рулоны бумаги укладывают горизонтально на настил из досок, уложенных на брусьях. Высота укладки — до трех рядов с прокладками между рядами. Рулонно-кровельные материалы (толь, рубероид) всегда укладывают вертикально в один или два ряда с прокладками между рядами.

Объем и основные размеры штабелей бочковых грузов определяют по формулам (316). Высота штабеля, которая при укладке тройником и пятериком меньше суммы размеров мест по высоте, определяется по уравнению

$$H = D\,[1 + K_h\,(n_h - 1)]. \qquad (319)$$

По этой же формуле определяют длину штабеля при шахматной укладке бочек и цилиндров на торец. Коэффициент высоты укладки бочкового груза K_h — отношение приращения высоты штабеля от укладки

дополнительного ряда бочек h к диаметру бочек D (рис. 116) в общем случае определяется по формуле [3]:

$$K_h = \frac{h}{D} = \sqrt{K_d^2 - 0{,}25K_\beta^2}, \qquad (320)$$

где K_d — коэффициент диаметра соприкосновения, который для цилиндрических бочек равен единице, а для конических определяется по формуле

$$K_d = \frac{d_c}{D} = 1 - 0{,}25\left(1 - \frac{d}{D}\right)K_i^2, \qquad (321)$$

d_c — диаметр соприкосновения конической бочки, который расположен от утора на расстоянии около $^1/_4$ длины бочки и определяется по формуле

$$d_c = D - 0{,}25\,(D - d)\,K_i^2; \qquad (322)$$

K_i, K_β — линейные коэффициенты укладки [формулы (24)].

Для упрощения расчетов коэффициентов для бочковых грузов служит номограмма [3], при помощи которой определяют коэффициент формы [формула (20)], коэффициент диаметра соприкосновения и коэффициенты высоты укладки катно-бочковых грузов.

Число мест катно-бочкового груза рассчитывают в зависимости от способа укладки груза. При укладке ровными рядами количество мест груза в штабеле определяют простым перемножением числа рядов по длине, ширине и высоте. При укладке цилиндров тройником число мест в штабеле $N_з$ определится произведением суммы арифметической прогрессии числа мест в блоке на число блоков [3]:

$$N_з = n_l n_h \left(n_b - \frac{n_h - 1}{2}\right). \qquad (323)$$

Количество мест в штабеле бочкового груза, уложенного пятериком, определяется по сложной формуле, имеющей вид

$$N_5 = n_h\left[n_l n_b - \frac{(n_l - n_b)(n_h - 1) + n^h}{2} + \frac{2n_h^2 + 1}{6}\right]. \qquad (324)$$

Для быстрого расчета количества мест бочкового груза, уложенного тройником или пятериком, а также для определения потребной складской площади служат специальные таблицы [3]. Для определения размеров штабелей генерального груза по числу и линейному размеру мест и для решения обратной задачи удобно пользоваться номограммой [3].

Способы укладки катно-бочковых грузов в трюмах морских судов зависят от вида и конструкции тары этих грузов (рис. 117). Цилиндрические места (барабаны, бочки, крупные трубы) могут быть уложены

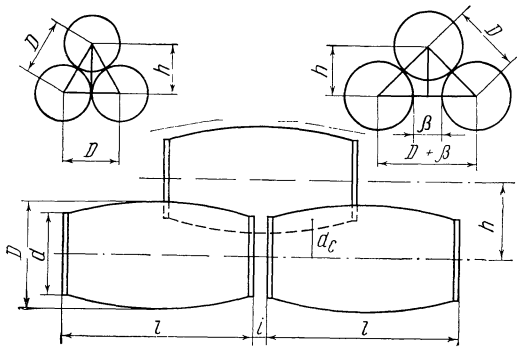


Рис. 116. Определение высоты штабеля бочковых грузов

ровными рядами или тройником. Конические бочки укладывают лежа пятериком, соблюдая указанные выше условия.

Первый ряд бочек укладывают на две поперечные прокладки, расположенные на $^1/_4$ длины бочки от ее днища. Толщина этих прокладок должна быть примерно равна полуразности максимального (в пуке) и минимального (у днища) диаметров бочки (для цилиндрических бочек 30 — 50 мм). Каждую бочку расклинивают четырьмя клиньями на прокладке и четырьмя между соседними бочками так, чтобы бочка не касалась своей выпуклой частью соседних бочек и пайола трюма. Еще лучше, если бочка будет уложена на лекальные деревянные подушки вместо прокладок. Торцовые срезы одного ряда бочек по ширине должны быть в одной плоскости, а по длине — совпадать друг с другом. В трюме крайние бочки нечетного ряда будут зависать над бочками четного ряда, поэтому пространство между нечетными рядами заполняют соответствующим грузом либо устанавливают специальные подпоры для бочек верхнего ряда. Бочки располагают длиной вдоль судна, параллельно диаметральной плоскости.

Укладку бочек следует вести поперечными рядами, начиная от середины судна вдоль переборок. Крайние бочки не должны касаться бортов. Там, где имеются выступающие части (пиллерсы, стрингеры) и бочка не укладывается строго в ряд, необходимо оставить свободное пространство, равное величине бочки, и заполнить его сепарационным материалом в виде подкрепления для бочек верхних рядов. На палубе бочки укладывают в один ярус с соблюдением обычных требований (свободный подход к кнехтам, замерным трубкам, проходы). Порожние бочки укладывают в три-четыре яруса, закрепляя их по бортам леерами на стойках.

Жидкости в металлических бочках, сухогрузы в барабанах, стеклянные изделия в бочках, гудрон, бумагу в рулонах укладывают стоя. Между ярусами укладывают прокладки из досок. Груз укладывают только на ровное основание. При количестве рядов по ширине не менее четырех и длине не менее пяти, или наоборот, всегда площадь, занимаемая бочками, уложенными в шахматном порядке, будет меньше, чем при укладке ровными рядами. При числе рядов по ширине и длине более десяти выигрыш в занимаемой площади при шахматной укладке составляет не менее 7%.

При укладке в трюме катно-бочкового груза необходимо пользоваться вариантным методом, сравнивая количество мест, которые могут быть погружены при укладке ровными рядами, тройником или пя-

териком. Максимальное количество рядов по высоте при укладке цилиндров в трюме тройником равно

$$n_3 = 2 + \frac{\frac{H-\sigma}{D} - 2}{K_h}, \qquad (325)$$

где σ — высота подкладки под нижний ряд.

Соответственно для укладки бочек пятериком получим:

$$n_5 = 2 + \frac{\frac{H-\sigma}{D} - 1 - K_{dc}}{K_h}. \qquad (326)$$

При укладке бочек в трюме пятериком при четном числе рядов по высоте выгодно делать нижний ряд неполным не только по ширине, но

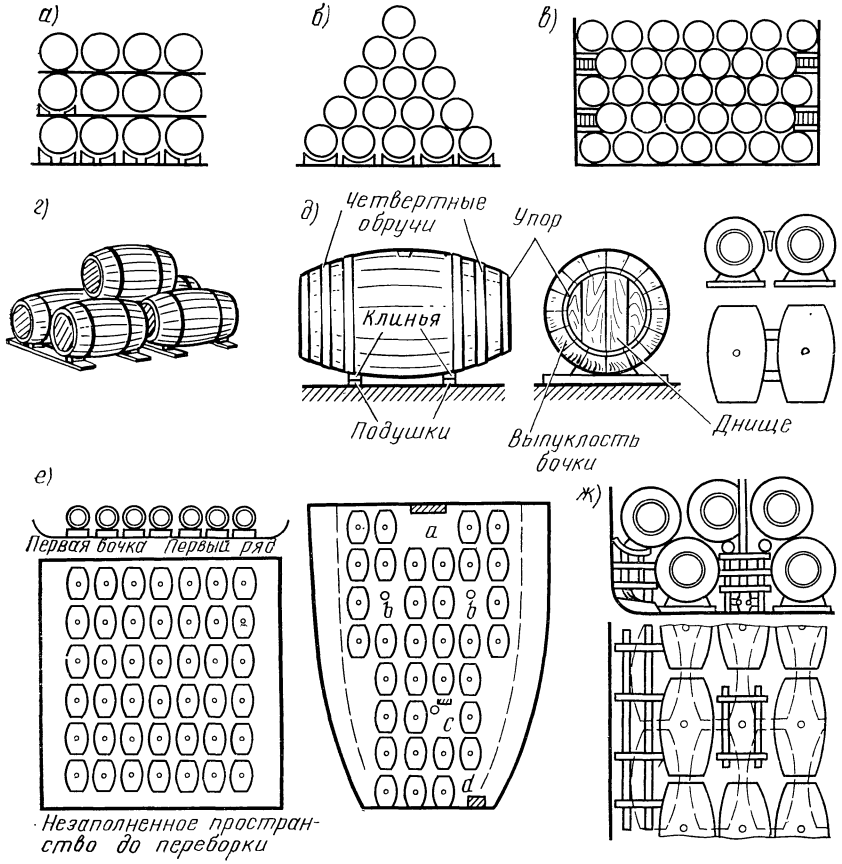


Рис. 117. Способы укладки катно-бочковых грузов:

а — ровными рядами; *б* — тройником на причале; *в* — тройником в трюме; *г* — пятериком; *д* — расклинивание при укладке; *е* — укладка бочек первого яруса в трюме; *ж* — заполнение пустот между бочками

и по длине, т. е. укладывать первый ряд, отступя на половину длины бочки от переборки. Число лишних бочек, уложенных в трюм, составит половину числа рядов по высоте. При нечетном числе рядов выгоднее первый ряд по длине и ширине делать полным, т. е. начинать укладку непосредственно от переборки.

§ 20.5. Трубы, рельсы, прокат черных и цветных металлов

Большая часть ассортимента труб, рельсов, проката черных и цветных металлов является длинномерными и тяжеловесными грузами. Длинномерные трубы, рельсы, прокат требуют при укладке в трюмах судов применения специальной технологии погрузки, особых мер предосторожности, строгого соблюдения плотности укладки и крепления груза для предотвращения его перемещения в трюме. Номенклатура и размеры труб чрезвычайно обширны. Стальные трубы имеют наружный диаметр 6,3 — 426 мм, толщину стенок 0,5 — 45 мм, массу одного погонного метра 1,25 — 62,54 кг и более, длину 5 — 10 м. Чугунные трубы имеют наружный диаметр 58 — 325 мм, толщину стенок 4 — 12,5 мм, массу 12 — 385 кг. Длина водопроводных чугунных труб установлена 2; 3; 4 м, канализационных — 0,25 — 2,0 м. Асбоцементные трубы диаметром 58 — 612 мм, длиной 2,5 — 4 м имеют 6 — 272 кг. Трубы для магистральных трубопроводов диаметром 750 мм имеют массу до 2,5 т, диаметром 1010 мм — до 3,5 т каждая. Их длина 8 — 12 м. Трубы малых размеров упаковывают в ящики. Удельный объем колеблется от 1,5 до 5,7. Длинные трубы малого диаметра поставляют в связках, масса которых различна, удельный объем 0,42 — 1,0. Трубы большого диаметра перевозят без упаковки.

Трубы с резьбой на концах должны иметь муфты для защиты резьбы от повреждения. Для защиты от коррозии трубы покрыты битумным лаком или вязкой смазкой. При хранении, перевозке и перегрузке труб необходимо оберегать их от коррозии и повреждений. Погнутые, поврежденные или покрытые коррозией трубы к перевозке не принимают.

Рельсы для нормальной и узкой колеи и трамвайные рельсы (ГОСТ 3542 — 47, 7173 — 54, 6368 — 52) имеют нормальную длину 12,5 и 25 м, укороченную — 12,46; 12,42; 12,38; 24,96; 24,92 м. Погрузочный объем рельсов колеблется в пределах 0,23 — 0,44 м³/т. *Блюмсы* — квадратное сечение от 150 × 150 до 450 × 450 мм с закругленными углами, длина 1 — 6 м и масса 1 пог. м 0,2 — 1,8 т. Заготовка для проката квадратного сечения от 40 × 40 до 200 × 200 мм имеет длину 1 — 9 м и массу 1 пог. м 12,5 — 312 кг. *Слябы* — толщина 100 — 200 мм, ширина 275 — 1500 мм, длина 1 — 3 м. Сутуночная полоса (сутунка) — толщина 4 — 32 мм, ширина 160 — 450 мм, длина 4 — 12 м. Трубная заготовка квадратного или круглого сечения 52 — 270 мм. *Штриксы* — полосовая заготовка толщиной 2,3 — 4,5 мм, шириной 42 — 248 мм. Осевая заготовка квадратного сечения 180 — 350 мм, кузнечная — 70 — 350 мм.

Сортовой прокат выпускают с разнообразной формой сечения. Круглая сталь обыкновенного качества имеет длину 3 — 10 м, повышенного качества — 2 — 6 м. Диаметр круглой стали 5 — 200 мм.

Сталь диаметром до 8 мм перевозят в мотках, свыше 8 мм — в прутках. Квадратная сталь обыкновенного качества имеет длину 3 — 9 м, качественная — 2 — 6 м. Прутки со стороной квадрата 6 — 100 мм изготовляют с прямыми углами, сечением 100 — 200 мм — с закругленными углами. Шестигранная сталь имеет диаметр вписанного круга 8 — 70 мм и длину 2 — 6 м. Широкополосная сталь имеет толщину 4 — 50 мм, ширину 200 — 1050 мм и длину 5 — 18 м. Широкополосную сталь толщиной до 6 мм можно поставлять в рулонах. Сталь полосовая выпускается шириной 12 — 200 мм, толщиной 4 — 60 мм, длиной 3 — 9 м. Узкую тонкую полосовую сталь и стальную ленту толщиной до 3,5 мм перевозят в мотках. Сталь толстолистовая обыкновенного качества имеет толщину 4 — 60 мм, ширину 600 — 3000 мм и длину 1,25 — 5 м. Качественная и высококачественная (углеродистая и легированная) сталь имеет толщину 4 — 50 мм.

Кровельную сталь толщиной 0,38 — 0,82 мм и размером листа 710 × 1420 мм, сталь декапированную толщиной 0,25 — 2,0 мм и черную полированную жесть толщиной 0,18 — 0,55 мм перевозят в пачках массой до 80 кг. В пачках перевозят также оцинкованную кровельную сталь толщиной 0,44 — 0,82 мм, размером листа 710 — 1420 мм, сталь листовую оцинкованную толщиной 0,88 — 1,55 мм, шириной 710— 1000 мм и длиной 1,42 — 2,0 м; белую жесть толщиной 0,24 — 0,50 мм. Оцинкованное железо и кровельную жесть упаковывают в пачки размером 1 × 1,5 м, массой 1 т. Каждая пачка обернута жестью и обвязана стальными лентами. Обычная упаковка листовой стали — пачки размером 1,2 × 1,8 м, массой 0,7 — 4, чаще 1 — 2 т. Кроме оболочки из жести и стальных лент, каждую пачку снабжают тремя продольными или поперечными деревянными салазками (брусьями), что значительно облегчает грузовые операции с этим грузом.

Балки двутавровые выпускают разных размеров. Высота в сантиметрах показывает номер балки и колеблется в пределах 10 — 60 см. Длина балок № 10 — 18 — 5 — 19 м, № 20 — 60 — 6 — 12 м. Швеллеры имеют высоту 5 — 40 см. Длина швеллеров № 5 — 8 — 5 — 12 м, № 10 — 18 — 5 — 19 м, № 20 — 40 — 6 — 19 м. Шпунт металлический — балка сложного профиля — имеет длину 9 — 20 м и массу 1,3 — 2,8 т.

Метизами называются стандартизованные металлические изделия массового производства — крепеж (болты, гайки, гвозди, винты), проволока, сетка, цепи, канаты. Эти грузы перевозят в упаковке. Размеры и масса мест различны.

В зависимости от ценности товара и влияния на его сохранность внешних условий проволоку разделяют на пять групп. Проволоку первой группы перевозят в мотках, обернутых влагонепроницаемой бумагой, в герметически закупоренных жестяных банках, уложенных в сухие деревянные ящики. Мотки проволоки второй группы обертывают влагонепроницаемой бумагой и укладывают в сухие деревянные ящики. Проволоку третьей группы перевозят в бухтах, обернутых влагонепроницаемой бумагой и сверху — рогожей или мешковиной. Бухты проволоки четвертой группы обертывают мешковиной. К пятой группе относится проволока, не требующая упаковки, например катанка.

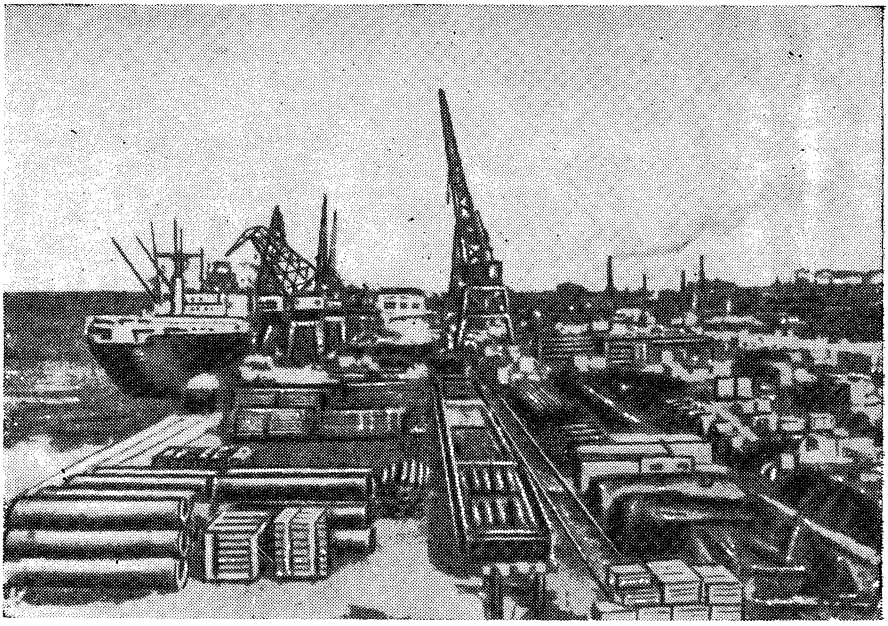


Рис. 118. Складирование различных видов металлов и оборудования

Металлы и металлоизделия являются тяжелыми грузами с погрузочным объемом менее 1 м³/т. Только трубы большого диаметра имеют погрузочный объем порядка 2 — 3 м³/т. При перевозке металла и металлоизделий полностью может быть использована грузоподъемность судна, но недоиспользуется грузовместимость. Для того чтобы разные партии металла не были смешаны при транспортировке, каждая партия должна иметь маркировку в виде цветных полос, наносимых несмываемой краской, или бирки.

Кровельное, листовое и сортовое железо мелких профилей, цветные металлы, оборудование в мелких ящиках, приборы хранят в закрытых сухих складских помещениях либо на открытой площади с обязательным укрытием брезентами. Высота штабелирования этих грузов зависит от нормы нагрузки на перекрытие склада, способа укладки и требований техники безопасности (1,8 м при ручной укладке; 3,5 м при механизированной). Рельсы, балки, швеллеры, трубы, сортовая и листовая сталь крупных размеров, металлоконструкции хранят на открытой складской площади (рис. 118) на подтоварниках толщиной 10 — 20 см. Между рядами рельсов, металла в связках или листового проката, труб укладывают прокладки для придания устойчивости штабелю и удобства заведения стропов. Прокладки между рядами длинномерного или тонколистового металла укладывают так часто, чтобы предотвратить провисание и остаточный прогиб изделий. Расстояние между прокладками, как правило, не должно превышать 1,5 м. Трубы

большого диаметра укладывают тройником с обязательным заклиниванием нижних крайних труб.

Несмотря на малый погрузочный объем проката и изделий из металла, обычно техническая норма нагрузки склада используется очень слабо ($\rho = 0{,}2 \div 0{,}5$), так как плохая укладка длинномеров не позволяет делать штабеля достаточной высоты. Это приводит к большим затратам полезной площади для складирования металлов. Поэтому основной задачей стивидора при штабелировании металлов является изыскание способов укладки груза, различных приспособлений, позволяющих увеличить высоту штабелирования и уменьшить площадь штабеля. Для этой цели применяют специальные стойки и скобы (рис. 119) или прокладки с заклиниванием крайних рядов круглых металлов или связок. Между отдельными штабелями оставляют проходы шириной 1 м. Отдельные вагонные отправки металла сепарируют одну от другой деревянными прокладками или перпендикулярной укладкой одной партии по отношению к другой.

При хранении металлов необходимо следить за состоянием груза, не допуская его ржавления или окисления. Нельзя рядом с металлом располагать такие грузы, как кислоты, щелочи, соли, соленые овощи, рыбу. Груз следует защищать от атмосферных осадков брезентом. При начавшемся ржавлении металл нужно очищать от ржавчины и смазывать защитными смазками. Чугун в чушках хранят навалом в кучах, высота которых определяется допустимой нагрузкой на основание склада. Алюминий, олово, баббиты, бронза, медь и другие цветные металлы следует оберегать от сырости.

Железо и сталь в виде прутков, листов, брусков, чушек, проката, труб нужно укладывать вдоль судна так, чтобы груз не получал искривлений или поломок. Если металлы грузят в твиндеки и на них сверху не укладывают другой груз, они должны быть надежно закреплены во избежание смещения при качке судна. Рельсы, трубы и другие длинно-

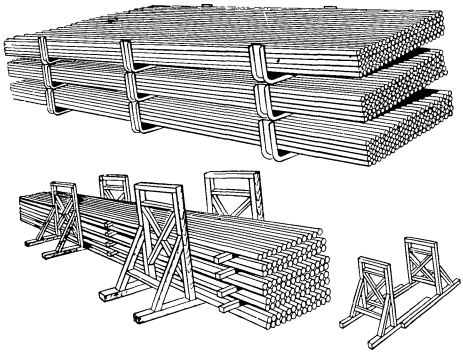


Рис. 119. Применение подвижных стоек и специальных скоб для складирования длинномерных металлоизделий

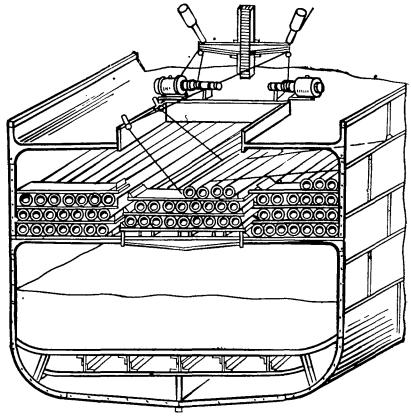


Рис. 120. Укладка труб в грузовых помещениях судна

мерные грузы укладывают вдоль судна. Каждый ярус должен быть отделен от другого деревянными прокладками (рис. 120). Должно быть применено достаточное количество прокладочного и крепежного материала, чтобы этот груз был надежно закреплен и не смещался во время качки.

§ 20.6. Машины, станки и промышленное оборудование

Морским транспортом перевозится большое количество различных машин, станков и оборудования. Многие виды промышленного оборудования, станки, легковые автомобили перевозят, как правило, в ящиках, размеры которых зависят от размеров упакованных в них устройств и не могут быть стандартизованы. Многие грузы этой группы являются крупногабаритными и тяжеловесными. Например, объем ящиков с автомашинами, машинами и станками колеблется примерно от 5 — 10 до 150 — 200 и даже 300 м³, масса — от 0,5 — 1 т до 100 — 120 т. В то же время удельный объем этих грузов велик — в среднем 5 — 10 м³/т. При перевозке только этих грузов чистая грузоподъемность судов не используется.

Еще хуже обстоит дело с использованием грузоподъемности неупакованных машин и оборудования, когда нельзя использовать трюмы на всю высоту. В этом случае грузоподъемность используется всего на 20 — 30%, даже при погрузке машин на палубу. Неупакованные машины и оборудование перегружают с особой осторожностью с применением специальных захватов, исключающих повреждения груза. Груз в трюмах должен быть надежно укреплен. Форма грузов этой категории также весьма разнообразна.

Для придания грузу правильной формы некоторые сравнительно легкие машины и устройства, например плуги, культиваторы, помещают в ящики-обрешетки. Такой груз нельзя укладывать в штабеля большой высоты, на него нельзя грузить другие грузы с меньшим погрузочным объемом, так как обрешетки не обладают высокой прочностью. Ценные и тяжелые машины и оборудование упаковывают в прочные ящики, снабженные внизу двумя прочными деревянными брусками, часто обшитыми полосовым толстым железом. Эти бруски-полозья, закругленные по концам, служат в качестве опоры (фундамента) машины или станка и салазками при перемещении груза волоком.

В ряде случаев станки или приборы устанавливают на металлическом каркасе, жестко прикрепленном к полозьям ящика болтами. Так как крупногабаритное оборудование перевозят на открытом подвижном составе железных дорог, хранят на открытой площади и часто перевозят на верхней палубе судов, должна быть предусмотрена специальная защита оборудования от действия метеорологических факторов. Нетрущиеся части машин покрывают защитными красками. Трущиеся части покрывают защитной смазкой, действие которой рассчитано на шесть месяцев. Верхние крышки ящиков покрывают толью или рубероидом для защиты груза от метеорологической влаги. Сверху должны быть прибиты планки для защиты рубероида от повреждений при укладке груза в несколько рядов.

Для того чтобы внутри ящика не произошло конденсации влаги, которая может возникнуть при изменении температуры, в боковых стенках ящиков делают отверстия диаметром около 50 мм, закрытые с внутренней стороны ящика металлическими решетками от проникновения грызунов и попадания посторонних предметов. В этом случае влажность воздуха внутри ящика зависит от влажности наружного воздуха. В другом случае всю внутреннюю поверхность ящика выстилают влагонепроницаемым материалом (например, рубероидом), и машина таким образом изолирована от внешней влаги. Для предотвращения конденсации внутренней влаги в ящик укладывают химический влагопоглотитель. На ящики наносят предупредительную маркировку (рис. 121), а также обязательно указывают массу места, положение центра тяжести, верх, места застропки груза и другие виды маркировки.

