Д. А. Иванов

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Санкт-Петербург
2009

Федеральное агентство по образованию

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Д. А. Иванов

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Санкт-Петербург
Издательство Политехнического университета
2009

ББК 65.29
И 20

Рецензенты: д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой управления цепями поставок отделения логистики Государственного университета – Высшей школы экономики, президент Национальной логистической ассоциации России **В.И. Сергеев**

Иванов Д.А. Управление цепями поставок / Д.А. Иванов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 660 с.

Системно представлен обширный практический и теоретический материал по управлению цепями поставок (SCM). От SCM зависит до 30 % эффективности бизнеса промышленных, логистических и торговых компаний. Рассмотрению стратегий, концепций, методов, моделей и технологий SCM и их практического применения для повышения эффективности бизнеса в различных отраслях и посвящена эта книга.

Для специалистов по управлению, логистике и менеджменту, преподавателей, слушателей MBA-программ, студентов и аспирантов по специальностям «Логистика и управление цепями поставок», «Управление предприятием», «Менеджмент», «Производственный менеджмент», «Информационные системы в экономике», «Системный анализ», изучающих и применяющих современные методы управления бизнесом с использованием информационных технологий.

Табл. 61. Ил. 204. Библиогр. 338 назв.

В § 3.1, 14.2, 16.3, 16.4, 17.4, 17.5, 18.1, 18.6 использованы материалы проф., д.т.н. Б.В. Соколова.

В § 10.2.3, 12.6, 15.4.4, 16.5, 17.1, 17.3, 18.3 и 18.8 использованы материалы проф., д.т.н. А.В. Архипова и к. т.н. В.Е. Толкачевой.

В § 3.2 использованы материалы проф., д.э.н. А.Г. Некрасова и к.ю.н. Е.В. Меланич.

В § 7.5 и 18.5 использованы материалы проф., д.э.н. Т. Тайх.

В § 13.2.4 использованы материалы проф., д.т.н. Ю.И. Толуева.

В § 3.3.2 и 18.4 использованы материалы М.А. Ивановой.

ISBN 978-5-7422-2353-5

© Д.А. Иванов, 2009
© СПбГПУ, 2009

Моей любимой семье

Рекомендовано:

Национальным Советом по Цепям Поставок РФ,

Национальной Логистической Ассоциацией РФ,

Координационным Советом по логистике РФ,

Институтом логистики общества Фраунгофера, Дортмунд, Германия,

Европейской бизнес-школой, Висбаден, Германия,

Институтом управления цепями поставок SMI™, Висбаден, Германия,

Техническим университетом Хемниц, Германия,

Российско-Немецким Научным Логистическим Сообществом DR-LOG

Книга Иванова Д.А. « Управление цепями поставок» будет интересна читателю по многим причинам. Автор является признанным в Европе специалистом в логистике и управлении цепями поставок, что доказано его многочисленными публикациями в известнейших международных профессиональных журналах. Наряду с европейским опытом Д.А. Иванов обладает также солидным опытом работы в России, что, естественно, делает эту книгу уникальным событием для профессионалов логистики и управления цепями поставок в России. В книге системно и компетентно представлены базовые основы и тенденции развития управления цепями поставок. Мы рекомендуем эту книгу всем, кто стремится овладеть необходимым уровнем компетенции в современной и стремительно развивающейся области управления цепями поставок.

Профессор, д.э.н. Кристофер Янс, Ректор Европейской бизнес-школы, исполнительный директор Института управления поставками, Висбаден, Германия

Появление данной книги является значительным событием в развитие логистики и управления цепями поставок в нашей стране. Международный центр логистики ГУ-ВШЭ и Национальная логистическия ассоциация РФ рекомендует эту книгу всем, кто стремится овладеть необходимыми профессиональными знаниями в управлении цепями поставок, а также развить уже имеющиеся знания. Как для научных работников, студентов и аспирантов, так и для профессионалов логистики данная монография может стать полезной и занять подобающее место в профессиональной библиотеке.

Президент Международного Центра Логистики ГУ-ВШЭ
Член Президиума Европейской Логистической Ассоциации ELA
Заведующий кафедрой управления цепями поставок ГУ-ВШЭ, Москва
Профессор, д.э.н. В.И. Сергеев

Данная книга является уникальной во многих аспектах. Во-первых, в книге представлен системный теоретический материал с учетом практики и реалий управления цепями поставок. Во-вторых, это первая книга на русском языке, написанная российским автором, профессионально работающим в Европе в логистике и управлении цепями поставок. И, в-третьих, книга специально написана для российского читателя прекрасным и понятным профессиональным языком. В книге представлены оригинальные модели автора, нашедшие признание на самом высоком международном уровне. Данные модели и подходы к моделированию

изложены автором достаточно строго, но в тоже время с учетом интересов читателей, впервые знакомящихся с данным предметом. Основное внимание автор уделяет не столько непосредственно математическому аппарату, сколько искусству моделирования цепей поставок и выработке системного мышления при принятии управленческих решений. Национальный Совет РФ по цепям поставок и Координационный Совет по логистике рекомендуют эту книгу профессионалам логистики и управления цепями поставок, топ-менеджерам, руководителям служб логистики, а также преподавателям, студентам и аспирантам ВУЗов.

Президент Национального Совета РФ по цепям поставок,
Президент Координационного Совета по логистике
Заведующий кафедрой менеджемента МАДИ-ГТУ
Профессор, д.т.н. Л.Б. Миротин

Книга «Управление цепями поставок» Иванова Д.А. системно представляет основы и тенденции развития управления цепями поставок в Европе и России. Особенно интересными для читателя будут практические примеры управления цепями поставок, а также рассмотрение управления цепями поставок с различных точек зрения: стратегии, информационные технологии, а также моделирование и оптимизация. Уверен, что европейский опыт управления цепями поставок будет очень интересен для российского читателя.

Профессор, д.т.н. Аксель Кун
Директор Института Логистики общества Фраунгофера,
г. Дортмунд, Германия

Данная книга способна дать новый импульс развитию управления цепями поставок в России. С точки зрения практики управления цепями поставок, в ней изложена не сухая теория, а обширно представлена и практическая сторона SCM. Практики, преподаватели ВУЗов и исследователи найдут в книге много отправных точек для оптимизации своей деятельности, разработки новых учебных курсов и программ, постановки новых тем исследований.

Ако Диаф
Директор по операционной логистике Schenker Russia

Мы изучаем то, что мы видим.
Но то, что мы видим, это не то,
что существует на самом деле.

Пауло Коельхо

Оглавление

Оглавление **9**

Предисловие **21**

Введение **24**

ТОМ 1. ОСНОВЫ, СТРАТЕГИИ, ТЕХНОЛОГИИ **27**

ЧАСТЬ I. Основы управления цепями поставок **29**

Глава 1. Сущность, значение и эффективность SCM **31**

1.1. Краткая справка об управлении цепями поставок 31

1.2. Роль управления цепями поставок в экономике предприятия 33

1.3. История развития управления цепями поставок 35

1.3.1. Эволюция производственно-логистических концепций 35

1.3.2. Развитие управления цепями поставок 38

1.3.3. Управления цепями поставок и логистика 44

1.4. Сущность цепей поставок и управления ими 51

1.4.1. Цепь создания стоимости и управление цепями поставок 52

1.4.2. Определение и особенности цепи поставок 56

1.4.3. Определение управления цепями поставок 59

1.4.4. Кому необходимо управление цепями поставок 63

1.5. Эффективность управления цепями поставок 65

1.6. Перспективы развития управления цепями поставок в России. 72

Контрольные вопросы 74

Глава 2. Основные решения при управлении цепями поставок 77

2.1. Классификация и взаимосвязь основных уровней принятия решений при управлении цепями поставок.....78

2.2. Стратегия конкурентного поведения и стратегия управления цепями поставок 83

2.3. Стратегический уровень принятия решений в SCM: основные области принятия решений.....85

2.3.1. Географическое распределение мощностей цепи поставок 85

2.3.2. Производство и дистрибуция 86

2.3.3. Управление запасами в цепях поставок.....86

2.3.4. Транспортная логистика в цепях поставок.....87

2.3.5. Информация 88

2.3.6. Ин- и аутсорсинг в цепях поставок 89

2.3.7. Маркетинг 89

2.4. Стратегический уровень принятия решений в SCM: проектирование структуры дистрибуции и производства 90

2.4.1. Проектирование структуры дистрибуции 90

2.4.2. Проектирование структуры производства.....95

2.5. Стратегический уровень принятия решений в SCM: выбор поставщиков и построение системы взаимодействия с ними.....95

2.5.1. Оценка потенциальных поставщиков 97

2.5.2. Контракты 98

2.5.3. Взаимодействие при разработке новой продукции и организация процессов закупок 99

2.6. Тактический уровень принятия решений в SCM.....100

2.6.1. Прогнозирование спроса.....101

2.6.2. Планирование производственной программы.....103

2.6.3. Проверка доступности материалов 107

2.6.4. Планирование производства.....108

2.6.5. Планирование дистрибуции и транспортировки 109
2.6.6. Планирование закупок и запасов....109
2.7. Оперативный уровень принятия решений при управлении цепями поставок 112
Контрольные вопросы....113
Глава 3. Неопределенность в цепях поставок 115
3.1. Проблема неопределенности и риск в цепях поставок....115
3.1.1. Причины и последствия неопределенности в цепях поставок ..115
3.1.2. Классификация видов неопределенности....118
3.1.3. Риск....124
3.1.4. Устойчивость цепей поставок 129
3.2. Концепция комплексной безопасности цепей поставок....130
3.2.1. Стандарты безопасности цепей поставок....133
3.2.2. Базовый цикл менеджмента риска в цепях поставок....134
3.2.3. Управление событиями в цепях поставок....134
3.2.4. Информационные технологии 136
3.2.5. Сигнально-индикаторные приборы обеспечения безопасности грузов....137
3.3. Снижение неопределенности в цепях поставок 139
3.3.1. Bullwhip-эффект в цепях поставок и методы его снижения....140
3.3.2. Отложенная дифференциация продукции (postponement) и точка проникновения заказа (order penetration point) 143
3.3.3. Построение планов цепей поставок с учетом избыточности 145
Контрольные вопросы....149
Глава 4. Координация цепей поставок 151
4.1. Значение и сущность координации в управлении цепями поставок ..151
4.2. Концепции и технологии координации цепей поставок....155

4.3. Практические рекомендации по выбору стратегии и улучшению координации в цепях поставок ... 157