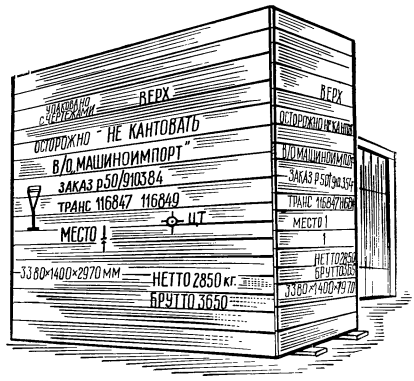


Рис. 121. Упаковка и маркировка оборудования в ящиках

Оборудование, машины, станки и конструкции хранят на открытых складах в непосредственной близости от причалов и мест погрузки. Оборудование укладывают комплектно на прочные деревянные прокладки так, чтобы каждое место опиралось на них полностью, не получало перекосов и его можно было свободно стропить. Складируемые на открытых площадках станки, машины и предметы оборудования укрывают брезентами, если конструкция ящиков не защищает груз от атмосферных осадков. Неупакованные машины и оборудование укладывают в один ряд, металлоконструкции, в зависимости от их размеров и особенностей — в один или несколько рядов.

В ОИИМФе М. Ф. Котов и другие разработали технические условия размещения и крепления тяжеловесных и крупногабаритных грузов на морских судах [24]. В них даются общие технические условия, а также схемы расположенния и крепления конкретных видов грузов на типовых судах. При этом преследуется цель максимального использования грузоподъемности и грузовместимости судна и обеспечения сохранности груза и судна при перевозке тяжеловесов и крупногабаритного груза. Тяжеловесные и габаритные грузы размещают так, чтобы был обеспечен необходимый доступ к каждому грузовому месту для его крепления, а на палубе — к судовым устройствам и оборудованию — лебедкам, брашпилю, замерным трубкам, пожарным отросткам. Тяжеловесы располагают на судне так, чтобы они опирались на возможно большее число бимсов или флор. Для этого под тяжеловесы вдоль судна укладывают прокладки из толстого (50 — 100 мм) дерева. Нельзя допускать, чтобы тяжеловесы опирались на палубу между бимсами, так как это приведет к прогибу палубного настила.

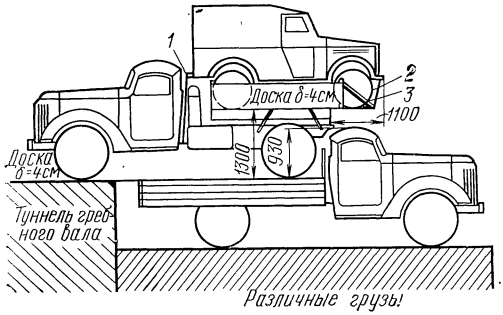


Рис. 122. Размещение автомашин в трюмах судна:
1, 2, 3 — крепления грузов

Автомашины можно размещать в трюмах, твиндеках и на палубе. Для перевозки автомобилей в трюме оставляют пространство не менее 2 м для легковых автомобилей, 2,6 — 3,7 м — для грузовых автомобилей и автобусов. Поверхность нижнего груза должна быть ровной. Автомобили размещают на настиле, состоящем из сплошных слоев досок толщиной не менее 25 мм, уложенных крестнакрест, и слоя досок 40 — 50 мм. Расход сепарационного леса достигает 0,05 — 0,10 м³ на каждый квадратный метр настила. Для крепления автомобилей применяют брусья сечением 100 × 100 и 50 × 100 мм. Два бруса сечением 100 × 100 мм укладывают под передние и задние колеса с наружной стороны автомобиля. В брусьях делают вырезы по форме и размерам колес. Длина брусьев должна быть такой, чтобы их концы выступали на 15 см по обе стороны автомобиля. Две доски сечением 50 × 100 мм прибивают к концам поперечных брусьев, связывая их и образуя раму. Расстояние между автомобилем и любой конструкцией или другим автомобилем должно быть не менее 15 см.

В трюмах машины устанавливают в один, два и даже три яруса (рис. 122). На палубе автомашины устанавливают в один или два яруса. Во второй ярус на люках можно устанавливать только малогабаритные автомашины. При двух- и трехъярусном размещении под шасси машин первого яруса устанавливают деревянные подпорки. В первом ярусе следует размещать машины с откидными бортами, во втором — самосвалы, в третьем — малогабаритные машины. В местах с неровной поверхностью под колеса автомашин подкладывают бруски так, чтобы машины размещались горизонтально. После установки каждая машина должна быть заторможена, а рычаг коробки скоростей установлен в положение первой скорости.

Самосвалы устанавливают в один ярус. Автокраны в собранном виде размещают на верхней палубе попарно, радиаторами друг к другу, со смещением продольных осей так, чтобы между стрелами оставался зазор не менее 10 см. Колесные тракторы размещают на палубах, в твиндеках и трюмах; гусеничные тракторы и бульдозеры — только на палубе и в твиндеках, у поперечных переборок — вдоль судна, у бортов — поперек. Автобусы, пожарные машины, грейдеры, скреперы, асфальто- и цементосмесители целесообразно размещать на палубе и в твиндеках. Тяжеловесные прицепы, топливозаправщики, комбайны, фермы, части мостовых кранов, нефтеоборудование размещают только на палубе; плуги, бороны, оборудование и части машин, упакованные

в ящики или обрешетки, — в любом помещении судна в один или несколько ярусов.

Схема крепления и расход крепежного материала зависят от конструкции и массы груза, места и схемы его установки на судне и определяются по типовым или специальным схемам установки и крепления груза [23]. Груз закрепляют при помощи гибкого троса или мягкой проволоки за рымы, кнехты, скобы, киповые планки и комингсы люков. Ответственность за правильное размещение и крепление груза на судне несет порт.

§ 20.7. Расчет сепарационного материала, подкреплений палубы и креплений тяжеловесов

Количество прокладочного материала при укладке мест ровными рядами, выраженное в погонных метрах брусков, равно удвоенному произведению общего числа мест в штабеле на линейный размер места и коэффициент укладки по ширине штабеля и увеличенному на коэффициент запаса. Объем древесины определяется произведением числа погонных метров брусков на их сечение. При укладке бочкового груза тройником или пятериком количество подкладок (в погонных метрах) равно удвоенному произведению числа мест в нижнем ряду на линейный размер места и коэффициент укладки по ширине штабеля [3].

Свободные пространства в массе бочкового груза в трюме заполняют мелким грузом, совместимым по своим свойствам с бочковым грузом. Груз-заполнитель должен иметь два размера, не превышающие соответственно пределов 0,5 D и $(2K_h - 1)$ D при укладке у бортов и 0,5 l и $(2K_h - 1)$ D при укладке у переборок.

Дополнительные платформы, устанавливаемые для уменьшения давления на нижние ряды груза, изготовляют в виде плотного настила из досок толщиной 35 — 50 мм, который кладут на поперечные, а иногда и продольные балки. Балки укрепляют на вертикальных подпорках диаметром 100 — 150 мм, которые устанавливают по линии флор в три—пять рядов на расстоянии 3 — 9 шпаций друг от друга.

При перевозке гигроскопических грузов (риса, сахара, табака) на дальние расстояния на пайол трюма и палубу твиндека укладывают двойной настил из досок: нижний ряд — толщиной 75 мм, второй — 50 мм. Между соседними досками каждого ряда делается зазор в 30 см. В среднем на каждый 1 м^2 настила потребуется 0,03—0,05 м^3 леса [3].

Объем древесины, необходимый для изготовления вентиляционных воздуховодов в трюме при перевозке гигроскопических грузов, в среднем равен 0,5% кубатуры грузового помещения [2, 3]. Установка воздуховодов влечет за собой потерю вместимости грузового помещения в размере до 2%.

При защите мешкового и кипового груза от отсыревания при соприкосновении с металлическими частями корпуса судна используют брезенты, маты, циновки, мешочную ткань. Мягкой сепарацией выстилают поверхность бортов, переборок, настилов. Маты, мешки, брезенты выстилают внахлестку друг с другом.

Цилиндрические бочки с минеральными маслами и бочонки с цементом укладывают стоя. Между рядами должны быть плотно проложены доски сечением 40 × 280 мм. Расход леса на сепарацию составит 0,04 м³/м².

При перевозке каучука необходимо отсепарировать груз от металлических поверхностей корпуса судна и разделить отдельные коносаментные партии. На палубах выстилают доски через одну в два ряда. Кроме того, поскольку каучук легко сжимается, необходимо через каждые пять-шесть рядов по высоте устраивать подобие платформы из досок, уложенных вдоль и поперек судна через одну доску. На каждые 1000 т груза необходимо 45 м³ (4500 шт.) досок, 4300 шт. циновок, 1,5 т талька. Для сепарации каучука вместо досок можно применять пластическую пленку, которую выстилают между рядами груза. В этом случае на каждые 1000 т груза требуется около 7 м³ досок. Вместо остальных досок берется 25 пог. фут. пленки шириной 90 см на каждую тонну груза, или 16,5 рулонов на 1000 т груза. Применение пленки позволяет экономить средства на сепарацию, сокращает время грузовых операций, уменьшает потери кубатуры помещений и в достаточной степени обеспечивает сохранность груза.

При загрузке палубы тяжеловесами необходимо учитывать допустимую удельную нагрузку на нее. Считается, что отдельно лежащий предмет опирается на площадь перекрытия, равную учетверенной площади его опоры. Площадь опоры колесных тележек (автомобилей и т. п.) равна произведению продольного и поперечного расстояний между точками опоры колес. Площадь опоры ящиков равна произведению расстояния между нижними планками (лежнями) на длину планки (лежня). Удельная нагрузка, создаваемая отдельным тяжеловесом на палубу (тс/м²), определяется по формуле

$$p_г = \frac{P}{4F}, \tag{327}$$

где P — вес груза, тс;

F — площадь опоры тяжеловеса, м².

При плотной укладке из формулы (327) коэффициент $^1/_4$ следует исключить. Если отдельное грузовое место создает нагрузку более допустимой, необходимо его уложить на деревянные брусья (сечение которых зависит от массы груза, но не должно быть менее 150 × 150 мм), уложенные вдоль судна, т. е. поперек бимсов. Длина брусьев определяется из формулы [3]:

$$l = \frac{P}{4bp_т}, \tag{328}$$

где b — расстояние между брусьями, м;

$p_т$ — техническая норма нагрузки на палубу, тс/м².

Если нагрузка тяжеловесов превышает техническую норму и нельзя распределить ее на большую площадь, необходимо подкреплять палубу, для чего используют брусья сечением 305 × 305 мм, которые устанавливают на расстоянии не более 1,8 м друг от друга. Практически это означает, что брусья устанавливают через один бимс по длине суд-

на и в два ряда по ширине между карлингсом и бортом. Уменьшить сечение брусьев можно при условии соответственного сокращения интервалов между ними. Длина брусьев должна быть примерно на 40 см меньше расстояния между нижней палубой и бимсом, так как и сверху и снизу брус должен упираться в горизонтальные продольные брусья сечением 150 × 300 мм. Между вертикальным и продольным брусьями забивают клинья из мягких пород дерева с таким расчетом, чтобы палуба полностью опиралась на подкрепления. Вертикальные брусья скрепляют с горизонтальными при помощи накладок размерами 50 × × 300 × 600 мм, которые прибивают с двух сторон. Пространство между верхним горизонтальным брусом и палубой заполняют точно пригнанным брусом толщиной 100 мм и длиной, равной расстоянию между соседними бимсами. Объем пиломатериала, необходимого для подкрепления палубы, определится из формулы [3]:

$$П = (0{,}11 + 0{,}05\ H)\ l, \tag{329}$$

где H — расстояние от нижней палубы до нижней кромки подкрепляемого бимса, м;

l — суммарная длина горизонтальных брусьев; обычно равна удвоенной длине подкрепляемого участка палубы, м.

Зная техническую норму нагрузки на палубу, необходимые подкрепления можно рассчитать более точно, чем это описано выше. Участок палубы между бортом и комингсом люка, где обычно размещают палубные грузы, можно рассматривать как балку с одной жесткой опорой у борта. Тогда допустимый изгибающий момент на участок палубы длиной l определяется:

$$M_{доп} = \frac{b^2 l}{2} p_т, \tag{330}$$

где $M_{доп}$ — допустимый изгибающий момент, тсм;

b — расстояние от борта до комингса люка, м;

l — длина участка палубы, м;

$p_т$ — техническая норма нагрузки на палубу, тс/м².

Принимая, что нагрузка равномерно распределена, получим фактический изгибающий момент на участке палубы с учетом определенного числа рядов подпор:

$$M_{изг} = \left(\frac{b}{n}\right)^2 \frac{l p_г}{8}, \tag{331}$$

где n — число рядов подпор от борта до комингса;

$p_г$ — удельная нагрузка, создаваемая грузом, тс/м².

Из условия задачи следует, что фактический момент не должен превышать допустимый. Приравняв эти моменты, получим минимальное число рядов подпор (в расчетах принимается n большее целое число):

$$n = 0{,}5 \sqrt{\frac{p_г}{p_т}}. \tag{332}$$

Для участка палубы, где нет люкового выреза, коэффициент 0,5 заменяют на 1,0.

Сила реакции одной подпоры, необходимая для определения сечения стоек, для участка палубы, разрезанного люком, определяется по формуле

$$P = \frac{(p_г - p_т)\, bl}{(n+1)\, m}. \qquad (333)$$

Здесь $p_т$ — техническая норма нагрузки на сплошном участке палубы, тс/м²;
b — ширина судна, м;
l — длина участка палубы, занятого грузом, м;
m — число подпор в ряду.

Для сплошного участка палубы в знаменателе следует заменить 1 на 2. Сечение подпоры в квадратных сантиметрах из условия прочности находим по формуле

$$f = \frac{P}{R} 10^3, \qquad (334)$$

где R — допустимое напряжение материала подпоры на сжатие при переменной нагрузке, которое равно для дерева 40; железа — 630, стали — 790 кгс/см². Подставив соответствующие значения, получим для деревянных подпор:

$$d = 5{,}64 \sqrt{P}; \quad a = 5\sqrt{P}, \qquad (335)$$

где d — диаметр круглой подпоры, см;
a — сторона сечения квадратной подпоры, см;
P — нагрузка на подпору, тс.

Устойчивость подпоры на продольный изгиб проверяется по формуле Эйлера

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{H^2}, \qquad (336)$$

где E — модуль упругости, равный для дерева 10^5 кгс/см²;
J — момент инерции сечения подпоры, см⁴;
H — высота подпоры, м.

Подставив в формулу (336) соответствующие значения и приняв пятикратный запас прочности, получим для деревянных подпор

$$d^4 = 1038\, PH^2;$$
$$a^4 = 608\, PH^2. \qquad (337)$$



Рис. 123. Номограмма для расчета подкрепления палубы

Для ускорения расчетов по определению сечения деревянных подпор предложена [3] номограмма (рис. 123). Для решения задачи нужно знать высоту и силу реакции опоры. Против значения силы реакции подпоры на второй и третьей шкалах находим размер стойки

исходя из условия прочности [формула (335)]. Соединив точку на шкале силы реакции подпоры с точкой высоты по нижней шкале, найдем размер сечения опоры исходя из условия устойчивости на продольный изгиб [формула (337)].

При перевозке тяжеловесных грузов во время качки силы инерции достигают огромной величины, что может привести к разрыву найтовов и причинить весьма тяжелый ущерб и даже привести к гибели судна. Для расчета усилий, которые возникают в найтовах, определяют значения равнодействующих сил веса и сил инерции при качке [формулы (71а) и (71б)], на основе которых находят величины усилий, действующих на найтовы, по формулам:

$$P'_x = \frac{P_x}{\sum_{i=1}^{i=n} \cos\alpha \sin\beta} : \quad P'_y = \frac{P_y}{\sum_{i=1}^{i=m} \cos\alpha \cos\beta}, \tag{338}$$

где n и m — количество найтовов, крепящих груз в продольном и поперечном направлениях;

α — угол наклона найтова к палубе;

β — горизонтальный угол между диаметральной плоскостью судна и найтовом.

Размер троса определится из формулы

$$C = \sqrt{\frac{P_{x\,(y)}}{k}}, \tag{339}$$

где C — длина окружности троса, мм;

k — эмпирический коэффициент, который для условий динамических нагрузок равен: для пенькового смоленого троса — 0,05; манильского трехпрядного — 0,054; пенькового бельного трехпрядного — 0,06; стального гибкого — 0,4 и стального жесткого — 0,48.

Если применять иной трос, то нужно учитывать, что при одинаковой толщине: четырехпрядный трос слабее трехпрядного на 20%; трос кабельной работы слабее троса тросовой работы на 25%; смоленый трос слабее бельного на 25%; кокосовый трос слабее смоленого пенькового в 4 раза; сизальский трос слабее манильского на 20 — 25%; сплесень уменьшает крепость троса на 10%.

В том случае, когда груз крепится четырьмя растяжками, расположенными по углам ящика и составляющими с диаметралью судна угол примерно в 45°, расчетное усилие, определенное по формуле (338), необходимо увеличить в 3 раза, так как при смешанной качке будет работать только одно крепление, а не два.

Во всех случаях прочность найтовов не должна быть меньше рассчитанной в соответствии с «Техническими условиями размещения и крепления тяжеловесных и крупногабаритных грузов на морских судах» [23].

Глава 21

СКОРОПОРТЯЩИЕСЯ ГРУЗЫ

§ 21.1. Номенклатура и свойства скоропортящихся грузов

К скоропортящимся грузам относятся: мясо и мясопродукты, рыба и рыбные продукты (кроме рыбной муки), масло животное и маргарин, молоко и молочные продукты, яйца, ягоды, фрукты, овощи, консервы и напитки. Мясо и некоторые мясопродукты относят также к разряду сырых животных продуктов и перевозят только при наличии ветеринарно-санитарного удостоверения соответствующей формы, выданного по месту производства товара и действительного в течение трех суток со дня выдачи.

Охлажденное мясо, предъявляемое к перевозке, должно иметь температуру в толще мышц на глубине 5 — 15 см от 0 до +4° С в теплое время и от 0 до +6° С в холодное время года, быть в хорошем товарном состоянии. Мороженое мясо должно иметь температуру в толще мышц не выше —6° С. При постукивании мороженое мясо издает отчетливый звук. Остывшее мясо должно иметь температуру плюс 4 — 12° С. Остывшее, охлажденное и мороженое мясо перевозят без упаковки. При замораживании и хранении мясных и рыбных грузов их масса уменьшается вследствие вымораживания из них воды. Птицу битую упаковывают в деревянные ящики (укладка в один ряд). Мясокопчености и колбасные изделия упаковывают в прочные ящики, имеющие по два зазора шириной 15 мм в каждой плоскости для осуществления внутренней вентиляции. Вареную колбасу в летнее время на обычных судах не перевозят. Экспортный бекон перевозят в стандартных кипах массой 100—140 кг, обвернутых крепкой тканью и перевязанных бечевкой. Сало-сырец и сало-шпиг перевозят в жесткой упаковке в мороженом или соленом состоянии, сало топленое — в бочках или плотных ящиках, выложенных изнутри пергаментной бумагой. Техническое сало перевозят в герметических бочках.

Субпродукты — головы, языки, почки, мозги — перевозят в мороженом или консервированном (мокрым или сухим посолом) состоянии в ящиках или бочках. Эндокринное сырье перевозят в рефрижераторных камерах в соответствующей ГОСТам упаковке. Яйца перевозят в решетчатых ящиках размерами 92,5 × 59 × 26,5 см с прозорами 25 — 30 мм, по 360 или 720 шт., с тщательной укладкой в ящике и перекладкой древесными стружками или другим материалом массой около 50 кг брутто.

Масло животное и *маргарин* перевозят в ящиках массой 25,4 кг нетто, бочках — 10,0 кг, бочонках — 50,8 кг и кадках; сыр — в ящиках и обрешетках; молоко — во флягах; сметану, творог и сырковую массу — в бочках массой 70 — 80 кг.

Рыбу охлажденную упаковывают в сухотарные бочки емкостью до 150 л, ящики массой до 80 кг, корзины до 100 кг со льдом; мороженую — в сухотарные бочки до 250 л, ящики до 80 кг, корзины до 100 кг,

тюки до 60 кг, мешки бумажные до 30 кг; соленую — в бочки емкостью до 150 л и ящики; соленозаливную (тузлучную) — в заливные плотные бочки с деревянными или железными обручами; вяленую и сушеную — в бочки до 100 л, ящики до 50 кг, корзины до 50 кг, кули и мешки до 50 кг; копченую — в бочки до 100 л, ящики и корзины до 30 кг; икру паюсную—в дубовые бочонки или жестяные банки в ящиках; икру зернистую — в дубовые бочонки 20, 30 и 50 л или жестяные банки в бочках или ящиках; икру иную — в бочки 50 и 100 л; икру медицинскую — в бидоны, ящики; технические жиры — в бочки, железные бидоны и барабаны.

Фрукты и *овощи* перевозят в решетчатых ящиках, решетках, паках, корзинах, кулях, мешках и навалом. *Бананы* перевозят вместе с ветками (банчи), упакованными в бумажную оболочку.

Тара для упаковки свежих фруктов и овощей должна защищать продукт от механических повреждений, обеспечивать свободный доступ свежего воздуха, быть цельной, крепкой, чистой, сухой, без каких-либо запахов. Укладка плодов должна быть плотной, чтобы они не бились и не терлись при перевозке и перегрузке. Для каждой партии свежих плодов и овощей должно быть представлено качественное удостоверение. В процессе перевозки и хранения происходит дозревание плодов и овощей, поэтому степень их зрелости при съеме зависит от продолжительности доставки, условий хранения и перевозки и времени сбора.

Принимая к перевозке плоды и овощи, необходимо удостовериться в их качественном состоянии. Признаки недоброкачественности плодов и овощей, при наличии которых груз к перевозке не принимается, указаны в Правилах перевозки грузов морем [17].

Консервированные продукты принимают к морской перевозке в бочках, бочонках, жестяной или стеклянной герметической таре, упакованной в ящики. Напитки перевозят в бочках различных размеров и в бутылках, уложенных в ящики. Мороженые продукты — мясо, рыбу, субпродукты, птицу, масло, сало, маргарин — хранят и перевозят при температуре ниже — 8° С, относительной влажности 95 — 100% ($\theta = 0 \div 1°$ С); свежие фрукты и овощи — при температуре от 0 до +1° С, относительной влажности 85 — 90% ($\theta = 1{,}5 \div 2{,}2°$ С); сушеные продукты и консервы — при температуре от 0 до + 8° С, относительной влажности 60 — 65% ($\theta = 6 \div 7°$ С).

Грузы, требующие разных температурно-влажностных режимов, нельзя хранить и перевозить в одном грузовом помещении. В крайнем случае совместно перевозят грузы, входящие в одну и ту же группу и требующие одинакового режима. При этом требуется согласие грузоотправителя. Следующие группы грузов нельзя совмещать друг с другом и с другими грузами: рыба свежая и охлажденная; сельдь, рыба соленая, икра; рыбокопчености; сухая и копчено-вяленая рыба и сухие рыбные концентраты; мясо охлажденное; мясокопчености и копченые колбасы; плоды, обладающие сильным ароматом (апельсины, мандарины, лимоны и дыни); овощи с резким запахом (лук, чеснок); сыры всех видов; дрожжи хлебопекарные. При совместном хранении и перевозке мороженых и охлажденных продуктов нельзя допускать сопри-

косновения разнородных продуктов, нельзя пользоваться одними грузозахватными устройствами и допускать перенос загрязнений с одного продукта на другой.

При хранении и перевозке скоропортящихся грузов соблюдают установленные температурно-влажностные и санитарно-ветеринарные режимы. Сроки хранения и перевозки скоропортящихся грузов ограничиваются и зависят от температурно-влажностных условий. В некоторых случаях, когда условия соответствуют требуемым режимам, ряд скоропортящихся грузов можно перевозить на обычных судах, если переход непродолжителен. Прибывшие в порт скоропортящиеся грузы должны быть приняты и вывезены получателем в сроки, считая с момента окончания выгрузки портом или с момента подачи судна под выгрузку, установленные правилами [17], средствами получателя.

§ 21.2. Хранение и переработка в порту скоропортящихся грузов

Скоропортящиеся грузы хранят в порту, как правило, в специальных складах — холодильниках. В обычных или специально выделенных закрытых складах некоторые скоропортящиеся продукты можно хранить лишь непродолжительное время. Копченое и вяленое мясо в кулях хранят в прохладных, чистых, сухих, хорошо проветриваемых складах, в штабелях высотой три-четыре ряда. Свежее мясо укладывают на один ряд на чистые рогожи и сверху также закрывают рогожами или брезентами. Бочки с соленым мясом укладывают в один ряд.

Рыбу соленую складируют в закрытых, полузакрытых и открытых складах, изолированно от хлебных грузов, кондитерских и гастрономических товаров, металлов и волокнистых веществ. Бочки укладывают лежа. В летнее время штабеля с рыбой укрывают брезентами, которые периодически смачивают водой. Ящики с яйцами укладывают на подтоварники плашмя с оставлением зазоров между ящиками для вентиляции. Высота укладки — не более десяти рядов. Не допускается снижение температуры груза до 0,5° С и ниже. Животное масло и жиры хранят в чистых, сухих складах при температуре от 0 до + 4° С. Бочки укладывают высотой в три ряда с прокладками из сухого дерева между рядами. Ящики с маслом укладывают в штабеля высотой десять рядов.

Консервы хранят в штабелях высотой 15 — 18 рядов. Между местами оставляют зазоры для прохода вентиляционного воздуха. В складе должна поддерживаться температура плюс 2 — 4° С, но не ниже 0°. Вино хранят в прохладных закрытых помещениях. Ящики с вином укладывают в штабеля высотой восемь рядов. Бочки с вином укладывают лежа по правилам складирования бочковых грузов.

Свежие фрукты в обычных складах хранят не более трех—пяти дней. Склады должны быть сухими, прохладными, хорошо вентилируемыми. В зимнее время склады следует отапливать до необходимой температуры, но не ниже 0°. Высота штабелирования зависит от рода упаковки. Ящики укладывают на высоту до 2,5 м. Способ укладки должен обеспечивать аэрацию всей партии груза.

Для содержания скота и птицы и хранения сырых животных продуктов в порту отводят специальные помещения или площадки, удаленные от складов и мест перегрузки пищевых и фуражных грузов, а также других потребительских товаров.

В портах, в которых систематически перегружаются партии животных и птиц, выделяют по согласованию с ветсанадзором и госсанинспекцией специальные причалы и оборудованные скотозагоны, изоляторы, навесы, водопои, помещения для сотрудников ветсанадзора и проводников. Специальные склады, навесы и площадки отводят также и для хранения в порту сырых животных продуктов. Все грузовые работы с сырыми животными продуктами должны производиться в установленной для этих целей спецодежде, использовать которую для работы с другими грузами воспрещается.

Помещения для хранения сырых животных продуктов периодически очищают, промывают и дезинфицируют по указаниям ветсанадзора.

§ 21.3. Перевозка скоропортящихся грузов

Скоропортящиеся грузы в зависимости от их вида и условий плавания перевозят в специальных судах-рефрижераторах или в обычных сухогрузных судах с соблюдением необходимых мер обеспечения сохранности. Подавляющее большинство скоропортящихся грузов подлежит санитарно-ветеринарному и карантинному надзору. Грузоотправитель обязан при предъявлении скоропортящихся грузов (кроме консервов, вина и минеральных вод) к перевозке представить удостоверение о качестве груза, выданное поставщиком груза, в котором должно быть указано время пребывания груза в пути и допустимая температура в грузовых помещениях судна. Если время транспортировки превышает указанное в удостоверении, груз к перевозке не принимается.

Грузовые помещения должны быть подготовлены к приему грузов. При погрузке охлажденных и замороженных грузов помещения должны быть заранее охлаждены ниже температуры, установленной для перевозки данного груза в соответствии с принятой технологией (обычно на 2 — 3° С). Все грузовые помещения рефрижераторных судов должны иметь приборы дистанционного контроля температуры и влажности каждого трюма, а также контрольные термографы и гигрографы.

Погрузка и выгрузка скоропортящихся грузов должны производиться в кратчайшие сроки. Остывшее и охлажденное мясо подвешивают в трюмах на специальные подвески так, чтобы туши не соприкасались между собой и с бортами, переборками, сланями и настилами (рис. 124). Мороженое мясо укладывают плотными штабелями на максимальную высоту. Под груз настилают рогожи, картон, плотную бумагу или пленку, предоставляемые грузоотправителем. Солонину всех видов, упакованную в бочки, укладывают ярусами с прокладкой между ними сепарации из досок. Бочки устанавливают стоя шпонкой кверху.

Мороженая птица, кролики, зайцы, субпродукты, упакованные в ящики, укладывают вплотную ящик к ящику, а охлажденные скоропортящиеся грузы — с горизонтальными и вертикальными прокладками между рядами для обеспечения лучшей вентиляции груза. Мясокопче-

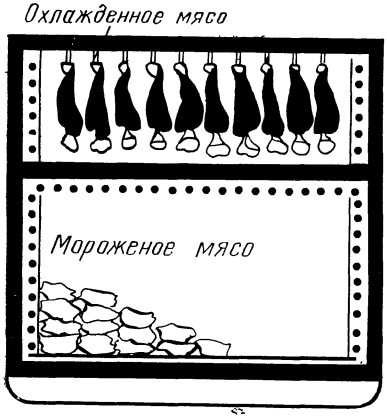


Рис. 124. Схема укладки мяса в рефрижераторном трюме

ности и шпиг можно перевозить на обычных судах при наличии хорошей вентиляции. Срок нахождения в пути при температуре +15° С не должен превышать 10 сут, при температуре 10° С — до 12 сут. Жиры животные и технические можно перевозить на обычных судах, если температура в трюме может поддерживаться не более +10° С.

Масло сливочное, топленое и пищевые жиры перевозят на рефрижераторных судах при температуре не выше +4° С. В зимнее время года, при наружной температуре не выше 0°, допускается перевозка пищевых жиров в обычных судах на расстояние не более 1000 миль.

На обычных судах в течение всего года можно перевозить следующие рыбные продукты: сушеную, вяленую и крепкосоленую рыбу, сельдь, консервы рыбные в металлической таре, технические жиры рыб и морских животных. При устойчивой минусовой температуре в холодное время года можно перевозить на обычных судах рыбу соленую и холодного копчения, презервы, частиковую икру, миногу жареную. Консервы рыбные в стеклянной таре допускается перевозить на обычных судах в теплое время года. Время пребывания в пути солено-вяленых рыбных грузов на обычных судах не должно превышать в летнее время 15 сут, а в холодное — 45 сут, рыбы холодного копчения — 15 сут.

Плоды и овощи свежие допускается перевозить в обычных судах в определенные календарные сроки, если время в пути не превышает установленного транспортным документом. Цитрусовые плоды перевозят в порядке, установленном «Инструкцией по сбору, сортировке, упаковке, транспортировке и хранению цитрусовых плодов». Замороженные плоды и овощи перевозят только в рефрижераторных трюмах. Укладку фруктов и овощей производят так, чтобы была обеспечена свободная циркуляция воздуха внутри массы груза. Под груз укладывают прокладки (по две на каждый ряд ящиков) сечением 100 × 100 или 75 × 75 мм в направлении, соответствующем направлению воздухопотока.

Ящики-обрешетки с яблоками, грушами и цитрусовыми рекомендуется укладывать на торцы или на боковые стенки, с ананасами и сливами — только плашмя. Ящики располагают по направлению вентиляционного воздухопотока. Между ярусами ящиков укладывают прокладки сечением 10 × 15 или 15 × 15 мм по направлению воздухопотока. При перевозке цитрусовых, яблок и груш применяют прокладки сечением 50 × 50 или 25 × 50 мм. Поверх пятого яруса ящиков, уложенных на торец, устраивают настил из трех слоев: по направлению

воздухопотока — прокладки сечением 50 × 75 мм, затем 25-мм доски шириной 200 — 300 мм с просветами до 75 мм и третий слой из стандартных 25-мм досок. Между поверхностью груза фруктов и подволоком оставляют пространство не менее 15 см для обеспечения циркуляции воздуха. Такое же расстояние оставляют около отверстий воздуховодов.

Большое значение при перевозке фруктов имеет стабильность температурно-влажностного режима трюмов. Чем больше колебания температуры груза, тем больше убыль и порча фруктов. По данным Б. Н. Репкина, при точности поддержания температуры вентиляционного воздуха $\Delta t = \pm 0{,}2°$ С порча бананов в 5 — 7 раз меньше, чем при $\Delta t = \pm 1°$ С. Не менее важное значение имеет интенсивность и режим воздухообмена. При перевозке фруктов нельзя допускать переохлаждения груза ниже допустимого предела. Максимально допустимые сроки нахождения фруктов в условиях пониженных температур зависят от вида фруктов, их упаковки, величины переохлаждения и могут исчисляться минутами.

Возможность перевозки свежих фруктов на обычных судах зависит от сорта и степени зрелости плодов, температурно-влажностных и вентиляционных условий перевозки. Так, например, максимальные сроки перевозки бананов в трюмах с принудительной вентиляцией шесть суток, с естественной — четверо суток, на палубе под брезентами или полиэтиленовыми покрышками — пять суток. Цитрусовые и яблоки можно перевозить в обычных судах, если продолжительность перехода не превышает 10 — 15 сут.

Основные причины несохранности фруктов при перевозке в обычных судах — переохлаждение, ускоренное созревание при повышенных температурах, загнивание от недостатка воздухообмена и повышенной влажности. Наиболее эффективным средством сохранения качества груза в этих случаях является усиленный воздухообмен. Я. Г. Корхов [4] считает, что оптимальная интенсивность воздухообмена в трюмах обычных судов при перевозке цитрусовых, яблок, винограда и томатов 10 — 17 обменов в час. Конкретная величина интенсивности воздухообмена определяется видом и свойствами плодов и условиями рейса. Для обеспечения лучшей аэрации всей массы груза необходимо между каждым ярусом ящиков прокладывать рейки толщиной 30 — 50 мм или укладывать груз поперечными рядами.

Европейская экономическая комиссия ООН в 1971 г. разработала международное соглашение о перевозке скоропортящихся грузов, которым определяются требования подвижным средствам и температуре, при которой должны перевозиться эти грузы. Установлено, что температура не должна завышаться как при перевозке, так и при хранении и перегрузке скоропортящихся грузов. Только для некоторых продуктов допускается завышение температуры, но не более 3°. Установленные температуры для некоторых замороженных грузов следующие: мясо —10° С, птица и дичь —12° С, масло сливочное —14° С; рыба —18° С, мороженое и концентрированные фруктовые соки — 20° С. Для незамороженных продуктов установлены температуры: мясо +3° С, мясопродукты и сливочное масло +6° С, рыба +2° С (обязательно со льдом).

§ 21.4. Перевозка живого скота, птиц и сырых животных продуктов

К данной группе особорежимных грузов относятся: живность домашние животные всех видов, звери всякие, птицы всех видов; сырье животного происхождения: кожсырье сухое и мокросоленое всякое; шкуры и шкурки невыделанные всякие, в том числе каракуль; овчина и козлина невыделанные; пушнина всякая невыделанная; кости, рога, копыта; шерсть всякая (мытая и немытая), в том числе очесы; волос, в том числе хвосты и гривы; щетина; пух животных; перо, пух птицы; кровь сушеная или консервированная; кишки сухие и мокросоленые; мука мясо-костная и костная всякая; мездра во всех видах всякая; пищевые продукты животного происхождения: мясо свежее всех видов домашних и диких животных и птиц; соленое мясо всех видов животных; сало всякое свежее и соленое; копчено-сырые мясопродукты-полуфабрикаты (окорок, грудинка, корейка, язык, тушки и части птиц); субпродукты.

При перевозке грузов данной группы обязательно представление ветеринарно-санитарного удостоверения установленного образца. Живой скот и птиц перевозят в сопровождении проводников. Ценные породы скота и зверей перевозят в ящиках-клетках, птиц — в садках. Для обычных животных устраивают стойла и загоны. Сырые животные продукты перевозят в таре и упаковке, установленных правилами [17]. Кожи и шкуры перевозят в пачках массой до 80 кг, перевязанных крестообразно веревками. Сухосоленое и пресносухое кожсырье допускается перевозить или хранить с мокросоленым в одном грузовом помещении только при условии тщательного разграничения партий грузов и недопущения смешивания, так как сухое кожсырье может испортиться от соприкосновения с мокросоленым.

Шерсть, волос, щетину, пух и перо перевозят в тюках и мешках из крепкой ткани или в прочной таре. Мездру сушеную и прессованную — в твердой или прочной мягкой таре, консервированную в жидком виде — в плотных бочках с железными обручами; кровь сухую перевозят в ящиках, в жидком консервированном виде — в железных и прочных водонепроницаемых бочках; кишки сухие — в бочках, ящиках, корзинах и в прочной мягкой упаковке, соленые — в бочках и другой водонепроницаемой таре.

Кости, рога и копыта перевозят в твердой таре — бочках, ящиках, корзинах. Перевозить столовую и колбасную кость вместе с полевой запрещается.

Запрещается перевозка на одном судне сырых животных продуктов совместно с пищевыми продуктами. В случае разрешения Инспекции ветсаннадзора животное сырье и пищевые грузы должны быть погружены в совершенно изолированные грузовые трюмы.

Погрузку и выгрузку сырых животных продуктов следует производить в последнюю очередь, соблюдая профилактические мероприятия. Нельзя бросать тюки и пачки, чтобы не пылить на рабочем месте. Все места, где хранились или перевозились данные грузы, подлежат санитарной обработке.

Племенные и высокоценные продуктивные животные, а также те, которые могут причинить увечья другим животным, должны размещаться изолированно друг от друга в отдельных стойлах. Длина стойл для лошадей и крупного рогатого скота должна быть 2,2 — 3 м, ширина —0,8 — 1,2 м, высота боковых поперечных переборок 1,2 — 1,9 м. Животных нужно размещать головами к диаметральной плоскости судна. При перевозке овец и свиней устраивают загоны на 20 — 25 голов. Нельзя допускать большого скопления овец, так как они во время качки так жмутся друг к другу, что возможны случаи удушения.

Живую птицу, поросят и других мелких животных перевозят только в таре с плотным дном — ящиках, корзинах. При перевозке скота все судовые помещения, предназначенные для животных, должны быть очищены, а в случае необходимости по требованию ветсаннадзора подвержены соответствующей санобработке.

При перевозке скота в трюмах необходимо обеспечить достаточную вентиляцию помещения, канализацию для стока нечистот с соответствующей промывкой сточных путей, достаточное освещение с расчетом установки электрических ламп на расстоянии 4,5 — 5 м.

Деревянные палубы посыпают опилками, песком или застилают соломой. Металлические палубы покрывают сплошным деревянным настилом из 25 — 50-мм досок, приподнятым над палубой не менее чем на 50 мм. На настиле набивают планки размером 75 × 75 мм для упора ног животных при качке.

Для защиты животных от действия непогоды и волн стойла должны быть закрыты крышей из досок толщиной не менее 30 мм. Со стороны борта, а также в крайних частях с боков стойла должны быть защищены досками на всю их высоту даже при наличии сплошного фальшборта. Стойла должны быть надежно закреплены при помощи тросов или проволоки во избежание смещения. Животных и птиц принимают к перевозке только с проводниками, в необходимых случаях животных сопровождает ветеринарный врач или фельдшер.

Шкуры животных перевозят в хорошо очищенных и подготовленных трюмах. Мокросоленые шкуры укладывают плашмя ровными слоями, каждый слой посыпают солью. Между грузом и подволоком оставляют пространство не менее 180 см, а на верхний слой шкур насыпают слой соли толщиной 150 мм.

Мокросоленые и сухие шкуры должны самым тщательным образом сепарироваться от металлических частей корпуса судна.

Глава 22
ОПАСНЫЕ ГРУЗЫ

§ 22.1. Основы регламентации перевозок опасных грузов

В 1956 г. Комитет экспертов Экономического и Социального Совета (ЭКОСОС) ООН по перевозке опасных грузов закончил составление списка опасных грузов, предложил классификацию и ярлыки опасности, которые были рекомендованы всем правительствам и междуна-

родным организациям для практического использования. Комитет экспертов ЭКОСОС ООН продолжает работу по совершенствованию и расширению списка и разработке новых рекомендаций по перевозке опасных грузов. В 1970 г. ООН опубликовала новый расширенный текст Рекомендаций Комитета экспертов ЭКОСОС по перевозке опасных грузов, а в 1973 г. — дополнение к ним.

В настоящее время группа экспертов Европейской экономической комиссии ООН и Комитет по безопасности железнодорожных перевозок пересматривают Европейские соглашения и Правила перевозки опасных грузов автомобильным, железнодорожным и внутренним водным транспортом с целью приведения их в соответствие с Рекомендациями Комитета экспертов ЭКОСОС ООН. Международная ассоциация воздушного транспорта (ИАТА) также пересматривает свои правила перевозки опасных грузов в свете указанных рекомендаций.

Рекомендации Комитета экспертов ЭКОСОС ООН вошли в гл. VII Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1960 г., в которой установлена классификация и основные положения по упаковке, маркировке, сформлению и техническим условиям перевозки опасных грузов на морских судах. Конвенция 1960 г. вступила в силу 27 мая 1965 г.

В течение 1962 — 1965 гг. Подкомитет по перевозке опасных грузов Межправительственной морской консультативной организации (ИМКО) в соответствии с рекомендацией 56-й Международной конференции по охране человеческой жизни на море 1960 г. разработал Международный кодекс морской перевозки опасных грузов, который полностью основан на Рекомендациях Комитета экспертов ООН. Подкомитет ИМКО по перевозке опасных грузов продолжает работу по совершенствованию Кодекса и разработке новых правил перевозки опасных грузов наливом, в контейнерах, в контейнерах-цистернах, на трейлеровозах и паромах, участвует в разработке Международной конвенции по предотвращению загрязнения моря и Международной конвенции по переработке опасных грузов в морских портах.

В соответствии с Рекомендациями Комитета экспертов ЭКОСОС ООН и Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море 1960 г. опасные грузы классифицируются следующим образом:

1 — Взрывчатые вещества.
2 — Газы: сжатые, сжиженные, или растворенные под давлением.
3 — Легковоспламеняющиеся жидкости.
4.1 — Воспламеняющиеся твердые вещества.
4.2 — Самовозгорающиеся твердые вещества.
4.3 — Вещества, выделяющие легковоспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой.
5.1 — Окисляющие вещества.
5.2 — Органические перекиси.
6.1 — Отравляющие (токсические) вещества.
6.2 — Инфекционные вещества.
7 — Радиоактивные вещества.
8 — Едкие и коррозионные вещества.
9 — Прочие опасные вещества.

В СССР с 1 января 1975 г. вводится в действие ГОСТ «Грузы опасные. Классификация и знаки опасности», основанный на рекомендациях ООН и разработанный в ОИИМФе.

§ 22.2. Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МКМПОГ)

В 1972 г. ИМКО выпустила второе издание Кодекса морской перевозки опасных грузов, который состоит из трех томов и содержит правила перевозки всех классов опасных грузов. В первый том входит общая часть Кодекса и правила перевозки опасных грузов 1-го и 2-го классов, во второй — правила перевозки опасных грузов 3, 4 и 5-го классов, в третий — правила перевозки грузов 6-го — 9-го классов. В общую часть вошли: введение, текст главы VII Конвенции 1960 г., рекомендации Конференции 1960 г., применение Кодекса, классификация опасных грузов, методы определения температуры вспышки, маркировка и ярлыки опасности, грузовые документы, требования к упаковке, правила перевозки опасных грузов в контейнерах и съемных цистернах, укладка и разделение опасных грузов на судах, общие указания по противопожарным мерам, алфавитный указатель опасных грузов.

Правила перевозки опасных грузов отдельных классов включают общую часть и карточки для конкретных опасных грузов. Общими разделами общей части правил являются: свойства веществ класса, требования к упаковке, укладка и разделение грузов на судне, противопожарные меры и техника безопасности.

Для каждого вещества имеется карточка, в которой указаны его номер по списку ООН, химическая формула, основные свойства и виды опасности, условия взаимодействия данного вещества с другими. Для газов и взрывчатых паров указаны пределы взрываемости, для легковоспламеняющихся жидкостей — температура вспышки. Для каждого вещества дано описание тары и упаковки, в которых оно может перевозиться на морских судах, указана предельная емкость внутренней тары и максимальная масса места брутто (иногда — суммарная емкость или масса нетто).

С точки зрения регламентации технических условий перевозки опасных грузов суда разделены на две группы. К первой группе отнесены грузовые и грузо-пассажирские суда, имеющие на борту не более 25 пассажиров или одного пассажира на каждые 3 м длины судна, ко второй — пассажирские суда, не вошедшие в первую группу. В карточке каждого вещества указано, где возможно (на палубе или под палубой) перевозить его на грузовых и пассажирских судах, в необходимых случаях дано указание об условиях перевозки («В хорошо вентилируемом месте», «В сухом месте», «В прохладном помещении» и т. д.).

Совместная перевозка опасных грузов на морском судне регламентируется четырьмя условиями. В Кодексе приводится только общая таблица разделения опасных грузов по классам. В карточках некоторых веществ указаны, в случае необходимости, дополнительные требования к размещению несовместимых грузов.

Международный кодекс имеет рекомендательный статус. Ведущие морские страны приняли его в качестве основы для национальных правил морской перевозки опасных грузов, другие страны принимают его в качестве официального руководства.

§ 22.3. Правила морской перевозки опасных грузов, 1969 г.

На основе Международного кодекса морской перевозки опасных грузов, рекомендаций Комитета экспертов ООН и обобщения различных международных и национальных правил в ОИИМФе (кафедра организации и механизации грузовых работ) были разработаны отечественные Правила морской перевозки опасных грузов (МОПОГ), введенные в действие приказом министра морского флота с 1 января 1969 г.

В Правила МОПОГ [18] вошли все основные положения Международного кодекса, а также следующие дополнительные вопросы: технические условия погрузки, выгрузки, хранения и укладки опасных грузов в портах, меры техники безопасности для предотвращения несчастных случаев, меры первой помощи при несчастных случаях, противопожарные мероприятия, меры предупреждения опасных последствий в случае нарушения тары и упаковки опасных грузов. Классификация и маркировка опасных грузов в Правилах МОПОГ соответствуют требованиям Конвенции 1960 г. и рекомендациям Комитета экспертов ООН. В отличие от Кодекса в Правилах МОПОГ все грузы сгруппированы внутри классов по своим физико-химическим свойствам, требованиям к таре и упаковке и техническим условиям морской перевозки.

В целях удобства пользования Правилами, их корректировки, совершенствования и включения новых положений использована система расположения и кодификации статей Правил при помощи маргинальных номеров. Маргинальные номера 1 — 9 включают указания по пользованию правилами, 10 — 99 — введение. Общие правила охватываются маргинальными номерами от 100 до 999 (100 — 199 — общие положения; 200 — 299 — классификация; 300 — 399 — требования к таре и упаковке; 400 — 499 — технические условия перевозки; 500—599 — хранение опасных грузов; 600 — 699 — требования к условиям погрузки и выгрузки опасных грузов).

Правила для отдельных классов обозначены четырехзначными маргинальными номерами, первая цифра которых указывает класс опасного груза. Для общей части правил каждого класса отведено 99 маргинальных номеров, которые разбиты по разделам одинаково для всех классов (кроме класса 7 «Радиоактивные вещества») следующим образом[1]: x000 — x009 — свойства; x010 — x019 — упаковка; x020 — x029 — спецификация упаковок; x030 — x039 — технические условия перевозки; x040 — x049 — условия совместимости; x050 — x059 — противопожарные меры. Маргинальные номера x100 — x399 отведены для карточек конкретных групп грузов и соответствуют номеру подгруппы веществ. Нумерация групп веществ произве-

[1] Знак «x» перед числом обозначает номер соответствующего класса.

дена так: первая цифра — класс; вторая — подкласс или категория; третья — группа; четвертая — подгруппа, к которым отнесено данное вещество.

Маргинальные номера с х400 до х999 предназначаются для особых правил перевозки отдельных видов опасных грузов, например 4400 — правила обеспечения пожарной безопасности при складировании, хранении и перевозке морем хлопка, льна и других волокнистых материалов. Незанятые маргинальные номера предназначены для новых положений правил и групп веществ. В Правила включены в качестве дополнения положения по мерам первой медицинской помощи (гл X, марг. № М.001 — М.999).

Алфавитный указатель включает как основные наименования веществ, так и их синонимы. После наименования следует номер подгруппы, к которой данное вещество относится, затем ссылка на основное наименование, номер вещества по списку ООН, страница Кодекса, маргинальный номер дополнения по мерам первой медицинской помощи.

Правила МОПОГ регулируют перевозку опасных грузов по морским путям сообщения на универсальных и пассажирских судах, плавающих под советским флагом. Специализированные суда, построенные или переоборудованные для перевозки определенных опасных грузов (танкеры, газовозы и т. п.), не подпадают под действие Правил МОПОГ, если на них перевозят только те грузы, на которые они рассчитаны. В этом случае действуют специальные правила и инструкции. Правила не распространяются также на судовые запасы и оборудование.

Правила МОПОГ имеют обязательную силу при любых перевозках опасных грузов (каботажных, экспортных, импортных, между иностранными портами). В международных сообщениях и иностранных портах могут применяться иные правила, если они не ослабляют требований Правил МОПОГ в отношении безопасности экипажа и судна. Капитан советского судна не вправе требовать от иностранных властей соблюдения тех положений Правил МОПОГ, которые не затрагивают вопросов безопасности экипажа и судна. Международные перевозки опасных грузов регламентируются положениями Конвенции по охране человеческой жизни на море 1960 г. и Международного кодекса морской перевозки опасных грузов (МКМПОГ).

Перевозка разрядных грузов (боеприпасов, ВВ и ОВ) регламентируется Правилами перевозок по железным дорогам и водным путям сообщения боеприпасов, взрывчатых и сильнодействующих ядовитых веществ, а также другими официальными инструкциями и правилами, касающимися этих грузов. Во всем ином, что не предусмотрено Правилами МОПОГ, следует руководствоваться Общими правилами перевозки грузов, пассажиров и багажа по морским путям сообщения на судах Министерства морского флота [17].

Правила МОПОГ являются обязательными для клиентуры, пользующейся морским транспортом, особенно в части, касающейся качественного состояния груза, его упаковки, маркировки, оформления грузовой документации, а также условий приема и выдачи грузов в портах отправления и назначения. К перевозке принимают лишь те опасные грузы, которые указаны в Правилах, и лишь в том случае, если эти гру-

зы и их упаковка соответствуют требованиям, изложенным в Правилах МОПОГ. Грузы, которые чрезвычайно опасны при морских перевозках, не должны приниматься к погрузке и перевозке. Такие грузы перечислены отдельно в Правилах. Перевозка опасных грузов, не перечисленных в Правилах или упакованных в тару, не соответствующую требованиям Правил, может быть допущена только с особого разрешения Управления эксплуатации флота и портов ММФ, при этом грузоотправитель должен представить ММФ наряду с другими необходимыми документами подробную характеристику нового опасного груза (марг. №116 Правил МОПОГ, 1969 г.).

Отправитель опасного груза несет ответственность за правильное наименование груза и его техническое состояние, пригодное для морской перевозки; за правильное отнесение опасного груза к соответствующему классу, категории, группе и подгруппе в соответствии с Правилами МОПОГ; за правильную упаковку опасных грузов в тару, установленную государственным стандартом или техническими условиями и отвечающую требованиям Правил МОПОГ; за правильное взвешивание груза и указание массы на каждом месте; за правильную маркировку и нанесение ярлыков опасности на каждое грузовое место; за правильное оформление перевозочных документов и приложение к ним необходимых для данного груза сертификатов и разрешений; за выполнение других требований правил, гарантирующих безопасность перевозки и относящихся к компетенции грузоотправителя.