Контрольные вопросы ... 159

Глава 5. Контроллинг цепей поставок ... 161

5.1. Balanced ScoreCard – система сбалансированных показателей ... 162

5.2. SCOR (Supply Chain Operation Reference Model – референтная модель цепей поставок) ... 164

5.2.1. История развития SCOR ... 165

5.2.2. SCOR–показатели оценки эффективности цепей поставок ... 166

5.2.3. SCOR и информационные системы ... 171

Контрольные вопросы ... 171

Глава 6. Тенденции развития управления цепями поставок ... 173

6.1. Классификация различных форм управления цепями поставок ... 173

6.2. Виртуальные предприятия ... 176

6.2.1. Виртуальные предприятия – основные положения ... 176

6.2.2. Практические опыт создания виртуальных предприятий ... 182

6.2.3.Тенденции развития методологии виртуальных предприятий ... 187

6.3. Гибкие (agile) цепи поставок ... 190

6.4. Управление долгосрочным развитием цепей поставок (Sustainable Supply Chain Management) ... 194

Контрольные вопросы ... 197

Глава 7. Адаптивные цепи поставок ... 199

7.1. Основы концепции ... 199

7.2. Определение адаптивных цепей поставок и управления ими ... 203

7.3. Структурно-функциональный резерв адаптивных цепей поставок ... 205

7.4. Практическое внедрение управления адаптивными цепями поставок 208

7.5. Пример реализации управления адаптивными цепями поставок в EVCM (Extended Value Chain Management – управление расширенной цепью стоимости) 215

Контрольные вопросы 221

ЧАСТЬ II. Построение системы управления цепями поставок на практике 223

Глава 8. Основные этапы построения системы управления цепями поставок 225

Контрольные вопросы 232

Глава 9. Этап 1. Организация межфирменной кооперации и координации 233

9.1. Изменение организационного видения бизнеса 233

9.2. Организация межфирменной кооперации и координации 239

9.3. Аутсорсинг 243

9.4. Шансы и риски стратегии взаимодействия 241

Контрольные вопросы 247

Глава 10. Этап 2. Управление бизнес-процессами 249

10.1. Процессы и их оптимизация: основные понятия и категории 250

10.2. Моделирование бизнес-процессов 251

10.2.1. SCOR (Supply Chain Operation Reference Model – референтная модель функционирования цепей поставок) 251

10.2.2. ARIS (Architecture of Information Systems – архитектура информационных систем) 257

10.2.3. IDEF (Integration Definition for Function Modeling – интегрированной функциональное моделирование) 259

10.2.4. UML (Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования)....261

10.2.5. Стандарт ISO/IEC 15288 «Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем»....262

10.2.6. КОМПАС (КОмплексное Моделирование Производственно-логистических Сетей)....263

10.3. Реализация улучшения процессов на практике (на примере SCOR)....271

Контрольные вопросы....272

Глава 11. Этап 3. Построение системы интегрированного управления и координации цепей поставок....275

11.1. Классификация стратегий интегрированного управления и координации цепей поставок....275

11.2. Стратегии, ориентированные на производство....277

11.2.1. Just-in-Time (точно вовремя)....277

11.2.2. Just-in-Sequence (точно в последовательности) на примере компании Фольксваген....278

11.3. Стратегии пополнения запасов на основе ответственности поставщиков....287

11.3.1. KANBAN с ответственностью поставщиков....288

11.3.2. VMI – запасы, управляемые поставщиком....289

11.4. Стратегии, ориентированные на торговлю....290

11.4.1. QR – Быстрое реагирование....290

11.4.2. ECR – Эффективная реакция на потребности клиента....291

11.4.3. CPFR – Совместное планирование, прогнозирование и приобретение материалов....294

11.5. Практические рекомендации по выбору стратегии интегрированного управления и координации....299

Контрольные вопросы....301

Глава 12. Этап 4. Информационные технологии для управления цепями поставок 303

12.1. Роль и виды информационных технологий в управлении цепями поставок 303

12.2. История развития информационных технологий для управления цепями поставок 306

12.3. MRP-II/ERP-системы 309

12.3.1. Назначение ERP-систем 310

12.3.2. Классификация данных предприятия 313

12.3.3. Критика современных ERP-систем 314

12.3.4. Проектирование интегрированной системы управления предприятием с использованием систем класса ERP 316

12.3.5. Пример построения интегрированной системы управления предприятием с использованием систем класса ERP 316

12.3.6. Основные направления расширения функциональности ERP систем 326

12.4. MES (Manufacturing Execution Systems)-системы 330

12.5. CRM-системы 331

12.6. APS-системы 333

12.6.1. Основы построения APS-систем 333

12.6.2. Методика планирования в APS-системах 339

12.6.3. Вопросы практического внедрения APS-систем 341

12.7. Современные информационные технологии мониторинга цепей поставок 344

12.7.1. SCEM-системы 345

12.7.2. SCMo-системы 348

12.8. Комплексная информационная инфраструктура 350

12.9. Пример построения системы управления цепями поставок в субконтрактинговой сети Санкт-Петербурга 353

Контрольные вопросы 357

ТОМ 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ 359

ЧАСТЬ III. Моделирование и системный анализ 361

Глава 13. Концепции поддержки принятия решений при управлении цепями поставок 363

13.1. Модели и поддержка принятия решений 363

13.1.1. Понятие модели 363

13.1.2. Виды моделей 366

13.1.3. Выбор (принятие решений) 367

13.1.4. Сложность и моделирование 371

13.2. Основные концепции поддержки принятия решений при управлении цепями поставок 373

13.2.1. Исследование операций 373

13.2.2. Теория управления 374

13.2.3. Системный анализ и теория систем 380

13.2.4. Мультиагентные системы 382

13.2.5. Преимущества и недостатки основных концепций поддержки принятия решений при управлении цепями поставок 385

13.3. Инструменты решения задач управления цепями поставок 386

13.3.1. Оптимизационные методы 387

13.3.2. Статистические методы 388

13.3.3. Имитационное моделирование 389

13.3.4. Практика имитационного моделирования цепей поставок 390

13.3.5. Эвристические методы 392

13.3.5.1. Генетические алгоритмы 392

13.3.5.2. ACO-оптимизация 393

13.3.6. Преимущества и недостатки основных инструментов поддержки принятия решений при управлении цепями поставок 395

13.4. Классификация основных инструментов решения задач управления цепями поставок....396

13.5. Особенности задач и требования к практическим моделям решения проблем управления цепями поставок....400

Контрольные вопросы....402

Глава 14. Решение задач управления цепями поставок на основе методологии междисциплинарного моделирования DIMA (Decentralized Integrated Modeling Approach)....405

14.1. Необходимость методологии....405

14.2. Основные положения методологии комплексного междисциплинарного моделирования цепей поставок....407

14.2.1. Учет активности и взаимодействия предприятий....408

14.2.2. Полимодельные комплексы....411

14.2.3. Интегрированное моделирование....413

14.2.4. Децентрализованное принятие решений....417

14.3. Основные результаты....418

Контрольные вопросы....419

Глава 15. Эффективность и устойчивость цепей поставок в условиях неопределенности (концепция STREAM)....421

15.1. Необходимость разработки концепции STREAM....422

15.2. Методологические основы STREAM....423

15.3. Терминология....425

15.4. Концептуальная модель STREAM....433

15.4.1. Общая концептуальная схема управления цепями поставок в условиях неопределенности....433

15.4.2. Базовые элементы и свойства STREAM....435

15.4.3. Робастность, адаптивность и адаптация....437

15.4.4. Живучесть и устойчивость (в узкой интерпретации)....442

15.4.5. Устойчивость цепи поставок (в широкой интерпретации)....449

15.4.6. Взаимосвязь свойств 451

15.5. Общая логическая схема принятия решений о выборе конфигурации решений об устранении нарушений (адаптации) в цепях поставок с учетом факторов неопределенности 454

15.5.1. Общая логическая схема принятия решений о выборе конфигурации цепи поставок с учетом факторов неопределенности .. 455

15.5.2. Общая логическая схема принятия решений об устранении нарушений (адаптации) в цепях поставок 460

Контрольные вопросы 464

Глава 16. Методы принятия решений по управлению цепями поставок в условиях неопределенности (методология MARINA) .. 465

16.1. Взаимосвязь основных методов принятия решений по управлению цепями поставок в условиях неопределенности 465

16.2. Организация функционирования цепей поставок с учетом риска 471

16.3. Методы анализа чувствительности цепей поставок 472

16.4. Динамический многокритериальный анализ устойчивости на основе областей достижимости 477

16.5. Анализ структурной устойчивости цепей поставок 494

16.6. Мониторинг и адаптация цепей поставок 496

Контрольные вопросы 500

ЧАСТЬ IV. Оптимизация цепей поставок 501

Глава 17. Примеры построения интегрированных моделей цепей поставок 503

17.1. Постановка интегрированной задачи планирования и оперативного управления цепями поставок 503

17.1.1. Планирование цепей поставок 503

17.1.2. Адаптивное планирование 506

17.1.3. Концептуальная постановка задачи планирования и оперативного управления цепями поставок 506

17.2. Обобщенная схема комплексного моделирования цепей поставок....509

17.3. Разработка обобщенной модели планирования и оперативного управления адаптивными цепями поставок....511

17.3.1. Пространственный и временной аспекты планирования....512

17.3.2. Аналитическая модель....515

17.4. Модель управления структурной динамикой цепей поставок....522

17.4.1. Понятие структурной динамики....522

17.4.2. Обобщенная модель структурной динамики цепей поставок....524

17.5. Динамическая многокритериальная модель и алгоритм интегрированного адаптивного планирования (planning) и нахождения расписаний (scheduling) цепей поставок....528

17.5.1. Планирование расписаний в цепях поставок: проблемы и тенденции....529

17.5.2. Методология решения задачи....532

17.5.3. Принцип работы модели и алгоритма....533

17.5.4. Математическая модель....536

17.5.5. Задача оптимального управления и алгоритм решения....544

17.5.6. Анализ результатов работы модели....548

Контрольные вопросы....553

Глава 18. Примеры расчетных моделей и алгоритмов оптимизации цепей поставок....555

18.1. Реализация модели управления адаптивными цепями поставок в Supply Network Dynamics Control и AnyLogic....555

18.2. Пример расчетов по поддержке принятия оперативных решений при регулировании цепей поставок....567

18.3. Алгоритм оценки устойчивости структуры цепи поставок....578

18.4. Модель расчета точки проникновения заказа в адаптивных цепях поставок....580

18.5. Генетический алгоритм решения задач оперативно-календарного планирования 587

18.6. Пример расчетов по анализу устойчивости цепей поставок .. 590

18.7. Динамическая модель планирования выполнения заказов в цепях поставок на основе мультиагентной системы 594

Контрольные вопросы 598

Заключение 599

Тенденции и проблемы развития управления цепями поставок 599

12 вопросов и ответов об управлении цепями поставок 606

10 основных заблуждений об управлении цепями поставок 611

Глоссарий 615

Список сокращений 629

Список литературы 635

Алфавитный указатель 655

Ответы на контрольные вопросы 659

То, что сейчас доказано,
однажды было просто воображено.

Уильям Блэйк

Предисловие

С каждым годом появляется все больше литературы по управлению цепями поставок. В России, наряду с изданием переводной литературы, появляются и первые книги российских авторов. Почему же возникла идея этой книги?

В большинстве переводной литературы представлен англо-американский взгляд на управление цепями поставок, описанный в свойственной этим авторам несколько абстрактной манере и ограничивающийся, как правило, проблемами стратегического управления. После прочтения этих книг зачастую остаются непонятыми ни весь масштаб цепей поставок, ни методы и технологии для практической реализации управления цепями поставок на тактическом и оперативном уровнях.

Работы многих российских авторов, во-первых, основаны на теоретических представлениях об управлении цепями поставок, а во-вторых, рассматривают лишь частные функции управления цепями поставок без их взаимосвязи. В большинстве случаев, эти работы имеют вообще очень мало общего с управлением цепями поставок как таковым, а описывают лишь некоторые смежные области знаний, как например, управление запасами или закупками. И, наконец, практически отсутствует литература по управлению цепями поставок как новой научной дисциплины со своими методами и моделями поддержки принятия управленческих решений.

Именно поэтому и появилась эта книга. Во-первых, в данной книге управление цепями поставок представлено именно с позиций целостности, а не набора несвязанных локальных функций. Во-вторых, книга написана на основе европейского (в первую очередь, немецкого) опыта управления цепями поставок, но при этом написана именно российским автором. Вы, уважаемый Читатель, сразу поймете это по стилистике и использованию специальных терминов (в отличие от большинства переводных книг, где англоязычные термины переводятся буквально, не передавая, а зачастую и искажая, их значение). В-третьих, книга ориен-

тирована не на абстрактные рассуждения о «стратегиях и парадигмах», а на конкретные методы и технологии управления цепями поставок. В-четвертых, книга раскрывает управление цепями поставок как новое научное направление.

В книге представлены и оригинальные разработки автора – адаптивные цепи поставок, управление цепями поставок в условиях неопределенности, междисциплинарная методология поддержки принятия решений по управлению цепями поставок, математические модели и алгоритмы управления цепями поставок. Эти разработки имеют как реализацию на практике, так и признание международной научной общественности; многие из них опубликованы в ведущих международных журналах.

Основная задача этой книги – дать ответы на следующие вопросы:

- Что такое управление цепями поставок?
- Кому нужно управление цепями поставок?
- Для чего нужно управление цепями поставок?
- Что можно достичь с помощью управления цепями поставок?
- Какие существуют виды цепей поставок?
- Как построить цепь поставок?
- Как управлять цепью поставок?
- Как выявить и улучшить свои цепи поставок?
- Какие существуют концепции и информационные технологии для управления цепями поставок?
- Какие задачи решает управление цепями поставок и каковы методы их решения на стратегическом, тактическом и оперативном уровне?
- Какие существуют математические методы поддержки принятия решений по управлению цепями поставок?
- Как выбрать подходящие методы и модели для решения практических задач управления цепями поставок?

В основу данной книги положены те вопросы, которые наиболее часто задают менеджеры и проблемы, с которыми приходится наиболее часто иметь дело при работе по построению и улучшению цепей поставок. Мы отказались от первоначальной мысли построить книгу в виде вопросов и ответов или сквозного описания одного из практических проектов управления цепями поставок. Классическое систематизированное изложение материала получилось значительно лучше. Но в конце книги, вместо резюме, приведены наиболее часто задаваемые вопро-

сы и краткие ответы на них. Полные же ответы даны в основной части книги.

Книга состоит из двух томов и четырех частей. Первый том «Основы, стратегии, технологии» ориентирован на сферу менеджмента. В первой части «Основы управления цепями поставок» системно рассмотрены сущность и эффективность управления цепями поставок, виды цепей поставок, тенденции развития, а также представлен обширный практический материал по теме управления цепями поставок. Во второй части «Построение системы управления цепями поставок на практике» раскрыты основные этапы внедрения управления цепями поставок.

Второй том «Моделирование, оптимизация и системный анализ» ориентирован на системы поддержки принятия решений и математические методы. В нем представлены материалы, посвященные комплексному рассмотрению вопросов математического и информационного моделирования и оптимизации цепей поставок, системному анализу и поддержке принятия решений. Особое внимание уделено обеспечению устойчивости цепей поставок, интегрированному моделированию цепей поставок и управлению структурной динамикой. Все материалы данной книги основаны на многолетнем европейском и российском опыте автора как в академической, так и в практической областях управления цепями поставок.

Хемниц - Санкт-Петербург, июнь 2009 г.
Автор

От управления цепями поставок (SCM) зависит до 30% эффективности бизнеса промышленных, логистических и торговых компаний. Значение SCM как ключевого фактора повышения доходности и конкурентоспособности бизнеса непрерывно возрастает. Именно поэтому SCM стремительно развивается, а инвестиции в цепи поставок будут увеличиваться и в будущем.

Автор

Вступление

Целью любого бизнеса является повышение прибыли и обеспечение долгосрочной конкурентоспособности. Для этого предприятие должно эффективно управлять финансовыми, материальными и информационными потоками. Последние два вида потоков являются предметом логистики. Логистика, начинавшаяся с технической реализации транспортных и складских операций, развилась к настоящему времени до интегрированной функции управления предприятием и является одним из важнейших элементов бизнеса современных предприятий.

Ключевым понятием в логистике является понятие потока. Потоки же, в свою очередь, формируются поставками. Вся история развития межорганизационного взаимодействия различных предприятий связана с поставками. Вместе с развитием кооперации и специализации предприятий развивались и методы управления поставками. В 90-х гг. 20 в. на экономическое развитие стали все сильнее влиять такие факторы, как глобализация, интеграция, повышение открытости рынков, а также информационные технологии и появление всемирного информационного пространства Интернет. Все это способствовало появлению новой концепции управления поставками – Supply Chain Management – управление цепями поставок.

Управление цепями поставок – это основная концепция управления поставками в современной экономике. Но не только это. Если бы все было так просто, управление цепями поставок не привлекло бы к себе такого внимания, этой тематике не посвящались бы огромное количество книг, журналов, конференций. Управление цепями поставок – это нечто большее, нежели управление поставками в логистическом аспек-

те. Управление цепями поставок является целостной концепции ведения бизнеса, объединяющей в себе передовые организационные принципы и возможности современных информационных технологий.

Управление цепями поставок тесным образом связано со стратегией бизнеса. Масштабы развития управления цепями поставок таковы, что специалисты говорят уже о перемещении конкуренции между предприятиями в сферу конкуренции цепей поставок. Эффективное управление цепями поставок - это один из решающих факторов сохранения и повышения уровня доходов и конкурентоспособности на современных и будущих рынках.

Управление цепями поставок направлено как на оптимизацию межорганизационного взаимодействия на основе самых современных методов управления и информационных технологий, так и на оптимизацию внутрифирменной логистики. Практика реализации управления цепями поставок в бизнесе позволяет говорить о том, что эта концепция является основной в современной логистике и будет стремительно развиваться и в будущем. Управление цепями поставок, с одной стороны, является частью логистики, а с другой – логистика является частью управления цепями поставок, т.к. в управлении цепями поставок интегрируются элементы логистики, производственного менеджемента, организации предприятий, маркетинга и информатики.

Примеров успешного управления цепями поставок на практике множество. Реализованные проекты по управлению цепями поставок показали возможность снижения общих затрат в цепи поставок до 60%, уровня запасов до 60 %, времени изготовления и поставок до 50 %, повышение точности поставок до 60%, улучшения использования мощностей до 20%, повышения прибыли за счет оптимизация процесса создания стоимости и снижения трансакционных издержек в области закупок и сбыта до 30 %, повышения качества продукции до 30%, увеличения оборота и доли рынка за счет повышения скорости реакции и гибкости цепей поставок до 55 %. Учитывая, что доля операционных затрат в цепи создания стоимости, приходящаяся на цепи поставок, составляет до 75%, а до 80% стоимости конечного продукта зависит от решений, принятых на этапе построения цепи поставок, значение эффективного управления цепями поставок трудно переоценить.

Управление цепями поставок направлено на достижение двух основных эффектов:

- увеличение размера дохода от продаж продукции/услуг за счет повышения уровня сервиса, точности поставок и снижения колебаний спроса;
- сокращение затрат за счет снижения уровня запасов, сокращения накладных и трансакционных издержек в закупках, складировании и сбыте, а также улучшения использования производственных и логистических мощностей.

Приведем некоторые примеры задач, решаемых в SCM:

- Как наилучшим образом сформировать сеть дистрибуции, производства и поставок?
- Как повысить качество прогнозов спроса и точность поставок?
- Как повысить устойчивость поставок и снизить риски?
- Как наилучшим образом организовать аутсорсинг, выбрать поставщиков и какие контракты с ними заключить?
- Как наилучшим образом выстроить отношения с клиентами с точки зрения эффективной политики управления поставками?
- Как наилучшим образом управлять запасами в цепи поставок?
- Как снизить время изготовления продукции, поставок и общего цикла выполнения заказа?
- Как повысить качество анализа поставок и контроллинга?
- Как достичь эффективной интеграции и координации поставок?
- Какие информационные технологии применять для SCM?

Решение всех этих и множества других задач направлено на достижение *главной цели управления цепями поставок:* повышения прибыли, увеличения доли рынка и минимизации совокупных затрат в цепи поставок для обеспечения устойчивости и конкурентоспособности бизнеса на долгосрочную перспективу. Для достижения этой цели существует целый комплекс различных стратегий, концепций, методов и технологий, многообразные комбинации которых способны значительно повысить эффективность бизнеса в различных отраслях экономики. Рассмотрению базовых теоретических основ и практического применения этих стратегий, концепций, методов и технологий, а также их комбинаций и посвящена эта книга.