За соблюдение правил приемки и оформления груза, выполнение технических условий хранения, перегрузки и перевозки опасных грузов ответственность несут соответствующие должностные лица морского транспорта. На администрацию пароходств, портов и судов возлагается проведение инструктажа и постоянный надзор за выполнением требований Правил МОПОГ. Общий контроль за выполнением Правил МОПОГ осуществляет Управление эксплуатации флота и портов ММФ.

Для правильного пользования Правилами необходимо изучить их построение, общие положения по упаковке, оформлению и перевозке грузов. Чтобы отыскать соответствующие правила перевозки конкретного груза, необходимо по его наименованию в Алфавитном указателе найти номер подгруппы, к которой он относится, и маргинальный номер главы X «Меры первой помощи»; по номеру подгруппы найти карточку, относящуюся к данному грузу, и определить конкретные требования к таре и упаковке, ярлыкам опасности и техническим условиям перевозки данного груза; по ссылкам в карточке на маргинальные номера найти статьи общих положений Правил, относящиеся к данному грузу.

Схема построения карточек грузов в Правилах МОПОГ показана в табл. 40.

Разделы карточек — свойства, упаковка, укладка, огнегасительные средства, хранение и перегрузка — сопровождаются ссылками на маргинальные номера статей общих и специальных правил для данного класса и главы V общих правил, которые должны быть соблюдены. Ссылки на маргинальные номера статей общей части Правил не приводятся.

Таблица 40

_____	Класс «x»[1]
_____	Категория «xx»
(наименования)	
_____	Группа «xxx»
_____	Подгруппа «xxxx»
_____	

Пределы взрываемости Формула Т. всп. (Т. кип.) (Отн. масса) № ООН / Стр. ИМКО	
. . . . .	(Наименование веществ: основные и синонимы)
Свойства	
Упаковка: см. марг. № x010, x020	
Емкость первичной тары, л — Масс места а брутто, кг	
1.	
2.	
Укладка: см. марг. № x030, x040	Оттиск ярлыка опасности
. . . . .	
Грузовые суда:	
Пассажирские суда:	
Огнегасительные средства: см. марг. № x050, x060	
Рекомендуемые	
Запрещаемые	
Хранение и перегрузка: см. марг. № 5x0	Штемпель (на документах)
Ссылки на общие правила.	

[1] Здесь и ниже знак «x» обозначает конкретный номер (первая цифра — номер класса).

О предстоящей отправке опасного груза грузоотправитель должен подать перевозчику письменную заявку и приложить к ней правильно заполненные грузовые документы. В заявке необходимо указать, к какому классу, категории и группе принадлежит опасный груз, дать его точное техническое наименование, указать число мест, массу (брутто) и емкость внутренней тары. В заявке грузоотправитель свидетельствует о том, что Правила МОПОГ, а также требования Международной конвенции 1960 г. ему известны и что предъявленный к перевозке груз, его упаковка, маркировка и ярлыки опасности полностью соответствуют этим требованиям. Груз должен иметь одно из тех наименований, которые приведены в Алфавитном указателе Правил МОПОГ. Запрещается применение обобщенных наименований, таких, как, например, медикаменты, химгруз, ядохимикаты и т. д.

Ряд грузов должен соответствовать особым производственным или упаковочным требованиям (увлажнение, ингибирование, флегматизация и т. п.). В этом случае грузоотправитель должен представить соответствующие сертификаты или гарантии, что груз находится в соответствующем Правилам состоянии.

На всех перевозочных документах, сопровождающих опасный груз, красным цветом накладывается штемпель, указывающий номер и наименование класса со всеми предупредительными надписями, указанными в карточках для данного груза (например, для пентаборана: «Опасный груз 4252 МОПОГ — самовозгорается»). В один коносамент, погрузочный ордер или накладную нельзя включать несовместимые опасные грузы.

Для обозначения грузовых мест при морской перевозке опасных грузов применяют ярлыки опасности, рекомендованные Комитетом экспертов ЭКОСОС ООН и установленные ГОСТ 19433 — 74. Ярлыки опасности имеются для восьми классов. Исключение составляет класс 9 «Прочие опасные грузы», для которых ярлык опасности не предписывается. В этом случае на грузовом месте и в документах указывают только вид опасности, которым обладает данный груз, и подгруппу, к которой он относится.

Ярлыки опасности имеют вид ромба размером не менее 100×100 мм. На основном ярлыке опасности указывают номер класса, к которому относится данный груз. Дополнительные ярлыки не имеют указаний на номер класса.

Ярлыки наклеиваются отправителем на грузовые места сверху и на боковой стороне. К бутылям, упакованным в корзины и обрешетки, ярлык, наклеенный на фанерную бирку, прикрепляют к грузовому месту проволокой. Допускается применение бирок из дощечек или жести.

Если на всем судне или в отдельном трюме перевозится только один опасный груз без перевалки в пути следования и в адрес одного получателя, т. е. перевозка осуществляется «полным грузом», маркировка и ярлыки опасности могут наноситься не на все места, а только на 20% общего количества мест. Такие места укладывают в просвете люка. Во всех иных случаях маркировку и ярлыки опасности наносят на все грузовые места.

Помимо указанных ярлыков опасности и дополнительных наименований или указаний о способах хранения или обращения с грузом, на грузовые места наносят все обычно существующие виды маркировки (ГОСТ 14192 — 69).

§ 22.4. Технические условия хранения и переработки опасных грузов в морских портах

Режимы хранения опасных грузов в портах зависят от их свойств и количеств. Склады для опасных грузов должны отвечать Строительным нормам и правилам (СНиП — 62) и Указаниям по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений морского транспорта (СН 131 — 65).

В тех портах, где имеется сравнительно постоянный грузопоток опасных грузов, следует выделять специализированные причалы и склады для переработки и хранения опасных грузов. Склады для опасных грузов следует располагать в порту с учетом свойств хранимых грузов. Взрывоопасные грузы необходимо удалять от жилых районов, административных и других служебных зданий на достаточные расстояния, устанавливаемые компетентными органами в зависимости от вида и количества хранящегося груза. Склады для легковоспламеняющихся жидкостей должны располагаться на расстоянии не менее 30 м от оси портовых железнодорожных путей и 10 м — от края проезжей части автомобильной дороги. Для горючих жидкостей ($T_{всп} = 61 \div 120°$ С) эти разрывы соответственно равны 20 и 5 м.

Склады и площадки для опасных грузов обеспечивают противопожарным водопроводом и противопожарными средствами по действующим нормам. Освещение в складах допускается только электрическое, с проводкой, исключающей короткое замыкание, с герметической арматурой, с выключателями и предохранителями, расположенными снаружи склада. Пользование осветительными приборами с открытым огнем (лампы, свечи, дуговые электрические лампы) воспрещается. При отсутствии стационарного электрического освещения производство работ в таких складах в темное время допускается только с электрическими аккумуляторными фонарями во взрывобезопасном исполнении. Отопление помещения печами и центральное паровое отопление высокого давления не допускается. Окна в складах с огнеопасными грузами застекляют и с внутренней стороны защищают металлической сеткой, укрепленной в несгораемых стенах склада.

Двери склада обычно изготовляют из волнистого железа. Полотнища дверей устанавливают на металлические петли без коробок. Приемные отверстия вытяжных труб вентиляции располагают у потолка, а также на высоте около 0,3 м от пола и закрывают мелкими металлическими сетками.

При отсутствии отдельных складов допускается хранение опасных грузов в общих огнестойких складах (каменных, бетонных) с огнестойкими полами, при условии изоляции от соседних помещений части склада, предназначенной для этих грузов, глухими брандмауэрами, отвечающими всем требованиям их устройств, и только с особого разрешения начальника порта. Не допускается хранение опасных грузов в камерах хранения багажа и ручной клади.

В случае полного отсутствия отдельных помещений опасные грузы могут временно храниться на крытых и открытых площадках, за исключением веществ, воспламеняющихся от действия воды (класс 4.3), и ядовитых (класс 6.1). Опасные грузы укладывают на сплошные настилы высотой не менее 15 см от земли, накрывают брезентами для предохранения от метеорологических осадков и прямых солнечных лучей. В складах опасные грузы укладывают на расстоянии не менее 0,5 м от стен склада и не менее 1 м — между штабелями. Ширина поперечных и продольных проездов определяется в зависимости от механизации, но должна быть не менее 2,5 м. От поверхности штабеля до конструкций перекрытия склада оставляют пространство не менее 0,5 м.

Места хранения опасных грузов должны находиться под постоянной охраной и быть связаны с пожарной охраной порта сигнализацией или телефонной связью, доступной для использования круглые сутки. Снаружи и внутри помещений для хранения опасных грузов вывешивают ясные надписи: «Опасно», «Курить строго воспрещается», «В случае пожара звонить то телефону № ...». Во всех случаях хранения опасных грузов в портовых складах, на открытых площадках или в вагонах противопожарные мероприятия согласовывают с пожарно-техническим отделом ВОХРа.

Наблюдение за полным обеспечением и исправным состоянием пожарного инвентаря и оборудования и за строгим выполнением всех установленных мер предосторожности входит в обязанности заведующего складом и начальника пожарной охраны порта. Работники складских помещений должны быть проинструктированы как о порядке размещения и хранения в складах опасных грузов, так и о мерах противопожарной безопасности. Возможность совместного хранения опасных грузов в складах порта регламентируется приложением VI к Правилам МОПОГ.

Завоз опасного груза на территорию порта допускается только по получении письменного разрешения начальника порта, где должны быть указаны сроки ввоза и место, куда груз должен быть доставлен. О поступлении опасных грузов в порт уведомляют органы санитарного надзора и пожарную охрану в зависимости от вида опасности.

Прием к перевозке опасных грузов производит заведующий складом в присутствии, если это необходимо, ответственных представителей отправителя или получателя, а также представителей пожарной охраны и медицинской службы порта.

При приемке опасного груза любого класса заведующий грузовым складом проверяет наличие на заявлении отправителя письменного разрешения на прием и перевозку опасного груза, правильность оформления отправителем грузовых документов и особо правильность наименования груза, ярлыков опасности или штемпелей установленного образца с записью о номерах оттисков пломб или печатей, если груз опломбирован или опечатан; наличие там, где это необходимо в соответствии с Правилами, сертификатов о качественном состоянии груза и его упаковки; исправность упаковки и соответствие ее требованиям Правил МОПОГ; наличие на каждом отдельном месте четкой отправительской маркировки, надписей и ярлыков опасности установленных форм, размеров, цвета, а там, где это необходимо, наличие пломб и печатей, целостность опломбировочного шнура и правильность опломбирования или опечатывания груза. Осмотр грузовых мест, если это представляется возможным, производят непосредственно на транспорте отправителя или вблизи от него.

Опасные грузы принимают к перевозке всегда с ручательством отправителя за их массу. Если при наружном осмотре мест обнаружено нарушение упаковки, или ее несоответствие требованиям Правил, или другие нарушения требований Правил МОПОГ, создающие опасность при транспортировке грузов, вся партия груза к перевозке не принимается, и отправитель вывозит этот груз с территории порта.

На территории склада, причала или на судне нельзя производить устранение каких-либо неисправностей тары опасного груза. Если обстоятельства требуют незначительного исправления тары или ее замены, то такое устранение неисправности производится отправителем или получателем и только с разрешения начальника порта в специально отведенном месте, удаленном на безопасное расстояние от складов, причала, сооружений и других грузов. В этих случаях необходимо присутствие специалиста, а также представителей пожарного и/или санитарного надзора порта.

В обычном случае ввоз в порт легковоспламеняющихся грузов допускается в количестве не более 45 т. Ввоз в порт легковоспламеняющихся грузов в количестве свыше 45 т допускается только с особого и заблаговременного разрешения начальника порта, причем должны быть выделены специальные места, изолированные от прочих грузов и удовлетворяющие требованиям пожарной безопасности порта. Выгружаемые из судна легковоспламеняющиеся вещества в количестве свыше 2 т должны немедленно вывозиться с территории порта.

Порядок работ по перевалке опасных грузов устанавливается узловыми соглашениями между морскими, железнодорожными и речными транспортными организациями по каждому пункту передачи. В этих соглашениях особо предусматривают такой порядок, при котором не допускалась бы задержка опасных грузов в пунктах перевалки, устанавливают порядок взаимной информации о прибытии опасных грузов в пункт перевалки, предусматривают отведение определенных мест для производства погрузочно-разгрузочных работ и обеспечение этих работ квалифицированной рабочей силой, обеспечение постоянной охраны опасных грузов, снабжение противопожарным инвентарем и средствами защиты персонала от возможных последствий при нарушении тары, строгое определение момента перехода ответственности за безопасность от морского к другим видам транспорта и наоборот. При перевалке опасных грузов необходим постоянный надзор за исправностью погрузочно-разгрузочных механизмов, такелажа, путей сообщения и различных сооружений, сигнализации и освещения, постоянный противопожарный и медицинский надзор.

Переработку опасных грузов производят по технологическим картам, разработанным с учетом свойств груза и согласованным с пожарно-техническим отделом ВОХРа, инженером по технике безопасности, санитарно-карантинным отделом. Для перегрузки опасных грузов используют погрузочно-разгрузочный инвентарь, соответствующий по размерам, типу, прочности и качеству материала перерабатываемому грузу. До начала погрузки или выгрузки опасных грузов составляют план, предусматривающий порядок рассредоточения имущества, быструю откатку вагонов, отвод судов и автомашин в случае возникновения пожара, взрыва или иного инцидента.

К месту производства грузовых операций со взрыво- и огнеопасными грузами подают столько вагонов, сколько их будет одновременно обрабатываться. Следующую партию вагонов подают только после окончания разгрузки всех вагонов предыдущей партии. Порядок следования автомашин с опасными грузами по территории порта и

стоянки их в местах ожидания и производства погрузочно-разгрузочных работ разрабатывают заранее с учетом свойств груза. При погрузке или выгрузке огнеопасных грузов автомобили и автопогрузчики подают к месту производства работ поодиночке. Ожидающие погрузки и нагруженные автомобили и автопогрузчики устанавливают на расстоянии не менее 25 м от судна, места складирования и места погрузки-выгрузки. Водители не должны оставлять автомашины с опасными грузами при грузовых операциях без присмотра даже на короткое время.

До начала грузовых работ с опасными грузами руководитель работ проводит инструктаж всех участников перегрузочного процесса о характеристике и свойствах перерабатываемого опасного груза, рекомендуемых приемах работы, правилах укладки, застропки, подъема, опускания, переноски груза и мерах личной безопасности. Все портовые рабочие должны быть обеспечены специальной одеждой и обувью и снабжены средствами индивидуальной защиты в соответствии со свойствами перерабатываемых опасных грузов.

До входа в трюм или вагон надлежит убедиться в целостности тары и отсутствии на полу рассыпанных или разлитых опасных грузов. Если при осмотре трюмов или вагонов будет обнаружено, что часть опасных грузов рассыпана, выпала из упаковки или разлита, руководитель работ обязан вызвать специалиста для определения возможности безопасного ведения работ.

Работы в трюме, складе или вагоне можно производить только при условии отсутствия там опасных концентраций взрывчатых, легковоспламеняющихся, ядовитых и удушающих паров или газов. Для этого тщательно вентилируют или проветривают помещения. В случае крайней необходимости вход в трюм, склад или вагон при опасных концентрациях паров или газов допускается при соблюдении специальных мер предосторожности, определяемых соответствующим специалистом. После окончания погрузочно-разгрузочных работ места погрузки-выгрузки осматривают и очищают от остатков груза, а при необходимости дегазируют.

Для перегрузки опасных грузов можно использовать только такие средства, которые находятся в полной технической исправности и отвечают требованиям противопожарной инспекции и Регистра СССР. На выхлопных трубах мотокранов должны быть надежные искрогасители, а у электрокранов — надежное заземление.

Все элементы операций перегрузочного процесса нужно выполнять плавно. Рывки, удары, толчки, раскачивания опасного груза на шкентеле, мгновенное торможение при спуске не допускаются. Погрузочно-разгрузочные операции с опасными грузами, выполняемые ручным способом (укладка груза в трюме, в вагоне, автомашине, контейнере, на поддоне и т. д.), производят с большой осторожностью, тщательно соблюдая меры личной безопасности и предохранения груза от повреждений.

Нельзя сбрасывать опасный груз с плеча, использовать крючья, кантовать и волочить груз, допускать удары груза о груз. Бочки с

опасными грузами перекатывают лишь по специально устроенным подкладкам, трапу или настилу.

При хранении, перегрузке и перевозке опасных грузов необходимо соблюдать следующие общие меры предупреждения пожаров: устранять возможные очаги воспламенения; исключать возможность образования взрыво- и огнеопасных смесей перевозимого вещества с воздухом, окисляющими и другими веществами, способствующими возгоранию; обеспечивать условия для быстрой ликвидации очагов загорания; хранить горючие материалы вдали от любых источников воспламенения и нагревания; не принимать к перевозке груз в поврежденной таре или со следами утечки и рассыпания; предотвращать случайное повреждение упаковок; укладывать опасные грузы так, чтобы в случае пожара к ним можно было легко подойти и перенести в безопасное место; категорически запрещать курение в пожароопасных зонах; предотвращать возможность коротких замыканий и искрений в электрооборудовании.

Наиболее доступное средство пожаротушения — вода. Для взрывчатых веществ применение разбрызгивателей или затопление является единственно верным средством, предотвращающим повышение температуры, которое может привести к взрывчатому разложению. Однако вода не всегда служит эффективным средством тушения, в некоторых случаях она может усилить интенсивность пожара и вызвать взрыв. Если судно перевозит вещество, которое при пожаре не может быть потушено водой, судно должно быть снабжено достаточным количеством огнетушащих средств соответствующего типа, которые указаны в Правилах МОПОГ.

Рекомендуемые в Правилах огнегасительные средства признаны наиболее эффективными для данных веществ, остальные, кроме запрещаемых, могут быть использованы при отсутствии рекомендованных средств. Запрещаемые огнегасительные средства, безусловно, нельзя использовать в том помещении, где находятся такие опасные грузы. Это необходимо учитывать при размещении грузов, и не укладывать в одно грузовое помещение разные грузы, рекомендуемые огнегасительные средства одного из которых запрещены для другого.

При работе с опасными грузами надо соблюдать общие и специальные меры защиты и предупреждения вредного действия опасных веществ на организм человека: не допускать случайного попадания вещества в организм при курении, приеме пищи и воды; не пробовать эти продукты на ощупь, запах и вкус; не допускать даже кратковременного пребывания без спецодежды и средств индивидуальной защиты в атмосфере, содержащей газы, пыль или пары опасных веществ; избегать непосредственного контакта веществ с кожей.

Спецодежду следует носить только в рабочее время. В обеденный перерыв и по окончании работы ее следует снимать и после удаления пыли хранить в шкафу с вентилирующим устройством отдельно от личной одежды. Перчатки, рукавицы, фартуки, нарукавники, обувь, защитные очки следует очищать, сырую спецодежду — проветривать и сушить, а облитую вредными жидкостями или запачканную пылью вредных веществ — стирать.

§ 22.5. Технические условия перевозки опасных грузов

Судно, предназначенное для перевозки опасных грузов, должно во всем удовлетворять требованиям Регистра СССР. Грузовые помещения, в которые будут грузить опасные грузы, необходимо тщательно зачистить, промыть и просушить. Особенно тщательно необходимо произвести зачистку помещений от остатков перевозившихся грузов, в отношении которых предназначенные для перевозки опасные грузы являются несовместимыми. Самую тщательную зачистку производят, если судно должно перевозить огнеопасные и взрывоопасные грузы после выгрузки пылеобразующих грузов (уголь, зерно, мука, сахар, целлюлоза, декстрин и т. п.).

Перед началом погрузки опасных грузов на судно необходимо:

проверить готовность судна под перевозку предъявленных опасных грузов, наличие и исправность необходимых средств защиты от соответствующих видов опасности, предписанных правилами в отношении грузов, предъявленных к перевозке;

проинструктировать членов судового экипажа судна о свойствах грузов, их упаковке, виде и стандарте тары, виде и значении ярлыков опасности на грузовых местах и на перевозочных документах, количестве грузов, правилах укладки грузов на судне, правилах обращения с грузом, мерах техники безопасности и противопожарной техники, мерах предосторожности при возникновении опасности или несчастных случаях;

проверить наличие на борту судна средств пожаротушения, соответствующих роду перевозимых опасных грузов; в случае отсутствия необходимых огнегасительных средств следует запросить их у грузоотправителя, проверить их исправность и готовность к действию, а также убедиться в умении членов экипажа пользоваться этими средствами;

проверить исправность всех стационарных систем пожаротушения, а на постах управления выставить проинструктированную вахту для управления системами.

Надежность перевозки опасных грузов в первую очередь зависит от четкого соблюдения Правил МОПОГ командным составом и остальными членами экипажа судна.

Капитан судна несет полную ответственность за соблюдение Правил МОПОГ в части приема груза и обеспечения безаварийной перевозки и обязан иметь на борту Правила МОПОГ. Капитан судна обязан убедиться в готовности судна и экипажа к перевозке предъявленных грузов, обеспечить инструктаж и проверку знаний экипажем правил перевозки предъявленных грузов, убедиться в правильности составления грузового плана судна и утвердить его, проверить правильность оформления всех грузовых документов в соответствии с правилами, следить за ходом и правильностью выполнения погрузочно-разгрузочных работ с опасными грузами и обеспечить наблюдение за грузом во время перевозки и готовность экипажа и судовых средств к немедленному использованию на случай аварийной ситуации, руководить всеми операциями по ликвидации аварии, на грузы незнакомых наи-

менований и отсутствующих в Правилах потребовать документальные данные об их физико-химических свойствах.

Старший помощник капитана несет ответственность за подготовку судна к перевозке опасных грузов и за обеспечение всех необходимых мероприятий по предотвращению и ликвидации любых инцидентов с ними. Он обязан обеспечить подготовку и лично проверить готовность судна и экипажа к перевозке опасных грузов, убедиться в наличии на судне и готовности к действию огнегасительных средств, соответствующих роду перевозимых опасных грузов, провести инструктаж и проверку знаний экипажем правил перевозки предъявленных опасных грузов, разработать план мероприятий по безаварийной погрузке, перевозке и выгрузке опасных грузов и обеспечить его выполнение, разработать план и проводить учебные тренировки экипажа по аварийным тревогам на случай инцидента с перевозимыми опасными грузами, принять все меры к недопущению пассажиров и членов команды, не имеющих к тому отношения, к местам расположения опасных грузов, обеспечить готовность членов экипажа и судовых средств к немедленному действию на случай аварийной ситуации, вместе с капитаном принять все меры по ликвидации возникшей аварийной ситуации.

Второй помощник капитана несет ответственность за правильную приемку, размещение на судне, погрузку, соблюдение технических условий перевозки, выгрузку и сдачу опасных грузов. Он обязан доложить капитану и старшему помощнику о номенклатуре и количестве предъявленных к перевозке опасных грузов, тщательно проверить правильность оформления всех грузовых документов в соответствии с требованиями Правил МОПОГ и Конвенции 1960 г., принять участие (по указанию капитана) в составлении грузового плана судна, на котором должно быть указано конкретно, где, какие и сколько опасных грузов будет погружено, обеспечить четкое и полное соблюдение технических условий и требований совместной перевозки опасных грузов, составить подробный отдельный список (или манифест) опасных грузов в соответствии с правилом пятой главы VII Конвенции 1960 г., проверить соответствие состояния груза, его упаковки и маркировки требованиям Правил, следить за соблюдением всех правил погрузки, укладки и выгрузки опасных грузов, обращая особое внимание на целостность тары и упаковки, требуя немедленного изъятия грузовых мест с нарушенной тарой, следить за состоянием груза в пути и принимать меры к предотвращению опасных инцидентов.

Старший (главный) механик отвечает за готовность судовых средств и систем к эффективной немедленной борьбе с пожаром и другими аварийными случаями, связанными с перевозкой опасного груза. Он обязан обеспечить подготовку всех судовых систем и противопожарных средств в полном соответствии с требованиями Правил МОПОГ, касающимися перевозимых опасных грузов, к немедленному использованию в течение всего рейса.

Старший механик вместе со старшим помощником капитана составляет план мероприятий и участвует в проведении учебных тренировок по аварийным тревогам применительно к конкретным опасным грузам, перевозимым на судне.

Судовой врач или лицо, его заменяющее, обязан совместно со специалистами санитарно-эпидемиологических станций определить меры санитарной безопасности, которые необходимо принять в соответствии с Правилами МОПОГ и служебными инструкциями применительно к перевозимым грузам, четко знать меры первой медицинской помощи при несчастных случаях, возможных при перевозке конкретных грузов, своевременно получить и держать в готовности все необходимые в конкретной обстановке медицинские препараты и средства, следить за соблюдением всех санитарных правил и мер профилактики применительно к перевозимым грузам, следить за здоровьем экипажа и санитарным состоянием жилых и служебных помещений, своевременно обнаруживать загазованность и принимать меры по ее предупреждению и устранению, быть готовым немедленно оказать действенную медицинскую помощь пострадавшему при инциденте с опасным грузом.

Члены экипажа обязаны изучить в части, их касающейся, Правила МОПОГ и получить необходимый инструктаж, строго выполнять соответствующие требования Правил, инструкции и распоряжения капитана судна и комсостава, не появляться без надобности в местах погрузки, выгрузки и расположения опасных грузов, строго соблюдать требования техники безопасности при перевозке конкретных опасных грузов, освоить и быть готовыми к четкому выполнению возложенных на них обязанностей по аварийным тревогам.

В целях регламентации технических условий перевозки опасных грузов в Правилах МОПОГ морские суда подразделяют на две категории в соответствии с Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море 1960 г. и нормами Регистра СССР: грузовые суда — любое самоходное или несамоходное судно, специально предназначенное для перевозки грузов и имеющее на борту не более 12 пассажиров; пассажирские суда — все пассажирские, грузо-пассажирские или грузовые суда, на которых перевозится более 12 пассажиров.