Хемниц - Санкт-Петербург, июнь 2009 г.
Автор

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

ТОМ 1

Основы, стратегии и технологии

Часть I Основы управления цепями поставок

Часть II Построение системы управления цепями поставок на практике

Нет ничего практичнее хорошей теории.

Людвиг фон Больцман

ЧАСТЬ I

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Первая часть книги посвящена основам управления цепями поставок. В ней рассматриваются следующие вопросы:

- Роль управления цепями поставок в экономике предприятия
- Краткая история управления цепями поставок
- В чем заключается суть управления цепями поставок
- Роль и значение управления цепями поставок в цепи создания стоимости
- Определение цепи поставок и управления цепями поставок
- В чем заключаются особенности задач управления цепями поставок
- Кому необходимо управление цепями поставок
- В чем заключается и как измеряется эффективность управления цепями поставок
- Какие основные решения, на каких уровнях управления и на основе каких методов принимаются при управлении цепями поставок
- В чем заключается проблема неопределенности в цепях поставок и каковы методы ее решения
- В чем заключается координация цепей поставок
- Что такое контроллинг цепей поставок и SCOR
- Какие существуют методики оценки эффективности цепей поставок
- В чем заключаются современные тенденции развития управления цепями поставок
- Что такое адаптивные цепи поставок, где наиболее эффективно их применение и в чем заключается их эффективность.

Увидеть шанс еще не является искусством.
Искусство – это увидеть шанс первым.

Бенжамин Франклин

Глава 1. Сущность, значение и эффективность управления цепями поставок

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Роль управления цепями поставок в успехе бизнеса
- Краткая история управления цепями поставок
- В чем заключается сущность управления цепями поставок
- Роль и значение управления цепями поставок в цепи создания стоимости
- Определение цепи поставок и управления цепями поставок
- В чем заключаются особенности задач управления цепями поставок
- Кому необходимо управление цепями поставок
- В чем заключается эффективность управления цепями поставок
- Какие перспективы развития SCM в России

1.1. Краткая справка об управлении цепями поставок

Перед тем, как приступить к рассказу об управление цепями поставок (Supply Chain Management – SCM), считаем целесообразным кратко представить предмет нашего повествования. Для такого представления мы выбрали пять основных вопросов, которые возникают у людей, впервые встречающихся с управлением цепями поставок:

- Как давно существует управление цепями поставок?
- Какую роль SCM играет в моем бизнесе?
- Какова эффективность управления цепями поставок?
- Кто использует управление цепями поставок?
- Каковы перспективы управления цепями поставок?

Краткие ответы на эти вопросы содержатся в данном параграфе. Если же Вас заинтересовали данные вопросы и ответы, то тогда рекомендуем прочитать эту книгу.

1. История развития SCM. Впервые термин «управление цепями поставок» был употреблен в 1982 г. Массовое развитие SCM на практике относится ко второй половине 90-х гг. 20 в. В настоящее время SCM прочно занял место одной из основных функций управления предприятием и фактора конкурентоспособности.

2. Роль в экономике предприятия. SCM, наряду с управлением финансами, управление жизненным циклом изделий и управлением логистикой является одним из четырех основных элементов успеха бизнеса. SCM определяет до 30% дохода предприятия. От этапа конфигурирования цепей поставок зависит до 80% стоимости продукции, до 75% операционных затрат приходятся на цепи поставок.

3. Эффективность SCM. Повышение дохода от продаж и снижение затрат в цепи создания добавленной стоимости от 15 до 30%. Кроме того, достигаются следующие эффекты: снижение запасов, повышение точности планирования потребностей и поставок, повышение надежности и уровня сервиса, снижение трансакционных издержек от 15 до 60%. Эти эффекты достигаются за счет интеграции и координации бизнес-процессов для поддержания постоянного баланса между потребностями и поставками по всей протяженности цепи создания стоимости.

4. Кто использует SCM:

- Промышленные компании (автопром, авиапром, электротехника, фармацевтика, легкая промышленность)
- Торгово-распределительные сети
- Провайдеры логистических услуг
- Курьерско-экспедиторские компании
- Управляющие компании глобальными логистическими инфраструктурами

5. Перспективы SCM. По мере развития «рынков клиента», глобализации и информационных технологий, значение SCM как ключевого фактора повышения доходности и конкурентоспособности бизнеса непрерывно возрастает. Именно поэтому управление цепями поставок стремительно развивается, а инвестиции в цепи поставок будут увеличиваться и в будущем.

1.2. Роль управления цепями поставок в экономике предприятия

Еще несколько лет назад экономику предприятия и его организационную структуру было принято рассматривать через призму основных функциональных областей управления: маркетинг, разработка продукции, закупки, складирование, производство, сбыт, управленческий учет, финансы и бухгалтерия. Современные рыночные тенденции предполагают несколько иную логику построения экономики предприятия (см. рис. 1.1).

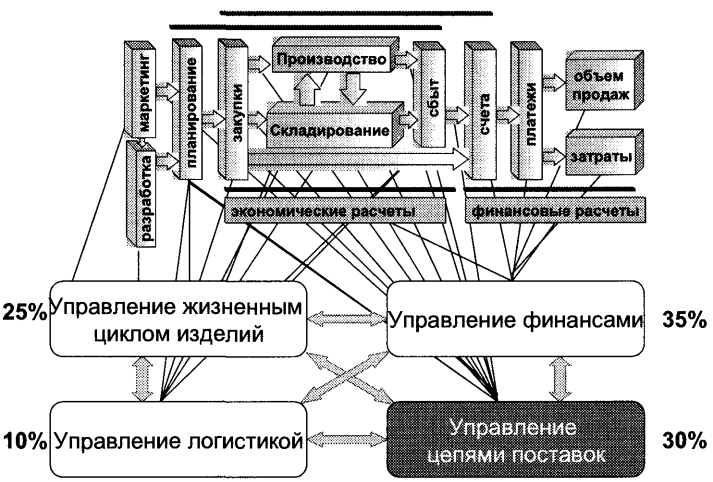


Рис. 1.1. Агрегирование основных функций управления предприятием

Всю совокупность обозначенных выше функциональных областей управления предприятием можно агрегировать в четыре блока:

- управлением финансами,
- управление жизненным циклом изделий,
- управлением логистикой,
- управление цепями поставок.

Управление жизненным циклом изделия объединяет в себе все стадии разработки, изготовления и использования продукта. На долю управле-

ния жизненным циклом изделия приходится около 25% успеха бизнеса. *Управление финансами* интегрирует в себе функции управленческого учета и управления финансовыми потоками, его доля в общем успехе бизнеса составляет около 35%. *Управление логистикой* отвечает за физическую реализацию преобразования материальных потоков на отдельных (локальных) участках цепи создания добавленной стоимости. Эффективность или неэффективность логистики может определять около 10% успеха бизнеса. *Управление цепями поставок* отвечает за балансирование потребностей и поставок интегрировано по всей цепи создания добавленной стоимости и определяет около 30% успеха бизнеса.

На рис. 1.2 представлены основные элементы управления предприятием. Основой всех рассуждений является *добавленная стоимость* и стремление к ее максимизации. Добавленная стоимость создается продуктом, точнее говоря, всеми стадиями получения продукта от источников первичного сырья до конечного потребителя (а в ряде случаев, и стадиями эксплуатации и утилизации продукции). Физическое получение продукта основано на локальных (но взаимосвязанных!) процессах преобразования (производство) и процессах движения материальных потоков (логистика).

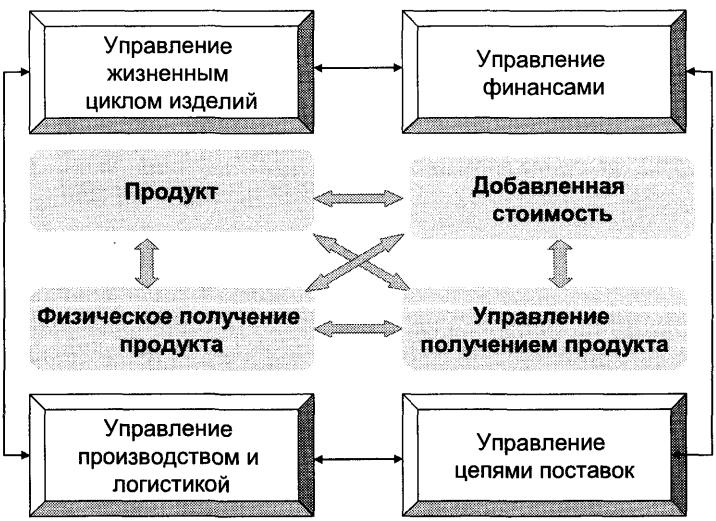


Рис. 1.2. Основные элементы управления предприятием

В современной экономике, продукт нужно не просто произвести, но и продать (т.е. произвести продукт с учетом потребностей рынка). Помимо этого, желательно произвести продукт с минимальными затратами ресурсов в цепи поставок. А для этого необходимо, с одной стороны, оптимизировать собственно производственные и логистические процессы, а с другой стороны – обеспечить поддержание постоянного баланса между потребностями и поставками, что реализуется на основе интеграции и балансирования локальных процессов по всей протяженности цепи создания добавленной стоимости.

Как показывает практика, именно этот второй аспект – *оптимизация связей* между производственными и логистическими процессами – является наиболее критичным относительно возможностей оптимизации бизнеса. Именно этот аспект и есть основной предмет SCM.

Все рассмотренные четыре «движущие силы» экономики предприятия находятся в теснейшей взаимосвязи. Управление жизненным циклом изделий связано с управлением цепями поставок, например, через подключение поставщиков и маркетинга уже на ранних стадиях к разработке новой продукции (см. подробно §6.4). Синхронизация материальных и информационных потоков положительно скажется на финансовых потоках. Эффективной является и оптимизация производственных и логистических процессов совместно с оптимизацией взаимосвязей между этими процессами [282].

Резюмируя, отметим, что управление цепями поставок является, наряду с управлением финансами, управление жизненным циклом изделий и управлением логистикой, одним из четырех основных элементов успеха бизнеса. SCM определяет до 30% дохода предприятия.

1.3. Краткая история развития управления цепями поставок

1.3.1. Эволюция производственно-логистических концепций

Производственно-логистические процессы претерпевают постоянные изменения, что приводит к появлению новых концепций организации и

управления промышленными и транспортными предприятиями, адекватных уровню развития рыночных отношений. Это развитие с 60-х гг. XX века до настоящего времени представлено на рисунке 1.3 на примере стран с развитой рыночной экономикой [171].

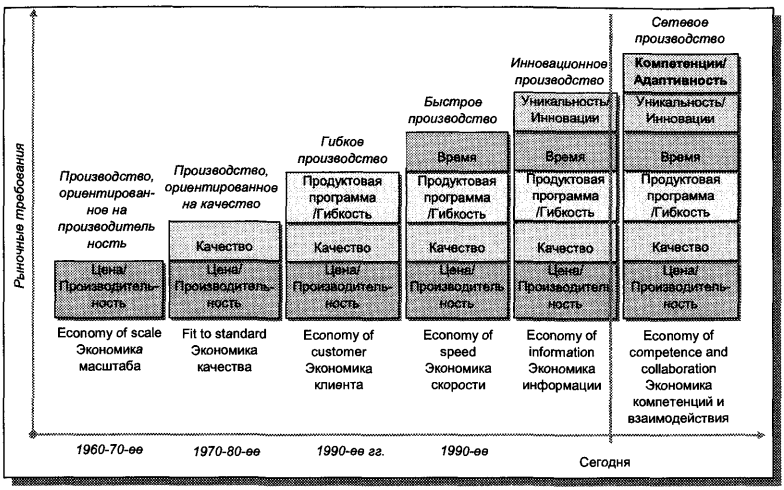


Рис. 1.3. Эволюция производственно-логистических концепций

За рассматриваемый период времени произошел переход от ненасыщенного «рынка производителя» к насыщенному «рынку потребителя». Этот переход начался в 60-е гг. с возрастанием роли маркетинга в условиях массового производства однородных продуктов с небольшим количеством вариантов на «анонимный» рынок (экономика масштаба).

После первоначального насыщения рынка существенную роль стали играть требования потребителя к качеству товаров, что проявилось в философии всеобщего управления качеством (Total Quality Management – TQM). Возникающие при этом дополнительные затраты компенсировались за счет безупречного качества продукции.

Повышение качества повлекло за собой индивидуализацию требований клиентов, что привело к развитию ориентированной на клиента философии ведения бизнеса (экономика клиента).

Непосредственным влиянием этой тенденции на производство и логистику стали требования к сокращению длительности производственного цикла, низкому уровню запасов, высокой надежности в соблюде-

нии сроков поставки, а также к гибкости производства и логистики (число вариантов видов продукции росло чрезвычайно быстро).

Другой важной тенденций развития промышленности и логистики в 80-90-ее гг. стал эффект скорости (скорости реакции на рыночные изменения, вывода продукции на рынок, обслуживания продукции и т.д.). Данному периоду соответствует развитие концепций Lean Production («бережливое, гибкое» производство) и Just-in-Time (точно-во-время).

В последнее десятилетие многие компании переместили свое внимание с вопросов внутриорганизационной реструктуризации бизнес-процессов на ключевые компетенции и межорганизационное взаимодействие. Это привело к распространению концепции *аутсорсинга*, т.е. привлечению сторонних организаций для выполнения работ, не являющихся ключевыми компетенциями для данной компании. Если первоначально внимание фокусировалось на внутренних процессах в организациях, то в 90-х гг. произошел переход к внешней интеграции участников цепи создания стоимости *(Value Chain Management)*.

Современная ступень развития промышленности и логистики определяется такими понятиями как компетенции (развитие тех направлений деятельности, по которым предприятие является наиболее конкурентоспособным), виртуальность и взаимодействие (участие в различных сетевых структурах, цепях поставок, виртуальных предприятиях, широкое использование Интернет-технологий).

В целом, изменения в организации производства и логистики связаны с выделением ключевых компетенций предприятий, аутсорсингом не основных бизнес-процессов и формированием гибких инструментов организации производства, основанных на создании узкоспециализированных участков и сегментов внутри предприятия (модулей, компетенц-единиц и т.д.) [6, 26, 48, 169, 171, 180, 185, 219, 228, 229, 230, 291], а также с развитием кооперационных стратегий управления на принципах *стратегического взаимодействия* с партнерами по бизнесу.

Предпосылками происходящих изменений в подходах к организации и управлению бизнесом являются, прежде всего, появление новых форм конкурентной борьбы, основанных на стратегическом взаимодействии (Collaboration) предприятий, а также все большее проникновение информационных технологий в бизнес [24, 111, 157, 171, 197, 206, 228, 229, 235, 236, 237, 246, 319].

Современные изделия все чаще разрабатываются и изготавливаются одновременно на нескольких, географически распределенных предпри-

ятиях, в том числе в «виртуальном режиме», на основе использования интернет-технологий. Кроме того, все большее влияния на экономику предприятий оказывают внепроизводственные, т. е. не связанные напрямую с технологическими процессами, стадии жизненного цикла изделий (ЖЦИ), такие как сбыт, поставки, сервисное обслуживание. Это требует поиска новых резервов повышения эффективности производства и логистики, основанных на развитии межфирменных кооперационных связей и создании единых информационных каналов с поставщиками и клиентами.

1.3.2. История развития управления цепями поставок

Развитие управления цепями поставок имеет объективные основы. В 90-х гг. 20 в. явно обозначились три тенденции: превышение предложением спроса, глобализация рынков и информатизация общества. Эти тенденции вызвали изменения в стратегиях обеспечения конкурентоспособности и доходности бизнеса (см. рис 1.4).

Рис. 1.4. Объективные основы развития управления цепями поставок

Для обеспечения конкурентоспособности предприятия стали вынуждены *индивидуализировать* продукцию и максимально учитывать потребности клиентов. В 90-е гг. 20 в. начали активно осваиваться новые рынки Юго-Восточной Азии, Южной Америки, Восточной Европы и России. Многие предприятия перенесли в эти регионы свои производственные мощности. Начал стремительно увеличиваться объем перевозок, в т.ч. межконтинентальных.

Стремительное развитие *информационных технологий* для управления бизнесом и появление глобального информационного пространства Интернет предоставило принципиально новые возможности для управления бизнесом.

Все это в совокупности привело к тому, что рассмотрение *всей цепи создания добавленной стоимости* (Value Chain), всех ее внутрифирменных и межорганизационных участков и мест стыковки различных этапов цепи создания стоимости, а не оптимизации локальных функций управления собственного предприятия стали решающими факторами обеспечения конкурентоспособности и доходности бизнеса. Это и определило развитие управления цепями поставок.

Практика SCM доказала эффективность построения и анализа бизнеса исходя из интегрированного рассмотрения всех участков и мест стыковки различных этапов цепи создания стоимости, а не оптимизации локальных функций управления собственного предприятия.

Первое использование термина «управление цепями поставок» принято относить к консультантам Р. Оливеру и М. Веберу. Именно они в своей статье «Supply Chain Management: Logistics catches up with strategy» в 1982 году предложили рассматривать материальные потоки от производителей исходного сырья до конечного потребителя в рамках интегрированной стратегии, назвав ее управлением цепями поставок [126].

Впервые термин «управление цепями поставок» был использован Р. Оливером и М. Вебером в 1982 г.

К истокам возникновения управления цепями поставок следует также отнести значительно более ранние работы: Алдерсона [2] по развитию концепции *отложенной дифференциации продукции* (postponement), Форрестера [54, 325] в 1961 г. по анализу *структурной динамики* и

Bullwhip-эффекта (эффекта хлыста), Бауэрсокса [20] в 1969 г. в области взаимодействия и кооперации, Геофриона и Грэйвса [58] в 1974 г. в области запасов, производства и дистрибуции. Первая книга по управлению цепями поставок появилась в 1992 г. [35].

По мнению большинства специалистов, отправным пунктом к появлению и развитию концепции управления цепями поставок явилось стремление к снижению *неопределенности* на основе интенсивно развивавшихся в 70-80-х гг. 20 в. методов и моделей кооперации и многоуровнего (multi-echelon) управления запасами, т.е. на нескольких предприятиях одновременно [58, 67]. О цепях поставок тогда речи еще не шло.

В 70-80-е гг. активно развивались концепции синхронизации процессов дистрибуции, производства и поставок. На практике наибольшее распространение получила концепция «точно вовремя» (Just-in-Time). Ряд специалистов связывает появление управления цепями поставок с аспектом рационального использования производственных мощностей. Без управления цепями поставок предприятия были вынуждены планировать производство с учетом значительных буферных интервалов, т.к. процессы поставок не были синхронизированы ни с поставщиками, ни с клиентами. С тех пор понимание управления цепями поставок значительно изменилось.

На практике управление цепями поставок (ЦП) стало развиваться в 90-х гг. 20 в США, Европе и Японии в ориентированных на индивидуального клиента отраслях промышленности (таких, как автомобильная, легкая промышленность, электротехника) и торговли. Все возрастающее значение управления цепями поставок связано с развитием аутсорсинга, усилением конкуренции и появлением новых форм конкурентной борьбы в условиях глобализации и интеграции, а также развитием информационных технологий, логистики, расширением спектра логистических услуг и возрастанием роли логистических провайдеров.

Новый виток развитию управления цепями поставок придали корпоративные *информационные системы*, а позже и Интернет-технологии, позволившие существенно повысить эффективность координации процессов в цепи поставок. Информационные технологии явились, с одной стороны, средой обеспечения и повышения эффективности цепи поставок, а с другой стороны - мощным инструментом развития новых концепций управления цепями поставок.

С помощью информационных технологий появилась возможность реализовать одну из основных идей управления цепями поставок – информационную координацию и синхронизацию спроса и поставок. Именно *интеграция и координация* принципиально отличает управление цепями поставок от традиционных концепций межфирменной кооперации. С 90-х гг. 20 в. и по настоящее время именно бизнес является движущей силой развития управления цепями поставок, наука большей частью лишь следует ему, а не является источником развития.

Внутри- и межфирменная интеграция и координация принципиально отличает управление цепями поставок от традиционной кооперации.

В настоящее время управление цепями поставок развивается стремительно и приобретает все большую значимость для промышленных, логистических и торговых предприятий. Практика управления цепями поставок доказала эффективность построения и анализа бизнеса исходя из интегрированного рассмотрения всех участков и элементов процесса создания стоимости продукта, а не только затрат и прибыли собственного предприятия без учета влияния на них межорганизационных связей с поставщиками и отношений с клиентами.

Можно выделить пять отраслевых направлений, в которых управление цепями поставок является одним из основных инструментов повышения эффективности бизнеса: авиастроение, автомобилестроение, электротехника, оптовая и розничная торговля, потребительские и фармацевтические товары.