На пассажирских судах запрещается перевозить опасные грузы, связанные с риском возникновения пожара большой силы, взрыва, отравления воздуха газами, с радиоактивностью или с другими внезапными инцидентами, связанными со свойствами груза и возможным воздействием на него внешних факторов, включая непроизвольные действия пассажиров, и которые могут вызвать панику или необходимость быстрой эвакуации большого числа людей с судна. Исключение составляют перевозки опасных грузов между портами и портовыми пунктами Севера и Дальнего Востока (Охотское и Камчатское побережья), где совершаются единичные рейсы (один-два) в течение всей навигации. В этих случаях при необходимости допускается перевозка опасных грузов на грузовых судах, имеющих пассажиров, и на пассажирских судах, однако при обязательном соблюдении условия полной изоляции доступа пассажиров к трюмам с опасными грузами и местам их расположения на палубе. Опасные грузы, расположенные на палубе, должны быть тщательно укрыты брезентами,ограждены леерным устройством и охраняться вахтенным матросом. Возможность перевозки на пассажирских судах в подобных рейсах, а также специальные меры безопасности устанавливает комиссия, о чем составляется акт.

В соответствии с правилом пятой главы VII Конвенции 1960 г. на судах, перевозящих опасные грузы, должен составляться подробный грузовой план с указанием на нем места расположения конкретного опасного груза, наименования и класса (категории, группы) груза, количества груза, вида тары, в которую упакован груз, массы отдельного места опасного груза. Такие указания необходимы для разработки плана противопожарной и химической защиты на судне и решения оперативных вопросов пожаротушения или обеспечения безопасности экипажа на случай инцидента с опасным грузом или другой аварии на судне. При составлении грузового плана судна, перевозящего опасные грузы, основное внимание уделяется разделению не совместимых друг с другом опасных грузов и точному соблюдению в этом отношении требований Правил МОПОГ, приложение V. При перевозке пожароопасных грузов грузовой план должен быть согласован до начала погрузки с пожарно-технической службой ВОХРа, а при перевозке ядовитых, радиоактивных, едких и других грузов, которые могут оказать вредное влияние на здоровье людей, — с санитарно-карантинным отделом порта.

Если свойства груза не требуют иного, то Правилами МОПОГ рекомендуется перевозить опасные грузы в грузовых помещениях, расположенных под палубой. Грузовым считается любое помещение на судне (трюм, твиндек, диптанк и т. п.), огражденное стальными переборками, палубами и наружной обшивкой. Термин «под палубой» означает перевозку в любом грузовом помещении, которое может быть эффективно закрыто от непогоды.

При укладке опасных грузов под палубой следует учитывать, что в рейсе может возникнуть необходимость удалить груз из грузового помещения. Кроме того, часто бывает необходимо регулярно проверять состояние опасного груза, поэтому такие грузы рекомендуется укладывать в местах, наиболее доступных для подхода к ним: в люковых пространствах твиндеков и трюмов, в местах, непосредственно прилегающих к лазам или вентиляционным трубам.

Опасные грузы, выделяющие взрывчатые, легковоспламеняющиеся, ядовитые и коррозионные газы и пары, грузят в газонепроницаемые помещения, обеспеченные интенсивной автономной вентиляцией. Такие грузы лучше всего перевозить в специально оборудованных трюмах. Особенно тщательно это требование соблюдают при перевозке опасных грузов навалом или в негерметичной таре.

Если груз требует перевозки в прохладном помещении, то необходимо помнить, что на переходе из холодной зоны в теплую таким помещением будет трюм, поскольку твиндеки более подвержены действию солнечных лучей. Еще лучше, если груз будет огражден от бортов каким-нибудь другим обычным грузом слоем толщиной не менее 1 м. При перевозке таких грузов из теплой зоны в холодную целесообразно эти грузы размещать в твиндеках, так как по мере движения в холодную зону они будут быстрее охлаждаться.

Правилами в ряде случаев предусматривается специальная укладка груза в трюмах для обеспечения свободного выхода из штабеля паров, газов и тепла, что следует обязательно выполнить, в противном

случае может возникнуть опасная ситуация — увеличение концентрации паров или газов выше допустимых пределов, создание условий для самовозгорания и т. п. Грузы, подверженные разложению, полимеризации или увеличению давления с ростом температуры, укладывают вдали от любых источников тепла (нагретые переборки, механизмы, трубы). Для защиты от действия прямой солнечной радиации эти грузы укладывают под навесами, укрытиями, закрывают брезентами.

Опасные грузы перевозят только на палубе в тех случаях, когда необходимо обеспечить постоянное наблюдение за грузом и иметь возможность доступа к нему в любое время рейса, а также тогда, когда имеется реальная и существенная опасность образования смесей взрывчатых газов и паров, очень ядовитых паров или невидимой интенсивной коррозии.

Опасные грузы на палубе укладывают только с одного борта. Палубу второго борта оставляют свободной для прохода экипажа. Опасные грузы не должны занимать более половины площади палубы. Обязательно оставляют свободные проходы к средствам пожаротушения, а также к другим палубным устройствам и механизмам. Ширина этих проходов должна быть не менее 1 м.

Грузовые места надежно закрепляют. Опасные грузы в картонной или иной таре, которая подвержена воздействию внешней среды, обязательно укрывают брезентом.

На пассажирских судах опасные грузы перевозят на палубе только в том случае, если они надежно отделены от мест нахождения пассажиров. В любом случае огнеопасные грузы нельзя укладывать на палубе ближе 7,5 м от спасательных шлюпок.

Для укладки небольших партий опасных грузов часто используют выгородки на палубе под лебедочными рострами, предназначенные обычно для размещения в них люковых крышек. Использовать эти выгородки для размещения груза можно только в том случае, если в трюме (твиндеке) нет грузов, для которых не рекомендованы объемные огнегасительные средства (углекислота, СЖБ, паротушение и т. п.). Не следует использовать эти выгородки для размещения грузов, если на судне нет объемных огнегасительных средств. Груз в выгородки укладывают после закрытия трюмов, а выгружают перед их открытием.

Во избежание инцидентов рекомендуется всегда различные опасные грузы перевозить на судне раздельно. В принципе их следует грузить в разные трюмы. Однако такой подход к решению задачи может привести к отказу от приема к перевозке ряда грузов и потере фрахта. Следовательно, с одной стороны, надо обеспечить безопасность перевозки, а с другой — максимально облегчить условия перевозки.

Условия совместной перевозки опасных грузов на судне регламентируются Правилами МОПОГ (приложение V — таблица совместимости).

В универсальных контейнерах допускается перевозка только тех опасных грузов, которые по своим свойствам или в случае поломки тары, утечки и просыпания вещества не могут опасно взаимодействовать с материалом контейнера и привести его в негодность. Опасные грузы перевозят в контейнерах только в том случае, если они упакованы в та-

ру, разрешенную Правилами МОПОГ для обычной перевозки. Перевозка в контейнерах опасных грузов в иной таре, чем это указано в Правилах МОПОГ, допускается только с особого разрешения ММФ, если грузоотправитель представит соответствующие доказательства, что такая перевозка опасна не более, чем это предписано Правилами МОПОГ.

Для перевозки опасных грузов используют прочные, чистые и исправные контейнеры, отвечающие требованиям государственного стандарта, технических условий или одобренные компетентными органами зарубежных стран. Размеры, конструкция и материал изготовления контейнеров могут быть различными в зависимости от отрасли промышленности, в которой их применяют.

Упаковки с опасными веществами внутри контейнера устанавливают и закрепляют таким образом, чтобы они не могли перемещаться ни в горизонтальном, ни в вертикальном направлении в штормовых условиях плавания. Укладка бутылей в корзинах допускается только в один ярус. Если внутри контейнера предусмотрены специальные прочные стеллажи, обеспечивающие надежность крепления упаковок в условиях морской перевозки, то бутыли можно укладывать в два ряда. Совместная укладка в один контейнер разных грузов, для которых в таблице совместимости есть хотя бы минимальное требование разделения, не допускается. Нельзя также укладывать в один контейнер любые опасные грузы вместе с радиоактивными веществами.

Внутрь каждого контейнера с опасным грузом отправитель обязан вложить заверенную подписью и печатью фактуру на погруженный груз с указанием точного наименования грузов, количества мест, массы места брутто, емкости первичной тары, класса и группы (подгруппы), к которым эти грузы относятся в соответствии с Правилами МОПОГ.

§ 22.6. Свойства, хранение и перевозка опасных грузов различных классов

К классу 1 относятся взрывчатые вещества и предметы, ими снаряженные, за исключением веществ, перечисленных в любом другом классе, способные при соответствующем воздействии на них дать взрыв. Взрывчатым считается вещество, содержащееся в специально изготовленном устройстве или без него и предназначенное для производства взрыва или пиротехнического эффекта, а также любое вещество, которое способно к взрывчатому разложению. Взрывчатая атмосфера газов, паров и пыли не считается взрывчатым веществом. К классу 1 относятся боеприпасы, взрывчатка, детонаторы, взрывчатые вещества промышленного назначения, а также различные химические соединения, находящиеся в таком состоянии (неингибированные, сухие и т. п.), что они могут взрываться при действии импульса.

Взрывчатые вещества (ВВ) в соответствии с ГОСТ 19433—74 разделены по взрывчатым свойствам на четыре подкласса. Наиболее опасными являются ВВ первого подкласса, так как они способны взрываться всей массой, т. е. взрыв охватывает почти мгновенно весь груз.

К подклассу 1.1 относятся: детонирующие и инициирующие взрывчатые вещества и предметы, ими снаряженные (боеприпасы и т. д.), пиротехнические средства, пороховые стартеры, воспламенители, детонаторы, капсюли-детонаторы и т. д. К подклассу 1.2 относятся ВВ, не способные взрываться массой (недетонирующие): боеприпасы, образцы взрывчатых веществ (кроме инициирующих) и т. д. К подклассу 1.3 относятся взрывчатые вещества, представляющие большую пожарную опасность, но не взрывающиеся всей массой, которые в силу своих свойств или характера упаковки в случае пожара загораются один за другим без взрыва либо производят незначительный взрыв или разбрасывание. К подклассу 1.4 относятся взрывчатые вещества или предметы, ими снаряженные, которые в силу своих свойств и способа упаковки не могут вызвать взрыва достаточной силы и потому называются «безопасными» взрывчатыми веществами. Упаковка может быть отнесена к группе «безопасных взрывчатых веществ», если воспламенение вещества внутри упаковки не может вызвать взрыв вещества всей массой и разбрасывание отдельных ее частей, а пламя и взрыв внутри упаковки не настолько интенсивны, чтобы вызвать воспламенение или взрыв содержимого других упаковок с взрывчатыми веществами, которые с ней соприкасаются.

Погрузку и выгрузку грузов класса 1 производят на специально выделенных причалах, удаленных от жилых и производственных строений, а также от общих мест погрузки и стоянки судов не менее чем на 250 м. Выбор места производит специальная комиссия из представителей компетентных органов.

Перегрузку взрывчатых грузов производят, как правило, по прямому варианту. Судно ставят под погрузку или выгрузку взрывчатых веществ носом к выходу из порта так, чтобы оно в любой момент могло выйти с акватории порта. Машины судна должны быть в полной готовности для немедленного выхода судна в море. В необходимых случаях наготове должно находиться буксирное судно. На носу и корме судна закрепляют буксирные тросы, огоны которых опускают на бросательном конце до воды так, чтобы подошедший буксир мог принять их без участия команды судна.

Взрывчатые грузы грузят на судно в последнюю очередь после загрузки судна другими грузами. Взрывчатые вещества, наиболее чувствительные к механическому воздействию, грузят в самую последнюю очередь, а выгружают в первую очередь. Грузовые места, во избежание смещения при качке, укладывают равномерно по всей площади трюма плотными рядами и надежно закрепляют при помощи прокладок, стоек, упоров и клиньев. Особо надежно крепят верхний ряд грузовых мест. Боеприпасы укладывают продольной осью изделия вдоль судна.

Взрывчатые грузы укладывают так, чтобы к ним всегда был свободный доступ, и как можно дальше от жилых помещений и мест постоянного нахождения людей.

Условия укладки и перевозки взрывчатых грузов на морских судах разделяют на четыре категории: обычная, магазинная, для пиротехнических средств и специальная.

При обычной укладке взрывчатых веществ выполняют общие положения, предусмотренные для укладки взрывчатых веществ на морских судах. Если взрывчатые вещества не перевозят на универсальных площадках, то их обязательно укладывают на подтоварниках.

Большинство взрывчатых веществ требует укладки в изолированном пространстве, защищенном от внешнего воздействия. Такое помещение называют магазином. Магазин представляет собой выгородку, предназначенную для защиты взрывчатых веществ от повреждения другим грузом, которая может быть закрыта в целях предотвращения доступа к содержимому посторонних лиц. Это может быть как стационарная выгородка на судне, так и утвержденная съемная конструкция, которая включает в себя контейнер одобренного типа.

Магазины бывают трех типов. Магазин типа А имеет плотную обшивку со стороны груза и плотно пригнанный настил. Магазин оборудован дверью, закрываемой на замок. Магазин типа В должен быть таким же, как магазин типа А, однако пол дополнительно защищают деревянными поддонами или двойной подстилкой. Магазин типа С устраивают так же, как и магазин типа «В», однако на расстоянии не менее 2,5 м от любого борта судна.

Специальная укладка предназначена для устройств, содержащих как взрывчатые вещества, так и химические агенты, в состав которых входят дымовые, слезоточивые и ядовитые вещества, поскольку в случае пожара или самопроизвольного горения в результате утечки содержимого выделяются густой дым, слезоточивые или ядовитые пары. Дымовые или слезоточивые взрывчатые вещества укладывают на палубе, ядовитые — в диптанк или нижний трюм. Допускается размещать этот груз под палубой, но только в стационарный или съемный магазин. Взрывчатые вещества, требующие специальной укладки, за исключением снарядов и боеприпасов, которые обычно бывают жесткой конструкции, располагают на расстоянии не менее 2,5 м от бортов судна независимо от того, находятся они в магазине или нет.

В практике перевозок взрывчатых веществ на небольшие расстояния вместо сооружения магазинов из дерева их делают, используя мешковый груз муки или неорганических продуктов. Мешки укладывают стенкой вперевязку и в образовавшееся пространство загружают груз.

Грузы класса 1 укладывают на судне так, чтобы они всегда находились отдельно от невоспламеняющихся газов, едких, коррозионных и радиоактивных веществ; через отсек от легковоспламеняющихся жидкостей, легковоспламеняющихся, самовозгорающихся и выделяющих легковоспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой веществ, окисляющих веществ и органических перекисей и были максимально удалены от упаковок с легковоспламеняющимися газами.

Отделять взрывчатые вещества от неопасных грузов, как правило, нет необходимости. Однако почту, багаж и личные вещи нельзя укладывать в одно с ними помещение, а также в помещения, расположенные над или под помещением, в котором уложены взрывчатые вещества. Эти грузы следует укладывать вдали от промежуточной переборки, отделяющей их от взрывчатых веществ. Промежуточное пространство заполняют другими неопасными грузами.

Указанные условия не относятся к «безопасным взрывчатым веществам» (подкласс 1.4).

При пожаре со взрывчатыми веществами герметизация трюмов и пенотушение неэффективны. Нельзя также применять для тушения пожара в трюмах со взрывчатым грузом пар. Если огонь еще не достиг взрывчатого груза, то можно использовать высокократную пену. Лучшим средством для тушения пожара на судне со взрывчатыми веществами является вода, и ее следует использовать немедленно при возникновении пожара в трюме со взрывчатыми веществами. Применять воду следует также при пожаре в соседнем трюме во избежание чрезмерного нагрева взрывчатых веществ.

К л а с с у 2 относятся газы, которые перевозят под давлением. По своим химическим свойствам газы делятся на следующие подклассы: 2.1 — невоспламеняющиеся и неядовитые; 2.2 — легковоспламеняющиеся и ядовитые; 2.3 — легковоспламеняющиеся; 2.4 — ядовитые; 2.5 — поддерживающие горение. По своим физическим свойствам газы делятся в каждом подклассе на пять категорий: к первой относятся сжатые газы, которые имеют критическую температуру ниже минус 10° С и в условиях перевозки находятся в газообразном состоянии; ко второй — сжиженные газы, которые имеют критическую температуру выше минус 10° С, но ниже плюс 70° С; к третьей — газы, имеющие критическую температуру выше плюс 70° С; к четвертой категории относятся газы, растворенные под давлением, к пятой — газы, которые перевозят в сжиженном виде, достигаемом при помощи низких температур, например воздух, азот.

Сжатые и сжиженные газы перевозят в специальных баллонах или цистернах из углеродистой или специальных сталей, а также в емкостях из медных или алюминиевых сплавов, рассчитанных на определенное давление и предназначенных для определенных видов газов в зависимости от расчетного давления. Переохлажденные газы перевозят в специальных металлических емкостях, изготовленных по типу сосуда Дюара, которые предотвращают нагревание газа в емкости. Газы, растворенные под давлением, перевозят в баллонах, имеющих внутри соответствующие растворители и пористый поглощающий материал. К этой группе относится ацетилен. Для каждого газа устанавливается определенная норма наполнения им баллона, которая выражается обычно в килограммах газа на один литр емкости баллона. Эта норма дифференцируется в зависимости от предполагаемого района перевозки груза (отдельно для умеренной или тропической зоны плавания). Для опознания вида газа окраску баллонов, цвет надписи и полосы устанавливают особо для каждого газа. Типы и размеры баллонов, требования по их испытанию, окраске и надписи нормируются ГОСТ 949—57 и ГОСТ 9731—61.

Баллоны со сжатыми и сжиженными газами хранят и перевозят в горизонтальном положении в штабелях высотой не более пяти рядов, с прокладками между рядами штабелей (рис. 125). В стоячем положении баллоны можно хранить и перевозить только при условии надежного их закрепления. Баллоны с газами следует защищать от действия любых источников тепла и солнечных лучей. На открытых площадках

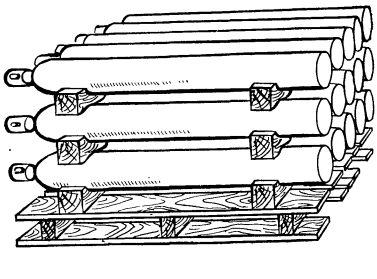
и под навесом допускается одновременное хранение не более 50 баллонов с газами с обязательным укрытием их брезентом.

Баллоны можно укладывать без прокладок, если на них надеты два резиновых или веревочных кольца толщиной не менее 25 мм. Под первым рядом баллонов укладывают прокладки толщиной 100 мм. Каждый следующий ряд баллонов укладывают в промежутках между баллонами первого ряда. Баллоны ни в коем случае нельзя укладывать днищем к днищу или же непосредственно один на другой. Ряды баллонов могут быть уложены со смещением так, чтобы фланцы были свободны. Штабель баллонов должен быть надежно закреплен при помощи найтовов. Между палубой и баллонами должны быть прокладки толщиной не менее 100 мм.

Легковоспламеняющиеся и ядовитые газы разрешается перевозить только на палубе грузовых судов. При укладке баллонов с газом в трюме или на палубе судна между бортом или другими частями судна и баллонами должны быть прокладки, предотвращающие соприкосновение баллонов с корпусом судна. На баллоны с газами нельзя укладывать другие грузы. Между легковоспламеняющимися сжатыми газами, укладываемыми на палубе, и другими опасными грузами должно быть расстояние не менее 7,5 м. Баллоны с легковоспламеняющимися сжатыми газами нельзя укладывать на палубе над трюмом, в который погружены легковоспламеняющиеся жидкости больше 1 т.

К классу 3 относятся легковоспламеняющиеся жидкости, которые разделяются на три подкласса: к первому относятся легковоспламеняющиеся жидкости, имеющие температуру вспышки в закрытом сосуде ниже минус 18° С и имеющие, как правило, вторичную опасность (например, ядовитые); ко второму — легковоспламеняющиеся жидкости, имеющие температуру вспышки в пределах минус 18 — плюс 23° С; к третьему — легковоспламеняющиеся жидкости, имеющие температуру вспышки 23—61° С. Ряд легковоспламеняющихся жидкостей является в то же время ядовитыми веществами, однако пары неядовитых легковоспламеняющихся жидкостей при длительном их вдыхании могут оказывать на человека наркотическое или удушающее действие.

Легковоспламеняющиеся жидкости перевозят в металлических бочках, баллонах, в стеклянной, металлической или пластмассовой таре, упакованной с соответствующим прокладочным материалом в деревянные ящики, бочки или обрешетки. В зависимости от подкласса и



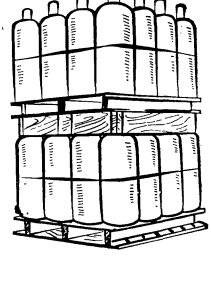


Рис. 125. Укладка баллонов с газами

свойств легковоспламеняющейся жидкости Правилами устанавливается предельная емкость тары и одного места груза [18].

Легковоспламеняющиеся жидкости могут перевозиться в съемных цистернах. При наполнении жидкости в емкости должно быть оставлено свободное пространство, которое определяется по формуле

$$A = \alpha\,(t_{max} - t_{зап})\,100\%, \qquad (340)$$

где α — коэффициент объемного расширения жидкости;
t_{max} — максимально возможная температура в рейсе, которая принимается равной 45° С при перевозке в умеренной зоне и 65° С при перевозке в тропической зоне;
$t_{зап}$ — температура жидкости в момент заполнения.

Легковоспламеняющиеся жидкости (класс 3) размещают в трюмы, не смежные с МО или жилыми помещениями. Если необходимо загрузить легковоспламеняющиеся жидкости в трюм, смежный с МКО, то переборки должны быть теплоизолированы так, чтобы со стороны трюма температура переборки не превышала 50° С [18]. Помещения, где уложены легковоспламеняющиеся жидкости, должны быть оборудованы средствами эффективной вентиляции. Вентиляционные отверстия должны быть закрыты огнегасительными сетками. Запрещается применение открытого огня в трюме и на расстоянии ближе 100 м от места погрузки легковоспламеняющихся жидкостей. Судно должно иметь соответствующее противопожарное оборудование. Пассажирам не разрешается находиться на той части палубы, которая расположена над трюмом, в котором уложены легковоспламеняющиеся вещества. Вход в трюм, загруженный легковоспламеняющимися жидкостями, запрещается до тех пор, пока не будет уверенности в отсутствии взрывчатых смесей в нем. В крайнем случае лица, входящие в трюм с легковоспламеняющимися жидкостями, должны носить индивидуальные дыхательные аппараты и соблюдать все меры противопожарной безопасности.

К л а с с 4, в который входят различные твердые вещества, опасные в пожарном отношении, разделяется на три подкласса.

В подкласс 4.1 включены легковоспламеняющиеся твердые вещества, обладающие общим свойством легко воспламеняться от внешних источников огня, таких, как искры и пламя, и легко гореть.

Подкласс 4.2 включает в себя вещества, которые подвержены самопроизвольному нагреванию при нормальных условиях транспортировки или нагреваются при контакте с воздухом и самовоспламеняются.

К подклассу 4.3 относятся вещества, которые при соприкосновении с водой выделяют легковоспламеняющиеся газы. Некоторые из этих веществ легко воспламеняются на воздухе или при нагревании от внешних источников огня.

Вещества класса 4 упаковывают в металлические барабаны емкостью до 250 л, деревянные, фанерные или фибровые барабаны массой брутто до 160 кг, в стеклянные или керамические сосуды емкостью до 500 г, уложенные в деревянные, фанерные или фибровые ящики массой до 100 — 125 кг, в пластмассовую или металлическую мелкую тару, упакованную в деревянные или фанерные ящики.

Ряд веществ допускается перевозить в бумажных мешках, имеющих водонепроницаемый слой и, как правило, уложенных в джутовый мешок или ящик, деревянную бочку или барабан.

Твердые легковоспламеняющиеся и самовозгорающиеся вещества хранят в отдалении от других грузов не менее чем на 5 м. Вещества, воспламеняющиеся от действия воды, следует хранить отдельно от любых легковоспламеняющихся грузов и только в закрытых сухих помещениях, исключающих подмочку груза.

Вещества класса 4 хранят и перевозят в прохладном помещении вдали от любых источников тепла, искр и пламени. Вещества класса 4, выделяющие пары, газы или пыль, размещают в трюмах, удаленных от жилых помещений и обеспеченных интенсивной вентиляцией.

Класс 5 делится на два подкласса: 5.1 — окисляющие вещества, 5.2 — органические перекиси. Все окисляющие вещества способствуют воспламенению горючих веществ и во время пожара, выделяя кислород, значительно усиливают пожар. Горючие материалы при смешении со многими из окисляющих веществ становятся легковоспламеняющимися от трения и удара. В некоторых случаях такие смеси обладают ярко выраженными свойствами взрывчатого вещества, некоторые окисляющие вещества обладают ядовитыми свойствами и выделяют ядовитые пары при горении.

Вещества подкласса 5.1 допускаются к перевозке в металлических барабанах массой брутто до 400 кг, деревянных бочках до 300 кг, фанерных или фибровых барабанах до 180 кг, выстланных внутри водонепроницаемым материалом; в стеклянных сосудах вместимостью до 3 кг, упакованных в деревянный ящик массой брутто до 75 кг; в пластмассовых сосудах или мешках, упакованных в деревянные ящики массой брутто до 75 кг. Некоторые из этих веществ допускаются к перевозке в новых водонепроницаемых мешках массой не более 50 кг.

К подклассу 5.2 относятся органические перекиси, которые при определенных условиях могут становиться взрывчатыми веществами и опасно реагируют с многочисленными другими химикатами. Большинство из них быстро загорается и чувствительно к теплу, удару и трению, некоторые имеют низкую температуру вспышки, при нормальных условиях медленно разлагаются, при повышении температуры разложение усиливается и в определенный момент происходит взрыв. Такие вещества перевозят только в ингибированном виде, о чем грузоотправитель обязан уведомить перевозчика. При добавлении в достаточных количествах ингибиторов, пластификаторов или инертных твердых материалов органические перекиси могут стать неопасными.

Органические перекиси должны быть упакованы в эффективно закрытую тару, материал которой не вступает в опасную реакцию с содержимым. При наполнении емкости жидкими органическими перекисями должно быть оставлено свободное пространство не менее 7%, отнесенных к 15° С. Органические перекиси упаковывают в полиэтиленовые мешки, уложенные в инертные металлические банки массой брутто до 10 кг и упакованные затем в деревянные ящики массой до 90 кг, в инертные металлические бочки или барабаны массой до 50 кг. Применяют также стеклянные, керамические или пластмассовые бутыли

емкостью до 10 л, упакованные в деревянные ящики массой брутто до 115 кг.