В России об управлении цепями поставок впервые заговорили в 2000-2001 гг. В этот период появились первые переводные книги известных зарубежных авторов Д. Бауэрсокс, Д. Клосс, М. Кристофер, а позже К. Ламберт, Д. Сток [202, 263, 313]. В данных работах представлен англо-американский взгляд на управление цепями поставок, описанный в свойственной этим авторам несколько абстрактной манере. В первую очередь, эти книги ориентированы на стратегическое управление цепями поставок. Вопросы практической реализации управления цепями поставок, технологий, методов и моделей на тактическом и оперативном уровнях принятия решений в указанных работах практически отсутствуют.

Первая книга российского автора по управлению цепями поставок, Д.А. Иванова, появилась в 2003 г. [230]. Она основана на европейском,

главным образом, немецком, опыте управления цепями поставок (виртуальные предприятия и логистические цепи) и ориентирована на конкретные технологии реализации управления цепями поставок, вопросы планирования и оперативного управления цепями поставок. В дальнейшем, автором были опубликованы еще две книги по управлению цепями поставок [228, 229].

Вопросы управления цепями поставок стали приобретать все большее значение в 2003-2005 гг. В этот период появляется первый в России специализированный журнал по управлению цепями поставок под редакцией В.В. Дыбской и В.И. Сергеева. В 2006 г. по их инициативе создается первая в России кафедра управления цепями поставок в рамках Международного Центра Логистики Государственного Университета – Высшая Школа Экономики, в котором проводится обучение по международным и российским сертифицированным программам по управлению цепями поставок. Элементы подобных образовательных программ предлагаются и рядом других образовательных учреждений в кооперации с американскими и немецкими вузами. В 2007–2008 гг. выходят в свет переводные американские книги по управлению цепями поставок [267, 323].

Широко начинают развиваться и отраслевые решения в управлении цепями поставок. В первую очередь, следует отметить работу Л.Б. Миротина и А.Г. Некрасова в отрасли авиастроения, а также межотраслевых проблем безопасности и рисков в цепях поставок [275, 276, 280, 281], усилиями которых создано также российское отделение Совета по цепям поставок и подкомитет ГОСТ Р/ТК 355/ПК6 «Автоматическая идентификация в интегрированной логистике». Вопросы стратегии и надежности управления цепями поставок находят развитие в работах С.А. Уварова и Е.И. Зайцева [252, 320, 321]. Управление запасами в цепях поставок представлено в работах А. Стерлиговой [312].

Управление адаптивными цепями поставок и виртуальными предприятиями изучается российско-немецкой группой под руководством Д.А. Иванова, А.В. Архипова, Б.В. Соколова и Й. Кэшеля [74, 75, 76, 79-83, 85-87, 90-93, 199, 201, 254]. Информационные технологии в цепях поставок рассматриваются в работах Е.И. Зайцева, А.В. Смирнова, Б.В. Соколова [92, 151, 225, 305].

Вопросы оптимизации цепей поставок представлены в работах В.С. Лукинского [271]. Под его же научной редакцией издается и перевод книги американского экономиста-математика М. Шапиро [332]. Вопро-

сы SCM широко обсуждаются на крупнейших международных научно-практических конференциях в России: «DR-LOG – Российско-Немецкая конференция по логистике» [251-253], «Логистика: современные тенденции развития», «Московский Международный Логистический Форум».

Можно говорить и о внедрении управления цепями поставок в российском бизнесе – промышленными предприятиями, дистрибуторскими организациями и провайдерами логистических услуг. Все большее применение на практике находят консалтинговые услуги и информационные решения для управления цепями поставок (SAP, *i*2, AnyLogic и др.). Примеры реализации управления цепями поставок на практике представлены в журналах «Логистика. Управление цепями поставок», «Интегрированная логистика», «Логистика», «Логистика сегодня».

Следует отметить, что опыт управления цепями поставок в России пока еще очень небольшой. Даже в США и Японии, где этот опыт насчитывает уже 10-15 лет, далеко не все, даже крупные компании, до конца осознали, что же такое управление цепями поставок, ограничиваясь лишь локальной оптимизаций некоторых интегрированных процессов, например транспортировки и складирования. В России ситуация пока еще более сложная. Массовое внедрение управления цепями поставок на практике в России следует ожидать в 2010 – 2015 гг.

В настоящее время в управлении цепями поставок уже явно обозначился переход от простой информационной координации и операционной кооперации к целостному взаимодействию в цепях поставок, что приводит к пониманию управления цепями поставок как концепции управления бизнесом.

В России и за рубежом управление цепями поставок рассматривается с трех основных позиций:

- как бизнес-концепция,
- как самостоятельное научное направление и
- как среда информационного взаимодействия предприятий.

Бизнес-процессы и информационные технологии, на практике теснейшим образом связанные друг с другом, рассматриваются во многом обособленно друг от друга. Это же касается и вопросов моделирования и оптимизации цепей поставок. Установление взаимосвязей между этими тремя направлениями – бизнес-концепции, информационные технологии и моделирование цепей поставок является в настоящее время одной из важнейших задач [71, 72].

1.3.3. Управления цепями поставок и логистика

Специалисты часто спорят как о взаимоотношении *логистики и управления цепями поставок*, так и о содержании этих дисциплин. С одной стороны, это связано с объективными причинами – логистика и управление цепями поставок и за рубежом толкуются зачастую в различных аспектах, а в России, где эти дисциплины появились лишь несколько лет назад, различие еще больше. С другой стороны, в логистику и управление цепями поставок пришли люди с богатейшим, но различным багажом знаний. Это играет как положительную роль (логистика и управление цепями поставок обогащаются за счет слияния различных дисциплин и формируются как междисциплинарные дисциплины), так и отрицательную роль (в силу субъективных причин, люди склонны сводить проблемы логистики и управления цепями поставок к тому багажу знаний, которыми они обладают).

В начале развития управления цепями поставок в середине 1990-х гг. оно трактовалось как некоторое дополнение к логистике. В настоящее время, *управление цепями поставок является самостоятельной научной дисциплиной.*

Приведем несколько аргументов и примеров, свидетельствующих об объективных основах междисциплинарности как фундаментального понятия в управлении цепями поставок. Одним из ключевых понятий в логистике является понятие потока. Потоки же, в свою очередь, формируются поставками. Понятие «поставка» играет в логистике фундаментальную роль. Вся история развития межорганизационного взаимодействия различных предприятий связана с поставками. Вместе с развитием кооперации и специализации предприятий развивались и методы управления поставками. Управление цепями поставок – это основная концепция управления поставками в современной экономике.

Единой точки зрения на проблему взаимоотношений логистики и управления цепями поставок вряд ли удастся достичь в ближайшем будущем. Дискуссии о логистике и управлении цепями поставок часто напоминают известную сцену из кинофильма о том, что останется через 20 лет – кино или театр. Как мы можем видеть сейчас, остались и кино, и театр.

В работе [118] приведены четыре основные точки зрения на взаимосвязь логистики и управления цепями поставок, доминирующие в современной литературе:

- логистика как часть управления цепями поставок,
- управление цепями поставок как часть логистики,
- управление цепями поставок вместо логистики,
- логистика и управление цепями поставок как две независимые дисциплины, имеющие некоторые точки пересечения.

Если суммировать все многообразие мнений по поводу связи логистики и управления цепями поставок, можно прийти к следующему заключению: логистика ориентирована, главным образом, на *локальные функции* реализации физического потока преобразования материалов, в то время как управление цепями поставок ориентировано на всю цепь создания добавленной стоимости и оптимизацию *связей* между этими локальными функциями как внутри предприятий, так и на межорганизационном уровне (см. рис. 1.5).

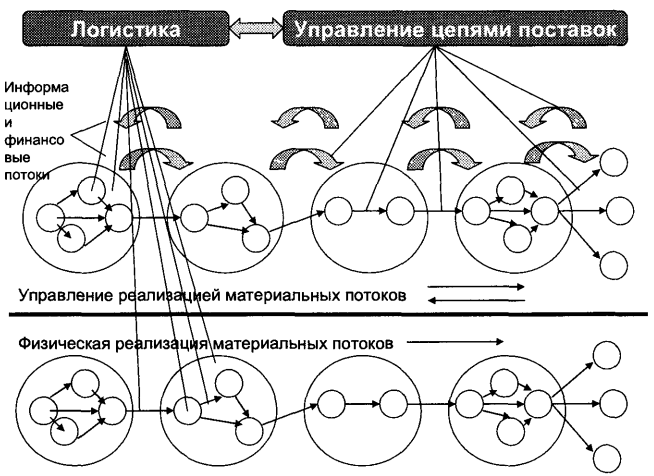


Рис. 1.5. Взаимосвязь логистики и управления цепями поставок

На рис. 1.5 разделены сферы формирования и реализации материальных и информационных потоков (нижняя часть рисунка) в локальных узлах цепей поставок и управления связями между этими локальными узлами (верхняя часть рисунка). По сути, логистика занимается элементами (кругами) на рис. 1.5, а SCM – связями между этими элементами. Под связями, в данном случае, мы понимаем управленческие (информационные и финансовые) связи, а не транспортировку.

Логистика тяготеет к уровню физической реализации материальных потоков, а управление цепями поставок – к управленческому уровню (информационные и финансовые потоки). Иными словами, логистика обеспечивает реализацию правила «7П» (Правильный товар, в Правильном месте, в Правильное время, в Правильном количестве, с Правильным качеством, в Правильной упаковке, с Правильными затратами) на локальных участках цепи создания стоимости, а управление цепями поставок балансирует поставки по всей протяженности цепи создания стоимости для полного удовлетворения потребностей клиентов.

Предметом логистики является формирование и реализация потоков в локальных узлах цепей поставок, а предметом SCM является согласование (координация) и балансирование поставок между этими локальными узлами на всей протяженности цепи создания добавленной стоимости для возможно полного удовлетворения потребностей клиентов и обеспечения устойчивости и гармоничности сложных производительно-экологических систем на бесконечном отрезке времени.

Примерами задач, решаемых в логистике, могут служить управление внутрискладскими операциями, оптимизация транспортных маршрутов, расчет оптимального размера партии закупок (EOQ), оптимизация запасов материалов, проектирование подъемно-транспортных систем и систем перегрузки при интермодальных перевозках. *Примерами задач управления цепями поставок* могут являться формирование сети дистрибуции, производства и поставок, прогнозирование спроса и поставок, интеграция и координация поставок, управление отношениями с поставщиками и клиентами, управление запасами в цепи поставок, интеграция процессов изготовления продукции, поставок и общего цикла выполнения заказа, анализ поставок и контроллинг.

Безусловно, однозначное разделение задач логистики и управления цепями поставок невозможно. Очень многие задачи пересекаются и решаются одновременно и в логистике, и в управлении цепями поставок. Но, в тоже время, и к фразе «логистика и управление цепями поставок» нужно относиться осторожно. В принципе, такая формулировка неошибочна. Но многое зависит от того, что вкладывается в эту формулировку. Если рассматриваются аспекты SCM, дополняющие логистику, то ошибки нет. Но при этом нужно понимать, SCM является *самостоя-*

тельной дисциплиной и логистика в ней является лишь одной из составных частей. Поэтому рассмотрение SCM некого частного случая логистики применительно к фразе «логистика и управление цепями поставок» является ошибочным.

Приведем несколько примеров, свидетельствующих о междисциплинарности как фундаментальной основы SCM. Кооперация является основой управления цепями поставок. Само же понятие кооперации является одним из основных объектов исследования в промышленности. Но формируемые в рамках кооперации процессы поставок являются уже объектом исследования логистики.

В управлении цепями поставок происходит все большее слияние сфер промышленности, производственного менеджмента и логистики. В управлении цепями поставок объединяются стратегические цели производства и логистики. Целью промышленности является повышение гибкости процессов и повышение производительности. Целью логистики является обеспечение промышленного производства и торговли необходимыми материалами или конечной продукцией с оптимизацией запасов (по возможности, без складирования) с одновременным снижением логистических затрат и повышением уровня логистического сервиса. SCM делает возможным достижение этих целей.

Современные рынки являются в большинстве случаев рынками клиентов, что ставит перед предприятиями требования ведения бизнеса на принципах ориентированности на клиента. Это означает необходимость своевременного распознавания потребностей клиента, быструю реакцию на их изменения, учет индивидуализации заказов клиентов и быструю концентрацию необходимых ресурсов для их выполнения.

С другой стороны, основные тенденции производственного менеджмента состоят в развитии специализации предприятий, выделении ключевых компетенций, сокращении не основных процессов с последующим их приобретением у партнеров по бизнесу (концепция аутсорсинга). Это вызывает значительное увеличение кооперационных связей и сфер взаимодействия предприятий.

SCM является целостной концепции ведения бизнеса, объединяющей в себе передовые организационные принципы и возможности современных информационных технологий. SCM тесным образом связано со стратегией бизнеса, функциями стратегического менеджмента, конкурентной и маркетинговой стратегией фирмы.

Помимо кооперации, другим важнейшим элементом управления цепями поставок является координация. Основой эффективной координации являются информационные технологии. ИТ также весьма разнообразны и выполняют различные функции: планирование цепей поставок, мониторинг цепей поставок, протоколы стыковки данных различных информационных систем, системы радиочастотной идентификации и отслеживания поставок в режиме реального времени.

SCM теснейшим образом связано как с информатикой и автоматизацией, так и с инженерно-технологическими дисциплинами (см. рис. 1.7).

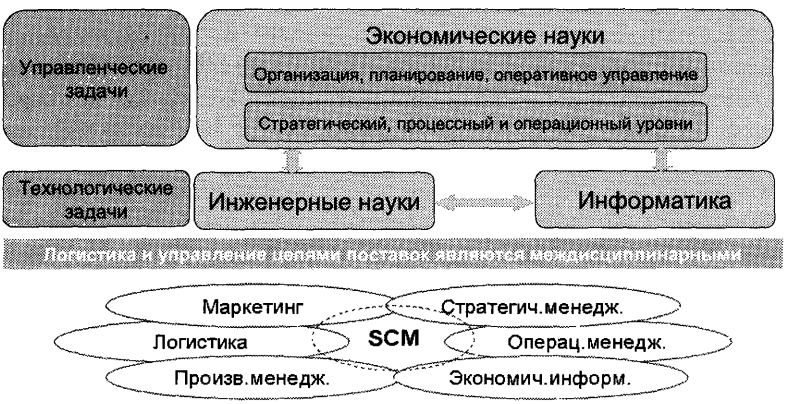


Рис. 1.7. Основы междисциплинарности управления цепями поставок

В настоящее время фокус управления цепями поставок перемещается в управленческую плоскость, в первую очередь, относительно функций организации, планирования, анализа, контроля и регулирования цепей поставок. Эти функции реализуются на стратегическом, процессном и операционном уровнях.

Для реализации этих управленческих функций необходимы определенные технологии, в первую очередь, инженерные и информационные (а также ряд других технологий, в частности, правовых). С другой стороны, именно уровень развития технологической инфраструктуры во многом определяет возможности реализации и пути развития управленческих концепций.

Таким образом, эффективное управление цепями поставок должно основываться на комплексном рассмотрении экономических, инженерных, информационных и правовых дисциплин.

Мировой научный и образовательный опыт также свидетельствует в пользу междисциплинарности управления цепями поставок. Проблемы управления цепями поставок широко рассматриваются в ведущих мировых журналах по самым различным дисциплинам, например Management Science, International Journal of Production Research, Journal of Supply Chain Management, Journal of Business Logistics, International Journal of Integrated Supply Management, Operations Research, European Journal of Operational Research, Production and Operations Management, Industrial Marketing Management, International Journal of Physical Distribution and Operations Management и др.

Управление цепями поставок преподается в мире на различных факультетах (экономических, машиностроительных, информационных технологий) и специалистами различных кафедр (логистики, управления предприятием, производственного менеджмента, операционного менеджмента, информационного менеджмента, стратегического менеджмента, подъемно-транспортных машин, экономической информатики и др.). Есть еще одна интересная тенденция на всемирных конференциях – если еще три-четыре года назад управление цепями поставок выделялось в отдельные секции, то в настоящее время этого уже часто не происходит по той причине, что управление цепями поставок является темой докладов в самых различных тематических секциях.

Приведенные выше примеры наглядно свидетельствуют о необходимости построения образовательных программ по управлению цепями поставок на междисциплинарной основе, объединяя экономические, технические и информационные дисциплины. Управление цепями поставок является частью логистики, логистика же, в свою очередь, является частью управления цепями поставок. Другими элементами управления цепями поставок являются производственный менеджмент, стратегический менеджмент, операционный менеджмент, управление качеством, маркетинг, информационные технологии, организация предприятия, инженерные дисциплины.

Управление цепями поставок является самостоятельной научной дисциплиной.

Современной тенденцией является дальнейшее структурирование управления цепями поставок как самостоятельной дисциплины. Через несколько лет уже нельзя будет сказать: «Я занимаюсь управлением цепями поставок», т.к. в этой дисциплине появится достаточно четкое разделение ролей, например стратегическое планирование цепей поставок, оперативное управление цепями поставок, координация цепей поставок, мониторинг цепей поставок, контроллинг цепей поставок и т.д. Все более важную роль будут играть отраслевые аспекты логистики и управления цепями поставок, т.к. логистические решения существенным образом зависят от технологии той или иной отрасли.

Приведем два небольших примера из практики. К нам обратился директор предприятия-производителя верхней одежды с проблемой устойчивого снижения уровня продаж в нескольких десятках его фирменных магазинах. Анализ показал, что, во-первых, магазины расположены географически неблагоприятно, во-вторых, цены на одежду в них выше среднего при среднем качестве, в-третьих, поставки в магазины осуществляются без какой-либо предварительной информации о спросе, т.е. покупателю предлагается купить то, что есть. Анализ «лучших практик» в данной отрасли показал, что возможно существенное повышение эффективности подобного бизнеса за счет сотрудничества с крупными торговыми центрами, изменения отношений с поставщиками за счет внедрения прогрессивных технологических процессов, концепций информационного взаимодействия и информационных технологий, а также улучшения анализа рынка.

Приведем другой пример. Крупная аптечная сеть испытала проблему со снижением количества покупателей. Все оказалось очень просто: аптеки работали по принципу накопления больших запасов в каждом из филиалов, при этом оперативной связи между филиалами и крупными дистрибуционными центрами не существовало. Если покупатель приходил в аптеку и там не было нужного лекарства, ему ничего не предлагали. Другие же аптечные сети в регионе были объединены в единую информационную сеть как друг с другом, так и с центральным складом. Поддерживая минимальные запасы в филиалах, они были в состоянии получить нужный клиенту товар в течение 3 часов или доставить его на дом в течение дня.

Для представленных в этих двух примерах комплексов оптимизационных мер существуют и необходимые бизнес-концепции, и информа-

ционные технологии, и технологические решения. Просто как менеджеры на предприятиях, так, зачастую, и консультанты не владеют этими технологиями или владеют только одной из них.

Вот почему так важна междисциплинарность в подготовке специалистов по управлению цепями поставок: они должны знать, какие есть бизнес-концепции оптимизации поставок (например, модульная стратегия производства, гибкие схемы взаимодействия с поставщиками и клиентами), какие есть информационные технологии для оптимизации цепей поставок и как построена система технологий данной отрасли. Реальное повышение эффективности бизнеса за счет улучшения цепей поставок возможно только при сочетании и рассмотрении во взаимосвязи этих трех направлений оптимизации.

1.2. Сущность цепей поставок и управления ими

На практике и в теории управление цепями поставок трактуется в самых различных аспектах – от простого согласования планов сбыта и поставок несколькими компаниями до всеобъемлющей концепции управления бизнесом в 21 веке. Подобное различие обусловлено, во-первых, недостаточной научной проработанностью теоретических и методологических основ управления цепями поставок, отсутствием классификаций и т.д., а во-вторых – чрезмерной абстрактностью имеющихся результатов вследствие недостаточного числа интегрированных формальных методов и моделей, учитывающих специфику сложных распределенных экономических систем.

Многие основополагающие понятия SCM не получили до сих пор однозначного определения и по-разному трактуются многими авторами, которые, как правило, ограничиваются интуитивным пониманием различных терминов. Это приводит к отсутствию должного смыслового единства при решении различных задач управления цепями поставок, логической некорректности, неоднозначности понимания результатов работ и сферы применения предлагаемых методик. В связи с этим возникает потребность в теоретическом осмыслении комплекса междисциплинарных проблем управления цепями поставок.

1.2.1. Цепь создания стоимости и управление цепями поставок

Принципиальным понятием в управлении цепями поставок является понятие *цепи создания стоимости* (Value-adding chain). SCM является основным методом повышения эффективности цепи создания стоимости, а, следовательно, и увеличения доходности бизнеса. Принципиальные организационная и функционально-информационная схемы цепи создания стоимости показаны на рисунках 1.8 и 1.9.