В случае пожара применяют рекомендуемые Правилами [18] огнегасительные средства. Закрытие трюмов и применение углекислого газа эффекта не дают. Поэтому в некоторых случаях целесообразно затопить помещение, в котором окисляющие вещества горят. Органические перекиси во время пожара могут взрываться, поэтому тушение пожара производят с максимально возможной дистанции. В опасной зоне люди не должны находиться.

Перед погрузкой окисляющих веществ трюмы должны быть тщательным образом очищены от любых горючих материалов. После выгрузки окисляющих веществ необходимо удалить остатки или россыпь груза. Условия перевозки окисляющих веществ зависят от их свойств и указаны в Правилах.

К подклассу 6.1 относятся различные твердые и жидкие ядовитые вещества, которые являются токсичными при попадании внутрь через кожу или при вдыхании. Ядовитые вещества перевозят в стеклянных или пластмассовых сосудах емкостью не более 15 л, упакованных в деревянные ящики массой брутто до 75 кг, либо емкостью 5 л, упакованных в фанерные ящики массой до 30 кг; в металлических бочках емкостью до 225 или 450 л, фибровых или фанерных барабанах массой до 200 кг, в бумажных или полиэтиленовых мешках емкостью до 5 кг, упакованных в деревянные ящики массой брутто до 75 кг или фанерные ящики до 40 кг.

Ядовитые вещества нельзя хранить или перевозить в одном помещении с серной и азотной кислотами, продовольственными, хлебофуражными, химико-фармацевтическими и парфюмерно-косметическими грузами и прочими предметами домашнего обихода, одеждой, посудой.

Помещения или места, где расположены ядовитые вещества, должны быть недоступны пассажирам и лицам, не связанным с обработкой грузов. Необходимо предотвратить возможность проникновения ядовитых паров или газов в жилые и служебные помещения судна. При перевозке ядовитых веществ на судне должны быть комплекты защитной одежды и индивидуальных дыхательных аппаратов.

К радиоактивным веществам к л а с с а 7 относятся любые радиоактивные вещества или предметы, имеющие удельную активность 0,002 микрокюри на грамм. Радиоактивные вещества перевозят в специальных упаковках, которые делятся на три типа: А, В (и) и В (м). Количество радиоактивного вещества в упаковках каждого типа ограничивается Правилами МАГАТЭ (Международного агентства по атомной энергии), МКМПОГ и Правилами МОПОГ. В зависимости от мощности дозы излучения на поверхности (см. § 6.7) упаковки с радиоактивными веществами делят на три транспортные категории (табл. 41), каждая из них имеет свой ярлык опасности, на котором число красных полос указывает номер категории.

Радиоактивные вещества можно перевозить в универсальных контейнерах, если это допускается в отношении обычных контейнерных перевозок. На универсальные контейнеры распространяются те же

Таблица 41

Категория упаковки	Мощность дозы излучения, мР/ч	
	на поверхности упаковки	на расстоянии 1 м от поверхности (транспортный индекс)
I — белая	0,5	Не учитывается
II — желтая	50,0	1,0
III — желтая	200,0	10,0

требования, что и на обычные упаковки. Транспортная категория контейнера устанавливается по измеренной дозе излучения на наружной поверхности и на расстоянии 1 м от него так же, как и для обычной упаковки. Независимо от того, какие упаковки уложены в контейнер, мощность дозы излучения не должна превышать величин, установленных для упаковок III транспортной категории.

В морских портах, в которых постоянно перерабатываются радиоактивные грузы, выделяют специальные склады или отсеки складов для временного хранения таких грузов. Небольшие количества грузов класса 7 временно можно хранить в общих грузовых складах. Мощность дозы излучения на наружных поверхностях складов или помещений не должна превышать 200 мР/ч, а на расстоянии 2 м от стен — 10 мР/ч. Мощность излучения в ближайших зданиях и на территории, не принадлежащей порту, не должна превышать фона, присущего данной местности, более чем на 0,01 мР/ч.

Обычные радиоактивные грузы (упаковки I, II и III транспортных категорий) можно перевозить на грузовых и пассажирских судах совместно с другими неопасными грузами. На пассажирских судах нельзя перевозить делящиеся вещества, мощные радиоактивные источники, пирофорные и взрывчатые радиоактивные вещества.

Количество упаковок I транспортной категории (белый ярлык), перевозимых на одном судне, не ограничивается. Количество упаковок II и III транспортных категорий на судне ограничивается так, чтобы сумма транспортных индексов всех партий груза не превышала 200 на все судно. При этом каждая партия радиоактивного груза не должна иметь сумму транспортных индексов более 50 и отделяться при перевозке, хранении и перегрузке от других партий радиоактивных веществ расстоянием не менее 6 м в любой момент времени. В тех случаях, когда пользуются только понятием транспортной категории упаковок (без

Таблица 42

Предельное количество радиоактивных веществ	Сумма транспортных индексов	Предельное число упаковок для транспортных категорий	
		II	III
Отдельная партия	50	50	5
На все судно	200	200	20

указания транспортных индексов), максимальное количество упаковок с радиоактивными веществами определяется в соответствии с данными табл. 42.

Если нет особых указаний компетентных органов или особо не предписано Правилами МОПОГ, радиоактивные грузы можно перевозить как на палубе, так и в трюмах любых судов. Особым условием при перевозке радиоактивных веществ является отделение этих веществ от мест пребывания людей, а также от грузов с непроявленными кино- и фотопленками и почты соответствующими безопасными расстояниями.

В Международном кодексе морской перевозки опасных грузов приняты следующие расчетные формулы безопасных расстояний:

для людей (принятая мощность дозы облучения 0,75 мР/ч)

$$D_{л} = 1{,}8\, N^{0{,}5}\, m^{-0{,}45}; \tag{341}$$

для непроявленных фото- и кинопленок и пластинок

$$D_{п} = 2{,}38\, (Nt)^{0{,}5}\, m^{-0{,}45}, \tag{342}$$

где $D_{л}$ — расстояние от внешней поверхности упаковок с радиоактивными веществами до мест постоянного пребывания людей, м;

$D_{п}$ — то же, до поверхности упаковок с непроявленными фото- и кинопленками и пластинками, м;

N — сумма транспортных индексов отправки радиоактивных грузов, мР/ч.

t — время перевозки, сут;

m — величина ослабления излучения.

Величину ослабления излучения можно рассчитать по формуле

$$m = 2^{(n+k)}, \tag{343}$$

где n — число слоев половинного ослабления;

k — показатель, учитывающий ослабление излучения переборкой или палубой судна; каждая переборка или палуба дает ослабление 0,75.

Для узкого пучка число слоев половинного ослабления принимается равным

$$n = \frac{s}{0{,}218u}, \tag{344}$$

где s — толщина слоя экранирующего груза, м;

u — удельный погрузочный объем экранирующего груза, м³/т.

Таким образом, в развернутом виде формула безопасных расстояний для людей запишется так:

$$D_{л} = 1{,}8N^{0{,}5} \cdot 1{,}366^{-\left(\frac{s}{0{,}218u}+k\right)}. \tag{345}$$

Приведенные выше формулы основаны на исследованиях английских ученых Гейла и Чисхолма. Эти формулы были уточнены и приведены в законченную форму Аспинэллом и Вильсоном (Англия), Кагнетти и Сюзанна (Италия) и Л. П. Андроновым (СССР) и предложены Подкомитету ИМКО. На основе указанных формул автором были разработаны номограммы для расчета безопасных расстояний (рис. 126), при помощи которых определяют минимальные расстояния от упаковок с радиоактивными веществами до мест постоянного пребывания людей или упаковок с непроявленными фото- и кинопленками и пластинками в зависимости от наличия экранирующих переборок, палуб и грузов. Ниже приводятся примеры пользования номограммами.

А — без экранирующего груза и переборок

Для людей — на шкале N — $D_л$ найти значение суммы транспортных индексов N и против этого значения прочитать значение безопасного расстояния $D_л$, например $N = 100$, $D_л = 14$.

Для пленок — на шкале t найти продолжительность рейса, а на шкале N — сумму транспортных индексов. Соединить эти точки прямой и на шкале $D_п$ прочитать значение разделительного расстояния, например (см. рис. 126) $t = 4$, $N = 200$, $D_п = 52$.

Б — с экранирующим грузом

Прежде всего необходимо найти ослабленную мощность дозы радиации N. Это делается одинаково как для людей, так и для пленок, для чего через значение толщины слоя экранирующего груза (шкала s) и значение погрузочного объема (шкала u) проводится прямая до оси n — $m^{0,45}$. От найденной точки через значение суммы транспортных индексов (шкала N') провести прямую до шкалы N и на шкале $D_л$ против полученного значения N прочитать величину безопасного расстояния для людей. Соединив полученную точку N со значением t, на шкале $D_п$ прочитать значение разделительного расстояния для пленок.

Например, $s = 0{,}5$ м; $u = 2{,}4$ м³/т; $N = 50$ мР/ч. При одной переборке $D_л = 2{,}8$ м.

При пользовании указанными номограммами, если толщина груза не превышает 2,5 м, следует использовать левую шкалу s и левую шкалу u. Если же $s = 2{,}5 \div 7{,}5$ м, следует использовать правые шкалы s и u. В случае, если толщина груза превышает 7,5 м, величины s и u следует разделить на 10 и использовать соответствующие шкалы s и u без каких-либо дополнительных преобразований.

Если нет промежуточной переборки, следует использовать нижние линии u. Если есть две промежуточные переборки — использовать верхние линии u. Для одной переборки следует использовать средние линии u.

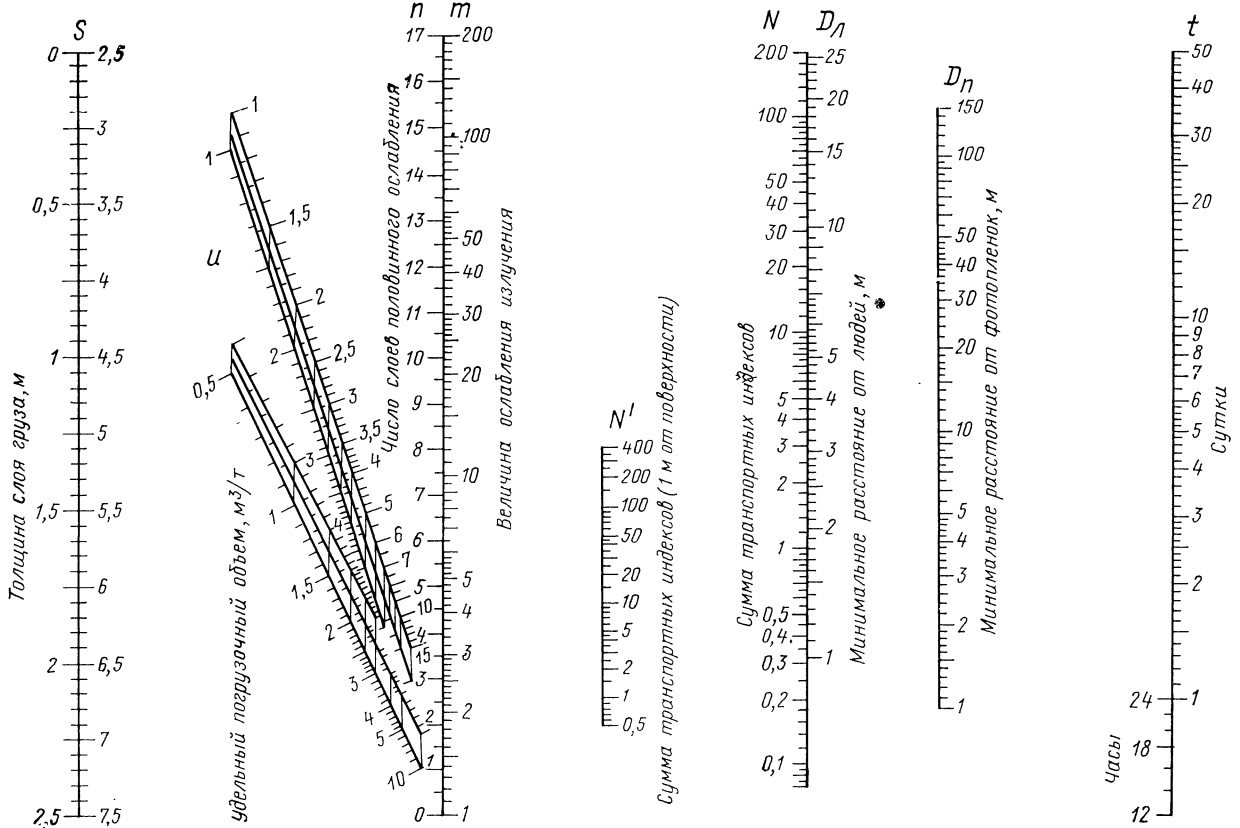


Рис. 126. Номограмма для расчета безопасных расстояний от упаковок с радиоактивными веществами на морских судах

На номограммах можно решать также обратные задачи, т. е. находить по заданным N, t и D толщину слоя или погрузочный объем груза. Для этого сначала находят требуемое значение m (или n) по заданным значениям N, t и D, а затем по известной s находят u, или наоборот. Построение выполняется в обратном порядке.

К классу 8 относятся едкие вещества, которые разъедают металлы, могут разъедать кожу, слизистые оболочки и дыхательные пути. К числу едких веществ относятся различные кислоты, твердые и жидкие, их растворы, растворы некоторых солей, органические и неорганические хлориды и бромиды, хлоросиланы, галогены, соединения фтора, щелочи.

Наиболее употребительной упаковкой едких веществ являются стеклянные, керамические или пластмассовые сосуды емкостью не более 5 кг или 5 л, упакованные в фанерные ящики массой брутто до 40 кг, деревянные ящики до 90, деревянные бочки до 180, металлические бочки до 225 кг; стеклянные или керамические бутыли, упакованные в деревянные ящики или обрешетки, фанерные или металлические барабаны, металлические, бамбуковые или ивовые корзины с максимальной вместимостью до 30 — 40 млм 60 л в зависимости от свойства вещества, металлические барабаны емкостью до 45, 225 или 450 л.

Твердые вещества этого класса перевозят в полиэтиленовых или бумажных мешках, упакованных в деревянные, фанерные или фибровые ящики и барабаны или в металлические барабаны, предельная масса которых такая же, как и при перевозке веществ в стеклянных сосудах.

Перевозка едких веществ в бутылях, упакованных в плетеные корзины, допускается только на палубе, причем на пассажирских судах в местах, не доступных для пассажиров. Едкие вещества, обладающие сильным коррозионным действием на металлы, а также обладающие сильными ядовитыми свойствами, такие, как смеси крепких кислот, слезоточивые вещества, бром, фтористый бром, фтористый хлор, хлоросиланы и ряд других веществ, допускается перевозить только на палубе грузовых судов. Щелочи и твердые кислоты, а также менее опасные едкие вещества разрешается перевозить на палубе и в трюмах грузовых и грузо-пассажирских судов.

Бутыли с едкими веществами (кислотами и щелочами) нужно устанавливать группами не более 100 шт. В каждом ряду должно быть не более 4 шт. Проходы между группами — 1 м. При размещении в одном складе жидких щелочей и кислот, допускающих совместное хранение, расстояние от кислот до щелочей должно быть не менее 5 м.

К классу 9 относятся различные опасные вещества, которые, как показывает или может показать опыт, имеют такой опасный характер, что необходимо применить к ним положения, изложенные в Правилах перевозки опасных грузов морем. К этому классу относятся, например, различные инсектициды, которые не могут быть включены в класс 6, так как их токсичность для человека невелика, или горючие жидкости с температурой вспышки более 61°С, которые не включены в класс 3. Прочие опасные вещества (класс 9) перевозят на всех судах.

Глава 23

ПЕРЕВОЗКА ГРУЗОВ УКРУПНЕННЫМИ ГРУЗОВЫМИ ЕДИНИЦАМИ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

§ 23.1. Перевозка грузов в пакетах

Начавшийся в 40-х годах нашего столетия процесс укрупнения грузовых мест в настоящее время постоянно совершенствуется. Грузовой единицей называют любое грузовое место или отдельное наземное транспортное средство, которое может перевозиться, перегружаться и храниться как одно целое. Это может быть отдельный ящик, кипа, мешок, связка изделий, отдельное неупакованное изделие либо пакет, контейнер, трейлер, вагон, специальная баржа, которые перевозят морским транспортом. Пакет, специальный или универсальный грузовой контейнер, контейнер-трейлер, трейлер, баржа относятся к укрупненным грузовым единицам. В СССР в начале пятилетки контейнерными перевозками охватывалось более 30 млн. т грузов в год, пакетными — около 50 млн. т. К 1975 г. объем таких перевозок должен удвоиться.

Пакетный способ хранения и перевозки мелкоштучных грузов нашел широкое применение. Обычно пакеты формируют на поддонах или скрепляют лентами, тросами, веревками. Теоретически считается, что на поддоны можно уложить грузы любой формы. Однако некоторые виды тары затрудняют или делают невозможной укладку грузов в пакеты. Способы формирования пакетов на поддонах разнообразны и зависят от размеров и формы мест груза. Наиболее типичные способы укладки ящичных грузов в пакеты показаны на рис. 127. При формировании пакета необходимо обеспечить его устойчивость. Размеры пакета должны соответствовать размерам поддона. Крайние места груза не должны выступать за кромку поддона более чем на 50 мм. Незагруженные кромки поддона должны быть минимальны по размерам. Высота пакета зависит от удельного объема груза, размеров поддона, плотности сцепления отдельных мест между собой и, в соответствии с требованиями техники безопасности, не должна превышать 1,8 м.

На морском транспорте наибольшее применение получили деревянные поддоны размерами 1600 × 1200 × 180 мм, на которых формируются пакеты массой брутто до 1,5 т. Масса самого поддона 70 — 80 кг. На железнодорожном транспорте более удобным считается поддон размерами 1200 × 800 × 150 мм, масса которого 23 — 25 кг. Технический комитет Международной организации по стандартизации (ИСО) установил размеры поддонов для международных перевозок штучных грузов 1200 × 1600 и 1200 × 1800 мм. Эти поддоны рассчитаны на пакеты массой до 2 т и должны выдерживать нагрузку 8 тс.

Применение деревянных поддонов для пакетирования грузов способствует обеспечению сохранности грузов за счет уменьшения числа перемещений отдельных мест и сокращения возможной площади механического повреждения груза. Поддоны являются своеобразными воздуховодами, обеспечивающими более интенсивный тепломассооб-

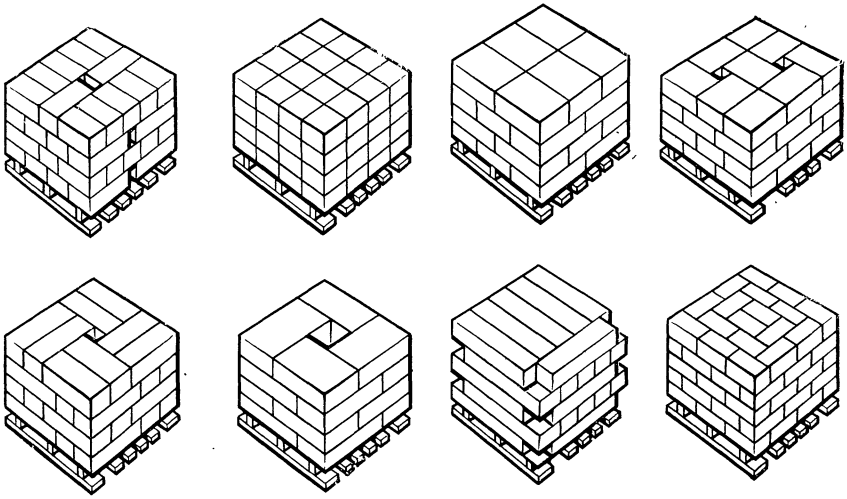


Рис. 127. Типичные образцы формирования пакетов

мен груза с окружающей средой, что также способствует сохранению грузом его кондиционных качеств.

В процессе перевозки, особенно во время шторма, форма пакета может измениться. Подвижка отдельных мест в пакете нарушает его целостность, что приводит к самораспределению пакета и грозит повреждением груза. Нарушение формы пакета вызывает необходимость в дополнительных ручных операциях в трюме судна по формированию пакетов, что сводит на нет смысл пакетной перевозки грузов. Все это требует скрепления груза в пакете, особенно при перевозках на дальние расстояния. Для этой цели применяют различные способы: прокладка бумаги между слоями мешков; склеивание мест между собой, заключение пакета в пластмассовую пленку, бумажную оболочку или деревянную раму; обвязка пакета стальными, бумажными, парусиновыми лентами, тросами, проволокой или сетчатыми стропами. Способы обвязки пакетов зависят от вида груза и способа его укладки в пакете. Имеют применение также специальные рамы, бруски, прокладки.

Грузы (толь, рубероид, сахар-рафинад, грузы в картонной упаковке), которые при укладке на большую высоту подвержены механическому повреждению и порче, пакетируют на поддонах с боковыми стенками (стоечные и ящичные поддоны). Стоечные поддоны имеют по углам и сторонам стойки, обычно скрепленные горизонтальными планками. Некоторые грузы можно пакетировать без поддонов, применяя специальную обвязку пакетов или соответствующий способ их формирования. Металлические строп-контейнеры и обвязки применяют для пакетирования лесных грузов. Мягкие строп-контейнеры можно использовать для пакетирования мешковых и киповых грузов.

При расчете количества мест и определении оптимального варианта расположения мест в пакете применяют формулы, приведенные выше для расчетов с различными грузами. По формулам (24) определяют ко-

личество мест в ряду на поддоне $N_р$. Исходя из максимально возможной массы пакета брутто и учитывая другие факторы, определяют количество рядов груза по высоте n_h, общее количество мест в пакете N и общую массу пакета $Q_п$ по формулам:

$$\left.\begin{aligned} n_h &\leqslant \frac{Q_{max} - q_п}{N_р\, q_м}; \\ N = N_р\, n_h &\leqslant \frac{Q_{max} - q_п}{q_м}; \\ Q_п &= N q_м + q_п, \end{aligned}\right\} \qquad (346)$$

где $q_м$ — масса места брутто, кг;

$q_п$ — масса поддона, кг.

Е. Н. Сыч предложил для определения оптимального способа размещения грузовых мест на поддоне использовать метод оптимального раскроя, сущность которого заключается в следующем. На листе бумаги вычерчивают в масштабе план поддона (рис. 128), на кромках которого в том же масштабе наносят модули размеров места (длину и ширину) начиная от противоположных углов. Затем отыскивают такие сочетания числа мест, уложенных вдоль и поперек пакета, при которых имеются минимальные зазоры между местами, уложенными разным способом. На примере, приведенном на рис. 128, по длине поддона укладывается без потерь три места вдоль и три места поперек, по ширине — два вдоль и два поперек. В центре пакета укладывается еще одно место, а всего 25 мест. Если уложить грузовые места только вдоль, то получим $4 \times 5 = 20$ и дополнительно поперек еще 3 места, всего 23. Если уложить места только поперек, получим $8 \times 3 = 24$, т. е. меньше места, чем при оптимальном распределении.

Пакетные перевозки грузов характеризуются рядом положительных и отрицательных сторон. Пакетные перевозки позволяют значительно сократить время под грузовыми операциями, способствуют сохранности перевозимого груза, но приводят к уменьшению использования грузоподъемности судна. При перевозке грузов в пакетах особое внимание уделяют плотной укладке груза в пакете и плотной укладке пакетов в

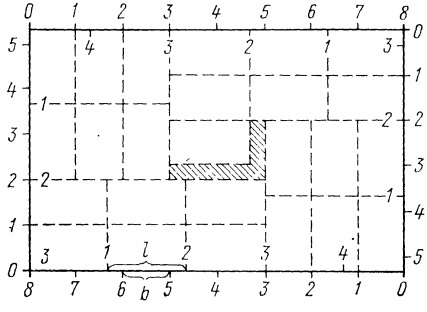


Рис. 128. Схема оптимизации размещения грузов на поддонах

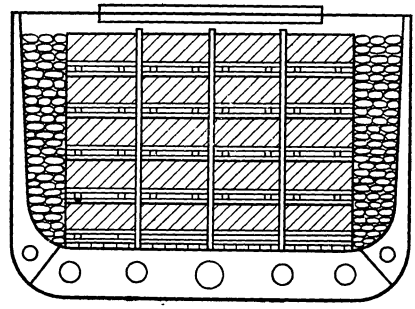


Рис. 129. Укладка пакетов в трюме с заполнением пространств штучным грузом

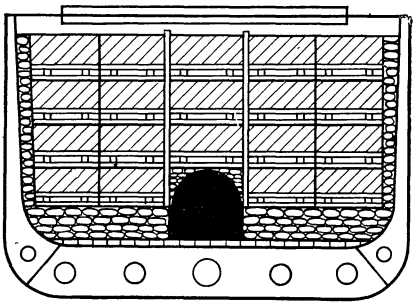


Рис. 130. Размещение пакетов в трюме с туннелем гребного вала

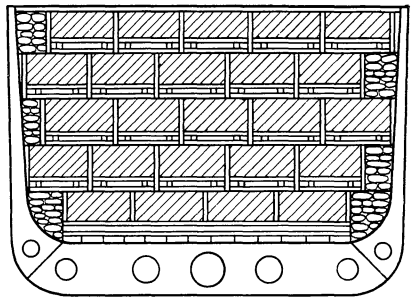


Рис. 131. Укладка пакетов «вперевязку»

трюмах. Для достижения наибольшей эффективности пакетных перевозок необходимо заранее разрабатывать план размещения и укладки пакетов с определенным грузом в грузовых помещениях судов. Для ряда грузов и судов разработаны типовые схемы размещения и укладки пакетных грузов.

Плотная укладка пакетов особенно должна быть соблюдена в поперечном направлении, так как необходимо обеспечить устойчивость штабеля пакетов в первую очередь при бортовой качке. В носовых и кормовых трюмах между штабелем пакетного груза и бортом неизбежно остаются промежутки, наличие которых может привести к разваливанию штабеля.

В зависимости от продолжительности и гидрометеорологических условий плавания задача решается разными способами. При хорошей погоде и непродолжительном рейсе в трюмах на допустимую высоту пакеты устанавливают только по площади пайола. В скуловой части трюма пространство между пакетами и бортом заполняют мешковым грузом, образующим так называемую подушку, на которую укладывают пакеты второго яруса.

Для достижения большей устойчивости груза и более полного использования грузоподъемности судна в рейсах с большой продолжительностью ходового времени применяют комбинированный способ загрузки. Свободные пространства между пакетами и конструктивными элементами трюма заполняют тем же или другим подходящим штучным грузом. Для предотвращения смещения пакетов между ними устанавливают вертикальные прокладки из брусьев или досок (рис. 129).

Схема укладки пакетов в трюме зависит также от применяемой механизации. В пространстве люка площадью 4,5 × 5 м пакеты укладывают на расстоянии 8 — 10 см друг от друга. Это позволяет легко заводить траверсы подвески для выгрузки пакетов в порту назначения при помощи кранов. Освободившееся пространство необходимо для работы в трюме автопогрузчика.

Если пакеты выгружают вилочным захватом, то часть люка шириной в размер пакета заполняется беспакетным способом, а пакеты укладывают плотно друг к другу. В трюмах, имеющих туннель гребного ва-

ла, необходимо сначала выложить подушку из обычного груза (рис. 130) на высоту, обеспечивающую нормальное размещение пакетов, а затем уже укладывать пакеты. Для большей устойчивости пакетного груза в трюме в пространстве между люком и переборками целесообразно укладывать пакеты «вперевязку» (рис. 131).

Перевозка грузов в пакетах регламентируется ГОСТ 15901 — 70. В последнее время в практике морских перевозок появились поддоны-платформы размерами 6,1 × 2,44 и 12,2 × 2,44 м, на которых укладывают грузы в обычной упаковке или пакеты нормальных размеров. Крепление груза на поддоне-платформе осуществляют разными способами — лентами, усадочной пленкой, стойками с горизонтальными планками или без них. Наибольшая эффективность перевозки грузов на поддонах-платформах достигается при использовании специализированных судов с трюмами ячеистого типа — контейнеровозов, трейлеровозов, автомобильно-пассажирских паромов.

§ 23.2. Перевозка грузов в контейнерах

Контейнеры являются многооборотной тарой повышенной емкости. Различают контейнеры универсальные и специальные. Наибольшее распространение получают универсальные контейнеры (рис. 132), рекомендованные Международной организацией по стандартизации (ИСО). Размеры стандартных большегрузных контейнеров: ширина — 2,44, высота — 2,59, длина — 3,05; 6,1; 9,15; 12,2 м. Из них наиболее перспективными являются «двадцатифутовые» с длиной 6,1 м и «сорокафутовые» с длиной 12,2 м. Полезный объем контейнера (грузовместимость) колеблется в пределах 9 — 60 м³, грузоподъемность — 5 — 30 т. Универсальные контейнеры должны отвечать требованиям ГОСТ 11693 — 66 и ГОСТ 15102 — 69. Коэффициент тары контейнера колеблется в пределах 0,25 — 0,35. Универсальные контейнеры изготовляют из дерева или металла. В них можно перевозить любые грузы, не обладающие запахами, не выделяющие вредные испарения, жидкости, пыль, т. е. грузы, после перевозки которых контейнер может быть использован для перевозки других грузов. В зависимости от рода перевозимого груза коэффициент использования грузоподъемности кон-

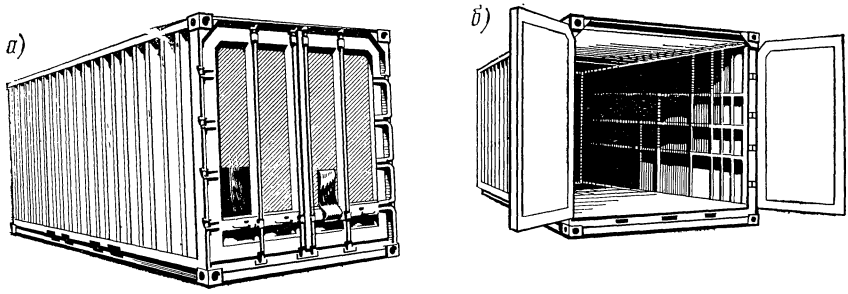


Рис. 132. Универсальный стальной контейнер:
а — в закрытом виде; *б* — в открытом виде

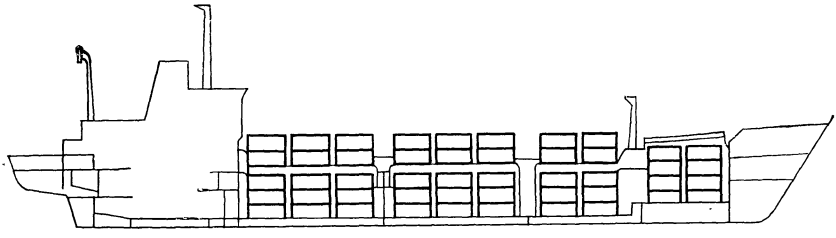


Рис. 133. Схема расположения контейнеров

тейнера без учета массы тары составляет 0,13 — 1,04, с учетом массы самого контейнера — 0,32 — 1,01.

При загрузке контейнеров необходимо соблюдать следующие общие правила: более тяжелые грузы укладывать снизу, а легкие — сверху; нагрузка должна быть равномерно распределена по всему полу контейнера; груз укладывать как можно более плотно, заполняя свободные пространства мелкими грузовыми местами или наполняющим материалом. Загрузка контейнера с использованием 80% его внутреннего объема считается вполне удовлетворительной. Наиболее полное использование грузовместимости контейнера достигается соответствующим подбором размеров грузовых мест и применением методов оптимального планирования размещения груза (см. § 23.1). Обязательно следует учитывать удобство погрузки и выгрузки груза.

Между верхним рядом груза и крышей контейнера оставляют свободное пространство для обеспечения возможности работы вилочного автопогрузчика. Для предотвращения смещения груза при перевозке и трения грузовых мест применяют различные уплотняющие набивки— деревянные клинья и прокладки, бумагу, картон, ветошь. Очень удобны надувные резиновые и полиэтиленовые подушки, которые закладывают между отдельными грузовыми местами и между грузом и стенками контейнера. Крепежный материал должен быть сухим и чистым. Мешковые и киповые грузы следует укладывать на поддоны, решетки или, в крайнем случае, на какой-либо упаковочный материал.

К специальным относятся контейнеры для перевозки сыпучих материалов, жидкостей, радиоактивных веществ, скоропортящихся продуктов. Эти контейнеры изготовляют из специальных материалов, и предназначены они для перевозки однородного груза. Контейнеры для сыпучих и порошкообразных материалов изготовляют из металла, пластмассы и резины. Конструкция таких контейнеров должна предотвращать просыпание материала и иметь специальные люки для загрузки и разгрузки. Для морских перевозок сыпучих грузов большой интерес представляют мягкие резино-кордные контейнеры (марок МК-1-1,5; МК-1-2,5; МК-1-3 и др.), выпускаемые В/О «Союзхимтара». Для жидких грузов применяют металлические контейнеры-цистерны разной формы и эластичные контейнеры из синтетических материалов. Эластичные контейнеры имеют малую собственную массу и объем, удобны для транспортировки в обратном направлении, но требуют осторожного обращения при перегрузочных операциях. Рефрижератор-

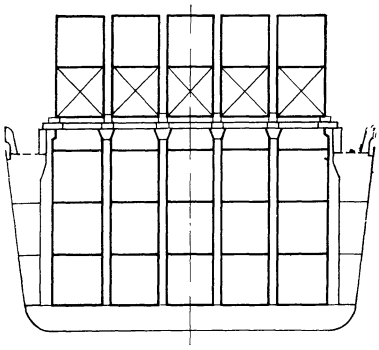


Рис. 134. Крепление контейнеров, установленных на палубе

ные контейнеры разделяются на два типа — с автономной или централизованной системой охлаждения.

Для перевозки на морских судах контейнеры должны удовлетворять следующим условиям: иметь минимальную собственную массу (изготовляться из легких сплавов и пластмасс), обеспечивать сохранность груза; иметь плоские крыши и опоры в виде балок или ножек для удобства захвата вилочным погрузчиком, автоматическим или полуавтоматическим захватом или застропки; обладать прочностью, обеспечивающей их укладку не менее чем в три ряда. Целесообразно делать контейнеры разборными и складными, что упростит и удешевит перевозку порожних контейнеров.

Контейнеры в порту складируют в один или два ряда на подкладках либо без подкладок, если позволяет основание площадки. При большом количестве контейнеров можно вести их укладку в несколько рядов, разделяя ряды прокладками.

При перевозке контейнеров на специальных судах-контейнеровозах каждый контейнер устанавливают на свое штатное место или в ячейку (рис. 133), что обычно не требует дополнительного крепления. Контейнеры, установленные на палубе, крепят при помощи специальных найтовов (рис. 134). Как правило, на палубе устанавливают один или два ряда контейнеров. При перевозке контейнеров на обычных судах используют часть трюма, где можно установить контейнеры на ровную поверхность и только при помощи кранов.

§ 23.3. Перевозка грузов вместе с транспортными средствами

Возникновение перевозок грузов вместе с наземными транспортными средствами является дальнейшим этапом развития и совершенствования технологии перевозки грузов морем. Первая железнодорожная паромная переправа появилась еще в прошлом веке в России, основное назначение — преодоление водных преград (рек, проливов, заливов) с целью сокращения дальности железнодорожных перевозок и обеспечения бесперевалочной перевозки грузов.

Использование морских судов с горизонтальной погрузкой и выгрузкой (Roll on-roll of) для перевозки груженых автомобилей и трейлеров оказывается более выгодным даже на дальние расстояния (более 200 миль) по сравнению с обычными автомобильными перевозками. При этом упрощается проблема использования водителей, так как в период морской перевозки автомобиль может сопровождаться одним водителем либо перевозиться без сопровождения, что дает значительный экономический эффект. Еще больший эффект дают контейнерно-трейлерные перевозки на трейлеровозах. Расходы по транспортировке

грузов в этом случае могут снижаться почти в 2 раза по сравнению с обычным способом перевозки.

В последние годы развернуто строительство судов-трейлеровозов, которые имеют особую конструкцию в связи с изменением метода погрузки и выгрузки. Трейлеровоз разделен не на отсеки, как обычное судно, а на грузовые палубы, которые могут простираться больше чем на половину длины судна. Грузовые и легковые автомобили въезжают по аппарельному устройству на главную палубу своим ходом. Трейлеры, контейнеры и поддоны-платформы перегружаются специальными тягачами или автопогрузчиками. Для перемещения грузовых единиц с одной палубы на другую обычно устанавливают тельферы. Судно может иметь также обычные грузовые помещения — трюмы — для перевозки грузов в обычной упаковке.

Комбинированный автомобильно-пассажирский паром предназначен для перевозки пассажиров, легковых и грузовых автомобилей, трейлеров, контейнеров и поддонов-платформ. Легковые автомобили, как наиболее легкий груз, размещают на верхней открытой палубе. Основные грузовые палубы предназначаются для грузовых автомобилей, трейлеров, контейнеров, поддонов-платформ. Нижние трюмы ячеистого типа предназначаются для размещения унифицированных поддонов-платформ или обычного груза.

Грузовые единицы закрепляют найтовами специальной конструкции, позволяющими резко сократить время на крепление груза. Для предотвращения смещения груза во время качки между грузовыми единицами размещают надувные резиновые подушки, выдерживающие нагрузку до 6 тс.

Во время перевозки трейлеров и других грузовых единиц на грузовых палубах обеспечивают соответствующую вентиляцию и противопожарный контроль. Эти меры особенно необходимо принимать при перевозке опасных грузов. В Международном кодексе морской перевозки опасных грузов предусмотрены технические условия перевозки этих грузов на трейлеровозах. В МКМПОГ предусмотрены также условия разделения грузовых единиц, в которых находятся несовместимые опасные вещества.

Появление баржевозов (суда типа LASH) позволяет по-новому решить проблему смешанных водных перевозок. Преимущество судов этого типа заключается в отделении дорогостоящей части системы — судна от его грузовых помещений — барж, которые, будучи выгруженными на воду, буксируются по внутренним водным путям к месту назначения. Баржи, входящие в комплект баржевоза, представляют собой стальные плавучие емкости типа контейнера, сварной конструкции с водонепроницаемыми люками, грузовместимостью до 500 — 600 м^3 и грузоподъемностью до 400 — 500 т. Погрузку и выгрузку барж производят козловыми или портальными кранами, установленными непосредственно на судне, что позволяет производить грузовые операции в любом районе. Погрузка или выгрузка одной баржи осуществляется за 15—25 мин, т. е. до 1000—2500 т/ч. Преимущество баржевозов перед контейнеровозами заключается в том, что исчезает необходимость в строительстве морских портов с дорогостоящими причалами.

Преимущества перевозки грузов в укрупненных грузовых единицах бесспорны. Однако они влекут за собой возникновение новых организационных, коммерческих и технических проблем, одной из которых является обеспечение сохранности грузов, перевозимых в баржах и контейнерах, где в результате смены температурных условий рейса возможно возникновение отпотевания и порчи грузов, смещения и повреждения грузов внутри грузовой единицы. Если проблема предотвращения смещения и повреждения грузов решается сравнительно просто, то проблема предотвращения порчи грузов в результате подмочки от отпотевания требует серьезных исследований. Решение этой проблемы пытаются найти в присоединении барж к системе судовой вентиляции.

§ 23.4. Пути совершенствования технологии перевозки грузов

Перевозка, хранение и перегрузка большого количества тарно-упаковочных грузов вызывают огромные расходы на тару и упаковку грузов, требуют длительного времени на производство дорогостоящих погрузочно-разгрузочных работ, укладку грузов в трюмах и на складах. В результате практически уже невозможно резкое сокращение стояночного времени судов и увеличение интенсивности погрузочно-разгрузочных работ только за счет внедрения механизированных способов погрузки и выгрузки грузов. Дальнейшее ускорение доставки и сокращение расходов на транспортировку грузов возможны только на базе коренного изменения технологии перевозки грузов.

Технический прогресс в судостроении, машиностроении и других отраслях промышленности на основе бурного развития науки позволяет в настоящее время ставить вопрос о принципиальных изменениях технологии перевозки грузов на всех видах транспорта, включая и морской транспорт.

Изменение технологии перевозки грузов морем идет по двум основным направлениям — бестарная перевозка грузов и укрупнение грузовой единицы.

Перевозка грузов без тары позволяет резко сократить расходы на тару и упаковку, ускорить их доставку за счет интенсификации погрузочно-разгрузочных работ. В то же время эта технология перевозки грузов требует строительства специальных судов, береговых емкостей для хранения грузов, специального погрузочно-разгрузочного оборудования, что становится оправданным только при большом объеме перевозок таких грузов. Кроме того, возникают дополнительные трудности при решении вопросов обеспечения сохранности грузов, так как увеличивается естественная убыль грузов и вероятность ухудшения их качества.

В главах 17 и 18 рассмотрены существующие способы бестарной перевозки ряда жидких и твердых грузов, которые находят все большее применение. В последнее время начали осуществляться перевозки ряда твердых веществ в виде пульпы, водной суспензии или раствора вещества в подходящем растворителе. В частности, проводятся опытные перевозки целлюлозной пульпы, руд, рудных концентратов и других полезных ископаемых в виде водной суспензии, каучука в растворе,

что позволяет осуществлять перегрузку груза по трубопроводам. При этом резко возрастает интенсивность грузовых работ и появляется возможность перегрузки груза у рейдовых причалов через трубопроводы, подведенные с берега, что позволяет увеличить грузоподъемность судов. Изменение транспортного вида груза приводит к изменению конструктивного типа судна.

Процесс изменения технологии перевозки грузов требует изменения системы подготовки груза к перевозке у отправителя, создания специализированного подвижного состава наземных видов транспорта, строительства специализированных судов — газовозов, химовозов, балкеров, контейнеровозов, трейлеровозов, — переоборудования и перестройки работы морских портов.

Изменение технологии перевозки грузов приводит к необходимости изменения технологии и организации погрузочно-разгрузочных работ в морских портах, изменения средств механизации погрузочно-разгрузочных работ, позволяет автоматизировать эти работы, а также учет грузов и оформление грузовой и технической документации.

В ближайшие годы партией и правительством намечены серьезное переоснащение морского флота и портов, подготовка к коренному переходу на новые виды технологии перевозки грузов, которые позволят внедрить автоматизированные системы управления транспортом, достигнуть резкого сокращения расходов на транспортировку грузов, заменить ручной труд механизированными и автоматизированными системами переработки и перевозки грузов.

§ 23.5. Анализ существующей и проектирование новой технологии перевозки грузов

Основными задачами разработки технологии морской перевозки грузов являются: разработка технологически эффективных способов использования транспортных судов, мер по обеспечению сохранности перевозимых грузов и безопасности мореплавания, снижение затрат на перевозку грузов, ускорение их доставки.

Главными факторами, определяющими эффективность использования судов с точки зрения технологии перевозки грузов, являются обеспечение максимальной загрузки судов конкретными грузами и минимальной продолжительности из стоянки под грузовыми операциями. Эффективность технологии перевозки грузов морем определяется также уровнем обеспечения сохранности грузов и безопасности перевозок.

Разработке новой технологии перевозки грузов предшествует анализ существующих способов перевозки. В состав анализа входят расчет и оценка показателей, характеризующих существующую технологию перевозки: объем перевозки груза, элементы его транспортной характеристики, элементы ходового и стояночного времени судна, показатели использования грузоподъемности и грузовместимости судна, уровень комплексной механизации и технология погрузочно-разгрузочных работ в портах перевалки, показатели сохранности груза и

безопасности его перевозки, себестоимость перевозки и переработки груза в портах.

Объем перевозки и элементы транспортной характеристики определяют возможность и целесообразность постановки вопроса об изменении технологии его перевозки, а также направление поиска рациональной технологии перевозки. Большой объем перевозок однородного груза позволяет ставить вопрос о бестарной перевозке этого груза на обычных или специализированных судах или в специальных контейнерах. При небольшом объеме перевозок мелкопартионных грузов целесообразно ставить вопрос о применении контейнерных или трейлерных перевозок. Свойства груза, его транспортная характеристика определяют техническую возможность перехода на новую технологию перевозки груза, определяют тип транспортного средства или укрупненной грузовой единицы. Соотношение стояночного и ходового времени судна определяет степень целесообразности поиска новой технологии перевозки груза. Чем меньше коэффициент ходового времени, тем целесообразнее поиск новой технологии перевозки груза.

В настоящее время уровень комплексной механизации перегрузочного процесса для большинства грузов приближается к своему максимальному значению, поэтому можно считать, что чем ниже уровень комплексной механизации, тем эффективнее применение новой технологии перевозки груза. Анализ причин низкого использования грузоподъемности и грузовместимости позволяет определить целесообразность принятия организационно-технических мер по улучшению использования судна или постановки вопроса об изменении технологии перевозки груза.

Основанием для поиска новой технологии перевозки груза может служить также уровень обеспечения и сохранности безопасности транспортировки груза. Синтезирующим показателем целесообразности применения и критерием выбора новой технологии перевозки является экономическая эффективность, включающая себестоимость перевозки и перегрузки грузов в пути следования и удельные капиталовложения в средства транспорта и перегрузки, хранения и упаковки груза.

Не следует в то же время считать, что в будущем все грузы будут перевозить, скажем, либо бестарным способом, либо в контейнерах, трейлерах и баржах. В настоящее время еще трудно сказать, какая технология перевозки окажется доминирующей. Совершенно очевидно, что в будущем найдут себе применение все формы технологии перевозки грузов морем. Практически невозможно совершенно исключить обычную, существующую ныне, технологию перевозки некоторых специфических грузов, которые, например, запрещается перевозить в универсальных контейнерах и трейлерах и перевозки которых ограничены по объему.

Применение контейнерных, трейлерных и пакетных перевозок экономически целесообразно на линиях определенной протяженности и сложности. Так, по мнению норвежских экспертов, в Северной Атлантике пригодными для контейнерных перевозок являются 75% штучных грузов. Однако экономически целесообразно перевозить в контей-

нерах только 25% этих грузов. Это определяется в значительной степени составом участников перевозки. Контейнеры оказываются выгодными только на четырех этапах транспортного процесса — при хранении и перегрузке в портах отправления и назначения. На остальных 10 — 15 этапах транспортного процесса более выгодными являются пакетные перевозки, так как они в 5 раз дешевле перевозок грузов в контейнерах.

Техническая осуществимость новой технологии перевозки груза на одном виде транспорта вызывает, как правило, необходимость аналогичного технического решения на смежном виде транспорта. Например, решение проблемы перевозки какого-либо груза навалом или наливом на морском транспорте вызывает необходимость перевозки этого груза навалом или наливом на смежном виде транспорта. В противном случае достигнутый на одном виде транспорта эффект может вызвать дополнительные расходы на другом виде транспорта, превышающие полученный эффект. Определение рациональной технологии перевозки груза должно осуществляться только при комплексном учете всех факторов, включая также факторы экономической целесообразности.

§ 23.6. Экономическое обоснование целесообразности новой технологии перевозки груза

Экономическую эффективность применения новой технологии перевозки грузов можно оценивать различными методами. Обычно используется вариантный метод сравнительной оценки, когда существующая технология принимается за базовую, с которой сравнивается по различным показателям проектируемая.

Состав сравниваемых показателей зависит от выбора условий сравнения и количества этапов транспортного процесса, на которых технология подвергается изменению. Если, например, контейнеризации или пакетированию грузы подвергаются только на одном виде транспорта, то нет необходимости включать в состав сравниваемых показателей элементы транспортного процесса, относящиеся к смежным видам транспорта.

В состав расходов на транспортировку груза входят: расходы на тару и упаковку, плата за перевозку, хранение и перегрузку, расходы на распаковку груза. Для сравнительной оценки эффективности той или иной технологии перевозки груза все расходы следует относить к единице количества груза, т. е. определять удельные расходы, приходящиеся на 1 т груза. Исходя из фактических затрат на транспортировку груза (себестоимости) для расчета величины удельных расходов на всех этапах транспортировки (руб/т) в общем виде можно записать:

$$S = S_{\text{о}} + \Sigma S_{\text{п}} + \Sigma S_{\text{г}} + \Sigma S_{\text{х}} + S_{\text{р}} + S_{\text{ц}}, \qquad (347)$$

где $S_{\text{о}}$ — приведенные затраты грузоотправителя на тару, упаковку и подготовку груза;

$S_{\text{п}}$ — приведенные затраты на перевозку 1 т груза на каком-либо виде транспорта;

$S_г$ — приведенные затраты на перегрузку 1 т груза в одном пункте перевалки;

$S_х$ — приведенные затраты на хранение 1 т груза в одном из пунктов хранения;

$S_р$ — приведенные затраты грузополучателя на распаковку 1 т груза;

$S_ц$ — удельные потери от несохранности или естественной убыли груза.

Удельные расходы на транспортировку груза могут быть определены отдельно для каждого из участников транспортировки. В этом случае можно записать:

$$S = S_о + S_а + S_ж + S_в + S_м + S_р + S_ц \text{ руб/т}, \qquad (348)$$

где $S_а$; $S_ж$; $S_в$; $S_м$ — приведенные затраты на перевозку 1 т груза (включая перегрузку и хранение груза) автомобильным, железнодорожным, внутренним водным и морским транспортом соответственно.

В зависимости от числа участников перевозки и принятой технологии перевозки груза состав удельных расходов изменяется, что дает возможность произвести сравнительную оценку разных видов технологии перевозки груза и выбрать оптимальный вариант.

Приведенные затраты включают в себя удельные эксплуатационные расходы на перевозку, хранение или перегрузку груза и удельные капитальные вложения, отнесенные на 1 т груза:

$$S_i = c_i + E_i K_i, \qquad (349)$$

где c_i — себестоимость перевозки, перегрузки или хранения груза;

E_i — отраслевой нормативный коэффициент экономической эффективности;

K_i — удельные капитальные вложения, отнесенные на 1 т груза.

Примем далее следующие обозначения:

l — расстояние перевозки груза каким-либо видом транспорта;

v — скорость транспортного средства;

$t_{ст}$ — стояночное время транспортного средства;

α — коэффициент загрузки транспортного средства;

β — коэффициент использования порожнего пробега;

P — грузоподъемность транспортного средства;

N — нормативный срок службы транспортного средства;

$T_э$ — эксплуатационный период работы транспортного средства.

Удельные эксплуатационные расходы на перевозку (себестоимость) груза автомобильным транспортом определяют по формуле

$$c_a = \frac{r_{пер}\dfrac{l}{\beta} + r_{пост}\left(\dfrac{l}{v\beta} + t_{ст}\right)}{\alpha P_а}, \qquad (350)$$

где $r_{пер}$ — переменные расходы, отнесенные на 1 км пробега;

$r_{пост}$ — постоянные расходы, отнесенные на 1 автомобиле-ч.

Удельные расходы на перевозку груза железнодорожным транспортом составят

$$C_{ж} = C_{т.к} l, \tag{351}$$

где $C_{т.к}$ — себестоимость 1 ткм.

Себестоимость перевозки 1 т груза морем определяют по формуле

$$c_{м} = \frac{r_{х} l}{\alpha D_{ч} v} + \frac{2 r_{ст}}{M_{в}}, \tag{352}$$

где $r_{х}$ и $r_{ст}$ — суточное содержание судна на ходу и на стоянке;
$M_{в}$ — валовая норма грузовых работ.

Себестоимость погрузочно-разгрузочных работ C_{F} включает в себя основную и дополнительную зарплату, отчисления на соцстрах, расходы на механизацию и внутрипортовый транспорт, административно-управленческие, общие эксплуатационные и прочие расходы и рассчитывается по принятой методике.

Себестоимость хранения и складирования груза может быть определена по формуле

$$c_{х} = r_{ск} c + \frac{r_{ш}}{P_{ш}}, \tag{353}$$

где $r_{ск}$ — суточное содержание 1 м^2 полезной площади склада;
c — удельная складоемкость груза (см. § 14.3);
$r_{ш}$ — среднечасовые расходы на складскую механизацию и рабочую силу;
$P_{ш}$ — часовая производительность штабелирующей машины.

При использовании для перевозки груза средств пакетирования, контейнеров, трейлеров и барж в состав расходов включают затраты на содержание этих средств, которые могут быть определены по формуле

$$c_{с} = \frac{a S_{сп} t_{об}}{100 T_{э} q}, \tag{354}$$

где a — процент отчисления на амортизацию, ремонт и техобслуживание средств пакетирования, контейнеров и т. п.;
$S_{сп}$ — стоимость контейнера, трейлера или средств пакетирования;
$t_{об}$ — время оборота средств пакетирования, контейнера или трейлера;
q — количество груза в указанном средстве.

Удельные капитальные вложения в средства перевозки (суда, вагоны, автомашины и т. п.) определяют по формулам:

автомобильный транспорт

$$k_{а} = \frac{S_{а}\left(\frac{l}{v\beta} + t_{ст}\right)}{\alpha P_{а} T_{э} n t_{см} N}, \tag{355}$$

где $S_{а}$ — строительная стоимость автомашины;
n — число смен работы автомашины;
$t_{см}$ — продолжительность рабочей смены;

железнодорожный транспорт

$$k_{ж} = \frac{l(1+\alpha)}{T_э N}\left[\frac{S_в}{\alpha P_в l_в} + \frac{S_л(1+\beta)}{Q l_л}\right], \quad (356)$$

где $S_в$ и $S_л$ — строительная стоимость вагона и локомотива;
$l_в$ и $l_л$ — пробег вагона и локомотива;
Q — масса груза в поезде;

морской транспорт

$$k_м = \frac{2S_с}{T_э N}\left(\frac{l}{\alpha D_ч v} + \frac{1}{M_в}\right), \quad (357)$$

где $S_с$ — строительная стоимость судна;
$T_э$ — эксплуатационный период.

Удельные капиталовложения на хранение и складирование груза определятся по формуле

$$k_х = \frac{S_{скл}}{F_{пол}} c + \frac{S_{пм}}{T_э N M_{пм}}, \quad (358)$$

где $S_{скл}$, $F_{пол}$ — строительная стоимость и полезная площадь склада;
$S_{пм}$, $M_{пм}$ — строительная стоимость и часовая производительность складских перегрузочных машин.

Удельные капиталовложения в средства пакетирования, контейнеры, трейлеры определятся по формуле

$$k_с = \frac{S_{сп} t_{об}}{T_э N q}. \quad (359)$$

Удельные капиталовложения в средства пакетирования, контейнеры, трейлеры и т. п., а также затраты на их содержание относят к тому участнику перевозки, который их несет.

Наиболее целесообразной признается та технология, которая дает наименьшее значение приведенных затрат на транспортировку груза. При этом, однако, нельзя не учитывать устойчивость грузопотока, обеспечения нормальной загрузки транспортных средств в течение достаточно продолжительного срока, так как в противном случае произведенные капитальные затраты могут не окупиться в результате неиспользования или недостаточно эффективного использования транспортных средств и перегрузочной техники. При проектировании новой технологии перевозки груза следует также учитывать высвобождение оборотных средств за счет ускорения срока доставки груза (руб/т), которое может быть вычислено по формуле

$$Э = Ц \Delta t, \quad (360)$$

где $Ц$ — цена 1 т груза;
Δt — сокращение срока доставки от применения новой технологии перевозки груза.

В условиях возможности выбора технологии перевозки груза без необходимости дополнительных затрат на капитальное строительство

оценка эффективности способов перевозки груза может быть упрощена. В этом случае определяют суммарную стоимость перевозки груза по формуле

$$r = r_{сп} + \Sigma r_{п} + \Sigma r_{г} + \Sigma r_{х} - r_{о}, \qquad (361)$$

где $r_{сп}$ — плата за аренду средств пакетирования, контейнера или трейлера, отнесенная к 1 т груза;

$r_{п}$ — тариф за перевозку 1 т груза отдельным видом транспорта;

$r_{г}$ — плата за перегрузку 1 т груза в каждом пункте перевалки;

$r_{х}$ — средняя плата за хранение и складирование 1 т груза в каждом пункте перевалки;

$r_{о}$ — снижение расходов грузоотправителя за счет отказа от применения транспортной тары и упаковки.

§ 23.7. Разработка плана организационно-технических мероприятий по внедрению новой технологии перевозки груза

После выбора оптимальной технологии перевозки груза разрабатывают план организационно-технических мероприятий по внедрению этой технологии. Такой план должен включать: состав участников реализации плана; план капитального строительства или переоборудования объектов для каждого участника перевозки; сроки реализации новой технологии перевозки груза; план организационных мероприятий; организационные формы внедрения новой технологии перевозки груза; состав и порядок оформления грузовой документации; пределы ответственности и обязанности участников перевозки; новые тарифы на перевозку и ставки различных плат, связанных с перевозкой, хранением и перегрузкой груза.

Внедрение новой технологии перевозки груза неизбежно влечет неравномерность распределения дополнительных затрат и выгод между участниками перевозки, поэтому возникает вопрос о справедливом распределении общей экономии от внедрения новой технологии перевозки груза. Решение этой задачи можно осуществить методом, предложенным В. С. Гаврилюком.

Для этого сравнивают приведенные затраты каждого из участников перевозки при существующей $s_i^{с}$ и проектируемой $s_i^{п}$ технологии перевозки груза и определяют экономический результат от внедрения новой технологии перевозки:

$$\Delta s_i = s_i^{с} - s_i^{п}. \qquad (362)$$

Общая суммарная экономия от внедрения новой технологии определится по формуле

$$Э_{о} = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta s_i. \qquad (363)$$

Полученную экономию распределяют между участниками перевозки пропорционально приведенным затратам по новой технологии перевозки:

$$\mathcal{Э}_i = \frac{\mathcal{Э}_0}{\Sigma s_i^{\text{п}}} s_i^{\text{п}}. \qquad (364)$$

Компенсация за понесенные расходы от внедрения новой технологии определится по формуле

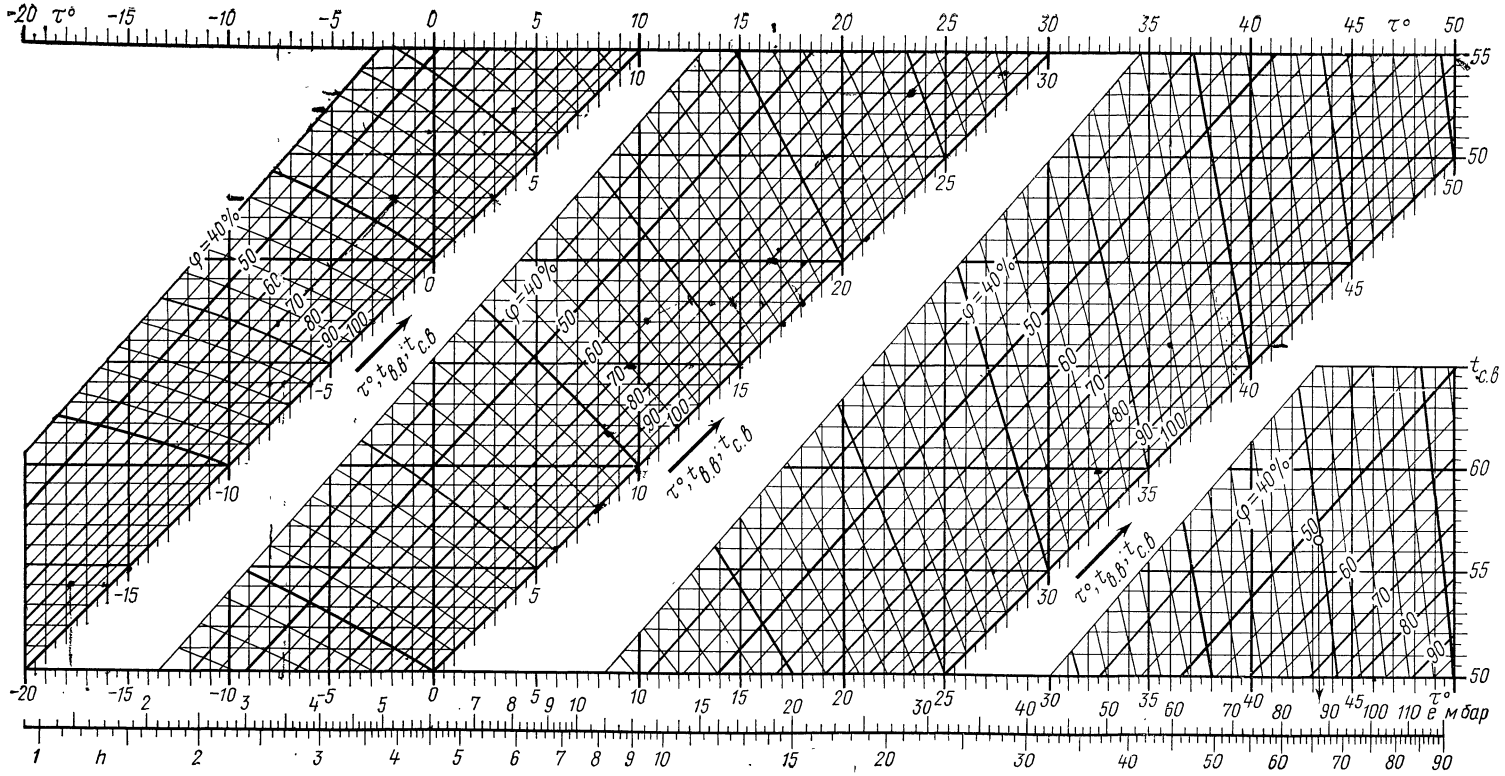
$$K_i = \mathcal{Э}_i - \Delta s_i. \qquad (365)$$

Пример решения этой задачи показан в табл. 43.

Таблица 43

Элементы расчета	Участники перевозок				Сумма
	Грузоотправитель	Железнодорожный транспорт	Морской транспорт	Грузополучатель	
$s_i^{\text{с}}$	2,50	5,90	10,30	0,30	19.00
$s_i^{\text{п}}$	2,80	4,85	8,00	0,35	16.00
Δs_i	—0,30	+1,05	+2,30	—0,05	3.00
$\mathcal{Э}_i$	+0,53	+0,91	+1,50	+0,06	3.00
K_i	+0,83	—0,14	—0,80	+0,11	0.00

Из примера видно, что дополнительные расходы от внедрения новой технологии несут грузоотправитель и грузополучатель. Остальные участники перевозки получают экономию, причем наибольшую экономию получает морской транспорт. Экономия от внедрения новой технологии перевозки на морском и железнодорожном транспорте превышает долю общей экономии, которую эти участники перевозки должны получить. Поэтому морской и железнодорожный транспорт в данном случае должен компенсировать остальным участникам перевозки увеличение их расходов в связи с внедрением новой технологии перевозки груза.



t-τ — **диаграмма влажного воздуха**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Д. Т., Эрлих М. Д. Контейнерные перевозки (справочник). М., «Транспорт», 1969. 320 с.

2. Андронов Л. П. Перевозка опасных грузов морем. М., «Транспорт», 1971. 208 с.

3. Андронов Л. П. Складские и стивидорные расчеты. М., «Морской транспорт», 1962. 352 с.

4. Белоусов Л. Н., Корхов Я. Г. Технология морских перевозок грузов. М., «Транспорт», 1972. 320 с.

5. Драбкин Я. М. Перевозка грузов морем. М., «Морской транспорт», 1962. 384 с.

6. Жуков Е. И., Письменный М. Н. Технология морских перевозок. М., «Транспорт», 1972. 360 с.

7. Каплун Ф. Ш. и др. Тара и упаковка грузов. Справочник. М., «Транспорт», 1972. 528 с.

8. Коробцов В. И. Морская перевозка насыпных грузов. М., «Транспорт», 1969. 232 с.

9. Курдюмов А. А. Прочность корабля. Л., Судпромгиз, 1956. 384 с.

10. Найденов Б. Ф. Объемные веса и удельные объемы грузов. М., «Транспорт», 1971. 158 с.

11. Плявин Н. И. Эксплуатация морского танкера. М., «Транспорт» 1968. 336 с.

12. Полевой А. П. Объем и вес грузов, перевозимых морем. М., «Морской транспорт», 1958. 211 с.

13. Приходько Б. Г. Грузоведение и складское дело. М., «Транспорт», 1967. 304 с.

14. Справочник по перевозке скоропортящихся грузов. М., Трансжелдориздат, 1963. 324 с.

15. Фафурин Н. А. Перевозка экспортных лесоматериалов на морских судах. Л., «Морской транспорт», 1959. 196 с.

16. Международная конференция по охране человеческой жизни на море 1960 года. Л., «Транспорт», 1963. 476 с.

17. Общие правила перевозки грузов, пассажиров и багажа по морским путям сообщения на судах Министерства морского флота (Тарифное руководство 4-М) М., «Морской транспорт», 1963. 604 с.

18. Правила морской перевозки опасных грузов (МОПОГ). Т. I (200 с.), т. II (360 с.), т. III (249 с.). М., 1970. (Рекламбюро ММФ).

19. Правила перевозок грузов. М., «Транспорт», 1967. 480 с. (МПС СССР)

20. Правила техники безопасности в морских портах. М., 1967. 105 с. (Рекламбюро ММФ).

21. Правила техники безопасности на судах морского флота. М., «Транспорт», 1964. 230 с.

22. Регистр СССР. Правила классификации и постройки морских судов. Л., «Транспорт», 1970. 855 с.

23. Технические услов ия размещения и крепления тяжеловесных и крупногабаритных грузов на м ских судах. М., 1973. 159 с. (Рекламбюро ММФ).

24. Технические условия на нефтепродукты. М., «Недра», 1969. 399 с.

25. Технические условия погрузки и крепления грузов. М. «Транспорт», 1969. 231 с. (МПС СССР).

26. International Convention for the Prevention of Pollution from ships, 1973, IMCO, London, 1974.

27. Code of Safe Practice for Bulk Cargoes including Ores and similar bulk cargoes, Concentrates and similar materials, IMCO, London, 1965.

28. International Maritime Dangerous Goods Code, v. I, II, III, Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, London, 1972.

29. Transport of Dangerous Goods. Recommendations prepared by the United Nations Committee of Experts on the transport of Dangerous Goods, v.v. 1, 2, 3, 4, New York, 1970 and Supplement, part I and II, 1973.

30. Sauerbier C. L. Marine Cargo Operations, New York, 1956.

31. Taylor L. G., Trim F. H. Cargo Work. The Care Handling and Carriage of Cargoes. Glasgow, Brown, Son & Fergusson, Ltd., Noutical Publishers, 1959.

32. Thomas R. E. Stowage. (The Properties and Stowage of Cargoes). Glasgow, Brown, Son & Fergusson, Ltd, 1957.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Раздел первый

Основы грузоведения и обеспечение сохранности грузов при морской перевозке

Глава 1. Основные понятия о грузах и их транспортной характеристике 6

§ 1.1. Груз и его свойства 6
§ 1.2. Классификация грузов. 7
§ 1.3. Методы исследования грузов 9
§ 1.4. Тара и упаковка грузов 10
§ 1.5. Стандартизация товаров, тары и упаковки грузов 11
§ 1.6. Маркировка грузов 13

Глава 2. Объемно-массовые характеристики грузов. 15

§ 2.1. Системы единиц измерения 15
§ 2.2. Плотность жидкого груза 16
§ 2.3. Плотность и насыпная масса навалочного и насыпного груза 17
§ 2.4. Удельный объем и удельный погрузочный объем груза . . 20

Глава 3. Определение количества грузов 29

§ 3.1. Способы определения количества груза 29
§ 3.2. Определение массы груза по осадке судна 31
§ 3.3. Определение объема навалочного груза 34
§ 3.4. Определение количества наливного груза 43

Глава 4. Условия внешней среды при морской перевозке и хранении грузов 45

§ 4.1. Свойства воздуха и их определение 45
§ 4.2. t — τ-диаграмма влажного воздуха 48
§ 4.3. Закономерности изменения гидрометеорологической обстановки 49
§ 4.4. Судно с точки зрения обеспечения сохранности грузов . . 52
§ 4.5. Статические и динамические нагрузки, воздействующие на груз в процессе транспортировки. 57

Глава 5. Причины несохранности грузов 61

§ 5.1. Повреждение и порча грузов 61
§ 5.2. Причины убыли грузов и нормирование естественной убыли 63
§ 5.3. Вредители грузов и меры борьбы с ними 66
§ 5.4. Виды потерь наливных и навалочных грузов 67
§ 5.5. Взаимосвязь факторов и прогнозирование несохранных перевозок грузов 68

Глава 6. Специфические свойства грузов 72
§ 6.1. Вязкость и давление жидких грузов 72
§ 6.2. Сыпучесть и разжижение грузов 73
§ 6.3. Слеживаемость, смерзаемость и спекаемость грузов . . . 77
§ 6.4. Огнеопасность и взрывоопасность грузов 80
§ 6.5. Самосогревание и самовозгораемость грузов. 84
§ 6.6. Окислительные и коррозионные свойства грузов 86
§ 6.7. Ядовитость (токсичность), инфекционная и радиационная опасность грузов 87
§ 6.8. Биохимические процессы в грузах 92
§ 6.9. Гигротермические свойства и тепломассообмен груза с окружающей средой 93

Глава 7. Микроклимат портовых складов 97
§ 7.1. Условия хранения грузов в порту 97
§ 7.2. Тепломассообмен груза при хранении под открытым небом и под навесом 98
§ 7.3. Микроклимат металлических складов 99
§ 7.4. Микроклимат каменных и деревянных складов 100
§ 7.5. Аэрация складов и расчеты воздухообмена 102

Глава 8. Микроклимат трюмов морских судов 106
§ 8.1. Основы теории микроклимата трюмов 106
§ 8.2. Микроклимат свободного трюма и трюма, заполненного негигроскопическим грузом 109
§ 8.3. Микроклимат трюма при переходе в одной климатической зоне 113
§ 8.4. Микроклимат трюма при переходе из холодной зоны в теплую 115
§ 8.5. Микроклимат трюма при переходе из теплой зоны в холодную 117
§ 8.6. Тепломассообмен наливного груза в танках судна 118
§ 8.7. Технические средства регулирования микроклимата трюмов 120
§ 8.8. Принципы регулирования тепловлажностных процессов в трюмах и складах. 123

Глава 9. Основы обеспечения сохранности грузов 127
§ 9.1. Общие принципы обеспечения сохранности грузов при морской транспортировке 127
§ 9.2. Совместное хранение и перевозка грузов 128
§ 9.3. Температурно-влажностные и вентиляционные режимы . . 130
§ 9.4. Санитарные, ветеринарные и карантинные режимы 131
§ 9.5. Зачистка и подготовка грузовых помещений 133
§ 9.6. Сушка трюмов 135
§ 9.7. Укладка грузов в трюме; подстилочный, прокладочный и сепарационный материал. 137

Раздел второй

Теоретические основы рациональной загрузки транспортных средств и портовых складов

Глава 10. Теоретические основы рациональной загрузки морских судов 139
§ 10.1. Основные требования к рациональной загрузке судна . . 139
§ 10.2. Критерий использования грузоподъемности и грузовместимости судна 141
§ 10.3. Удифферентование судна 142
§ 10.4. Обеспечение надлежащей остойчивости судна 145
§ 10.5. Условия сохранения местной прочности корпуса судна . 147
§ 10.6. Условия сохранения общей (продольной) прочности корпуса судна 148
§ 10.7. Обеспечение оптимальности перегрузочного процесса . 155
§ 10.8. Критериальные уравнения рациональной загрузки судна 156

Глава 11. Грузовой план морского судна 158
§ 11.1. Порядок составления грузового плана 158
§ 11.2. Расчет количества грузов на рейс. 160
§ 11.3. Распределение переменной весовой нагрузки между грузовыми отсеками судна 163
§ 11.4. Распределение переменной весовой нагрузки между помещениями по высоте 167
§ 11.5. Комплектация грузов в грузовом помещении и отсеке . . 168
§ 11.6. Расчет плана размещения грузов на судне 170

Глава 12. Контроль и анализ загрузки судов 174
§ 12.1. Определение центров тяжести переменной нагрузки . . . 174
§ 12.2. Влияние смещения ц. т. груза на дифферент и остойчивость судна 177
§ 12.3. Аналитический метод расчета и исправления дифферента, остойчивости и изгибающего момента 180
§ 12.4. Расчет дифферента и метацентрической высоты по методу А. Ф. Мироненко. 186
§ 12.5. Приборы-вычислители посадки, остойчивости и прочности судов 199
§ 12.6. Анализ загрузки судна 192

Глава 13. Использование ЭВМ для расчета грузового плана судна . . . 194
§ 13.1. Состояние вопроса и принципы решения задачи 194
§ 13.2. Расчет исходных данных для составления грузового плана судна 195
§ 13.3. Распределение весовой нагрузки и грузов по грузовым помещениям 197
§ 13.4. Алгоритмы корректировочных задач 200

Глава 14. Портовые склады и их эксплуатация 201
§ 14.1. Виды и устройство складов 201
§ 14.2. Основы организации работы складов 203
§ 14.3. Показатели работы складов 205
§ 14.4. Режимы работы складов 209
§ 14.5. Учет и анализ работы складов 214

Глава 15. Основы рациональной загрузки портовых складов 217
§ 15.1. Общие положения о складировании грузов в порту 217
§ 15.2. Выбор оптимальных размеров штабелей 220
§ 15.3. Расчеты по загрузке и использованию складов 223
§ 15.4. Грузовой план склада 227

Глава 16. Загрузка наземных транспортных средств 228
§ 16.1. Загрузка автомашин. 228
§ 16.2. Загрузка крытых железнодорожных вагонов 229
§ 16.3. Загрузка открытых железнодорожных платформ и полувагонов 231

Раздел третий

Транспортная характеристика грузов и технология их морской перевозки

Глава 17. Наливные грузы 234
§ 17.1. Номенклатура и свойства наливных грузов 234
§ 17.2. Хранение наливных грузов 238
§ 17.3. Подготовка танков к приему грузов 239
§ 17.4. Загрузка танкера и перевозка наливных грузов 241
§ 17.5. Перевозка сжиженных газов наливом 246
§ 17.6. Перевозка наливом химических грузов 249
§ 17.7. Перевозка наливом растительных масел, животных жиров, патоки и других пищевых продуктов 250

Глава 18. Навалочные и насыпные грузы 252
§ 18.1. Основные виды и свойства насыпных и навалочных грузов 252
§ 18.2. Хранение в порту насыпных и навалочных грузов 255
§ 18.3. Перевозка зерна насыпью 260
§ 18.4. Перевозка навалочных грузов 266
§ 18.5. Перевозка навалом опасных грузов, минеральных удобрений, цемента, строительных материалов 268
§ 18.6. Перевозка сахара-сырца насыпью 270

Глава 19. Лесные грузы 271
§ 19.1. Номенклатура и свойства лесных грузов 271
§ 19.2. Складирование лесных грузов 273
§ 19.3. Перевозка леса 277

Глава 20. Генеральные грузы 282
§ 20.1. Ящичные грузы 282
§ 20.2. Мешковые грузы 285
§ 20.3. Киповые грузы 292
§ 20.4. Катно-бочковые грузы 296
§ 20.5. Трубы, рельсы, прокат черных и цветных металлов . . . 302
§ 20.6. Машины, станки и промышленное оборудование 306
§ 20.7. Расчет сепарационного материала, подкреплений палубы и креплений тяжеловесов 309

Глава 21. Скоропортящиеся грузы 314
§ 21.1. Номенклатура и свойства скоропортящихся грузов . . 314
§ 21.2. Хранение и переработка в порту скоропортящихся грузов 316
§ 21.3. Перевозка скоропортящихся грузов 317
§ 21.4. Перевозка живого скота, птиц и сырых животных продуктов 320

Глава 22. Опасные грузы 321
§ 22.1. Основы регламентации перевозок опасных грузов . . . 321
§ 22.2. Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МКМПОГ) 323
§ 22.3. Правила морской перевозки опасных грузов, 1969 г. . . 324
§ 22.4. Технические условия хранения и переработки опасных грузов в морских портах. 328
§ 22.5. Технические условия перевозки опасных грузов 334
§ 22.6. Свойства, хранение и перевозка опасных грузов различных классов 339

Глава 23. Перевозка грузов укрупненными грузовыми единицами и основы проектирования технологии перевозки грузов 352
§ 23.1. Перевозка грузов в пакетах. 352
§ 23.2. Перевозка грузов в контейнерах. 356
§ 23.3. Перевозка грузов вместе с транспортными средствами . 358
§ 23.4. Пути совершенствования технологии перевозки грузов . . 360
§ 23.5. Анализ существующей и проектирование новой технологии перевозки грузов 361
§ 23.6. Экономическое обоснование целесообразности новой технологии перевозки груза 363
§ 23.7. Разработка плана организационно-технических мероприятий по внедрению новой технологии перевозки груза. 367

Приложение. t-τ — диаграмма влажного воздуха 369
Список литературы 370

ЛЕОНИД ПЕТРОВИЧ АНДРОНОВ

Грузоведение и стивидорные операции

Редактор *В. Б. Ионова*
Переплет художника *Б. В. Бородина*
Техн. редактор *В. А. Бодрова*
Корректоры: *Л. С. Садикова* и *М. Г. Плоткина*

Сдано в набор 8/VIII 1974 г. Подписано к печати 20/II 1975 г.
Бумага 60 × 90 1/16 типографская № 2 Печатных листов 23,5
Учетно-изд. листов 25,71. Тираж 5 000 Т-02984
Изд. № 1-1-1/II № 6231 Зак. тип. 1078 Цена 1 р. 13 к.
Изд-во «ТРАНСПОРТ», Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
Москва, И-41, Б. Переяславская, д. 46.