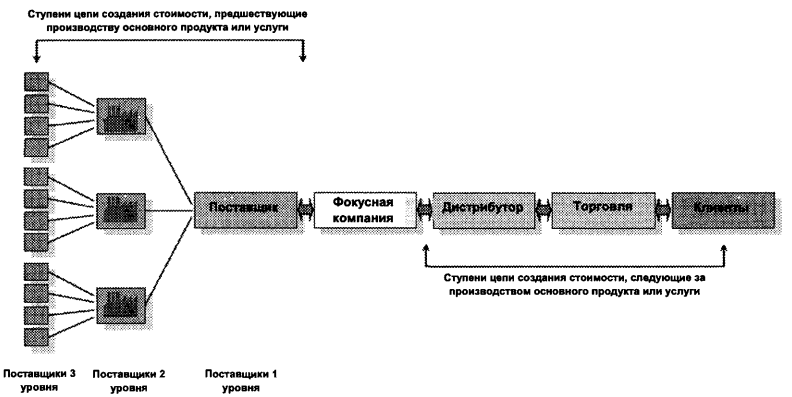


Рис. 1.8. Принципиальная организационная схема цепи создания стоимости

Принципиальным понятием в SCM является понятие цепи создания стоимости. SCM является основным методом повышения эффективности цепи создания стоимости, а, следовательно, и увеличения доходности бизнеса.

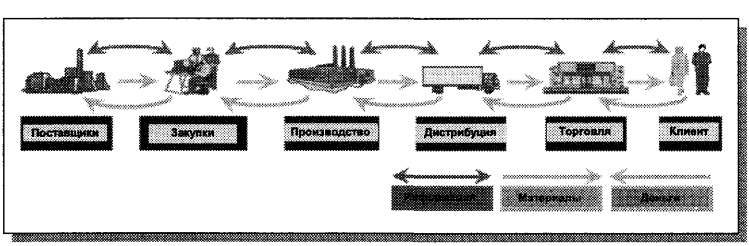


Рис. 1.9. Функциональная схема цепи создания стоимости

Для того чтобы точнее описать суть управления цепями поставок, рассмотрим цепь создания стоимости, характерную для большинства предприятий в 70-80-е гг. 20 в. (рис. 1.10).

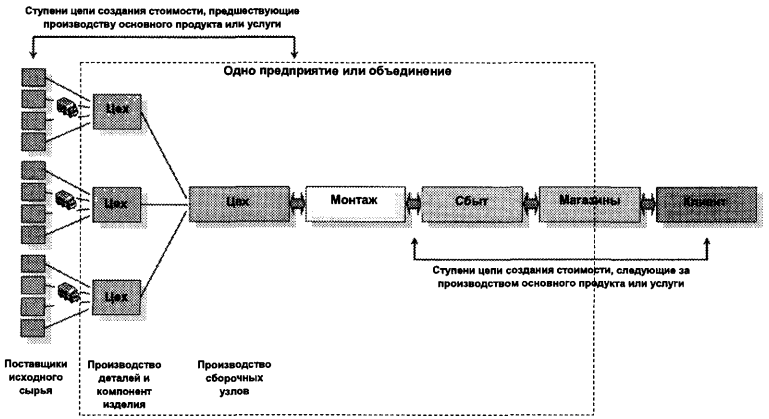


Рис. 1.10. Цепь создания стоимости в 70-80-е гг. 20 в.

До развития концепции управления цепями поставок большинство бизнес-процессов и технологических процессов было сосредоточено в рамках одного крупного предприятия или производственного объединения. Кооперация существовала между цехами предприятия и с поставщиками исходного сырья. Зачастую предприятия осуществляли и сбыт своей продукции через собственную розничную сеть. Конечно же, никакой речи о создании обратной связи с клиентами и развитии горизонтально-интегрированных структур для системной координации собственной деятельности с планами поставщиков не шло.

Другой проблемой неэффективного формирования цепи создания стоимости в экономике СССР (а во многих отраслях экономики, к сожалению, и по сей день) является направление формирования цепи создания стоимости. Подобное неэффективное направление формирования цепи создания стоимости было объективно обусловлено вертикально-плановым характером экономики СССР с практическим отсутствием

рыночных отношений в горизонтальных экономических связях[1]. Рассмотрим это на конкретном примере (см. рис. 1.11).

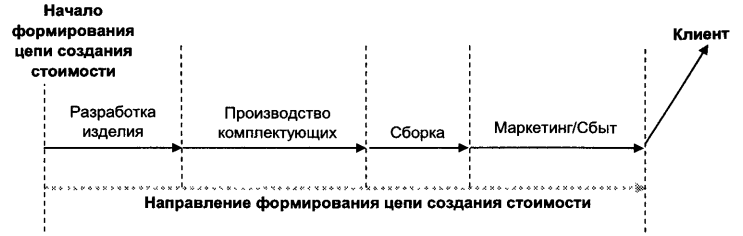


Рис. 1.11. Неэффективное формирование цепи создания стоимости

На рис. 1.11 показан пример неэффективного формирования цепи создания стоимости.

Данная ситуация очень типична для наукоемких отраслей промышленности, например, авиастроения. Ситуация выглядит примерно следующим образом: принимается решение о строительстве нового самолета, запускаются работы по проектированию изделия, далее определяются поставщики комплектующих, налаживается технология сборки и когда самолет уже готов, определяется его цена и начинается поиск клиентов. Весь этот цикл – от запуска конструкторских работ до готовности самолета к продаже – занимает несколько лет. За это время может устареть и модель самолета, могут измениться цены на рынке и т.д.

Рассмотрим современную структуру цепи создания стоимости (рис. 1.12).

---

[1] Экономику СССР часто называют плановой. Особенно молодых людей это часто вводит в заблуждении, создавая впечатление, что именно планирование было самым большим недостатком советской экономики. Но этим недостатком было не планирование как таковое, а именно планирование «сверху» на основе задания планов по «валовой продукции» без учета фактического потребительского спроса. Планирование же, как таковое, является одной из основных функций управления и в рыночной экономике. Российской рыночной экономике еще нет и 20 лет, и пороки вертикально-плановой экономики все еще продолжают негативно сказываться на эффективности экономического развития. В этих условиях управление цепями поставок может стать мощным и эффективным инструментом развития в российской экономике горизонтально-интегрированных связей, которые являются одной из основ эффективной национальной экономической системы.

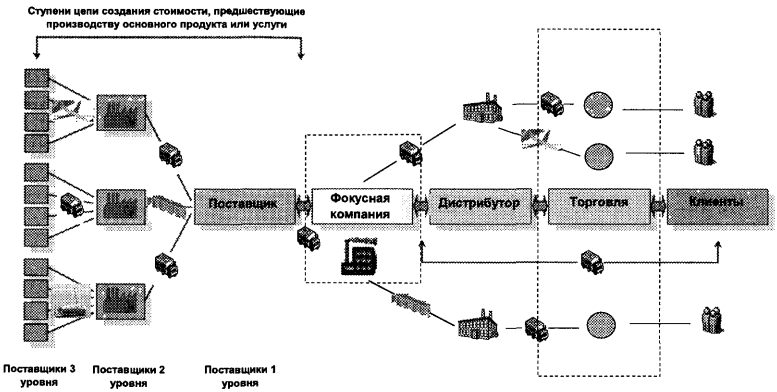


Рис. 1.12. Цепь создания стоимости в настоящее время

В последние годы резко возросла роль специализации, концентрации на ключевых компетенциях, индивидуализации продукции в условиях глобализации рынков и повышения значения информационных технологий. В таких условиях стало невозможным обеспечить эффективность бизнеса, сосредотачивая все ключевые компетенции внутри одного предприятия.

Все это привело к значительному сокращению *глубины производства*, развитию *аутсорсинга* и межорганизационной *координации* вдоль всей цепи создания стоимости. На первые роли стали выходить вопросы создания обратной связи с клиентами и системной координации собственной деятельности с планами других предприятий (см. рис. 1.13).

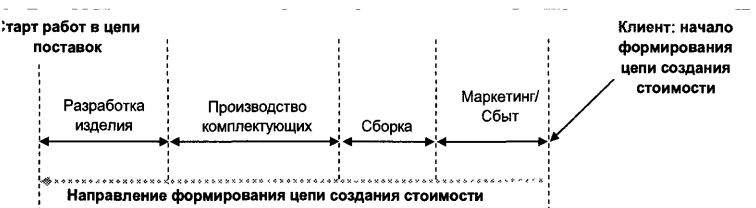


Рис. 1.13. Эффективное формирование цепи создания стоимости

В связи со значительным увеличением количества участников и динамики цепи создания стоимости появились и новые проблемы, связанные с поставками от поставщиков исходного сырья до конечного потребителя.

А в 1982 появился и новый термин для этой новой концепции организации материальных потоков[2], в которой поставки осуществляются координировано и синхронизировано многими промышленными предприятиями, поставщиками логистических услуг, предприятиями оптовой и розничной торговли – *цепь поставок* [126].

1.2.2. Определение и особенности цепи поставок

Единого общепринятого определения цепи поставок не существует. Цепь поставок определяется по-разному различными авторами, но суть при этом остается, как правило, одинаковой. Согласно принятому разделению цепей поставок на объектное и процессное понимание[3], мы предлагаем следующие определения цепи поставок:

Цепь поставок (процессное понимание) – это совокупность потоков и соответствующих им кооперационных и координационных процессов между различными участниками цепи создания стоимости для удовлетворения требований потребителей в товарах и услугах.

Цепь поставок (объектное понимание) – это совокупность организаций (предприятий-изготовителей, складов, дистрибуторов, 3PL и 4PL провайдеров, экспедиторов, оптовой и розничной торговли), взаимодействующих в материальных, финансовых и информационных потоках, а также потоках услуг от источников исходного сырья до конечного потребителя.

На рис. 1.14 представлены основные элементы цепей поставок.

---

[2] Лишь значительно позже – в 90-х гг. – цепь поставок стала рассматриваться с учетом информационных, а еще позднее, и финансовых потоков. Область рассмотрения только материальных и информационных потоков носит название логистическая цепь. Согласно современной позиции западной науки – **логистическая цепь** – то же, что цепь поставок, но без рассмотрения финансовых потоков и не обязательным наличием фокусной компании. В российской практике под логистической цепью часто также понимают транспортно-терминальную инфраструктуру цепей поставок.

[3] Подобное разделение является в значительной степени условным и служит главным образом в методических целях. На практике, процессы и их исполнители неотделимы друг от друга. Более того, цепь поставок изначально является многоструктурной системой, что будет показано в главах 17 и 18 тома II.

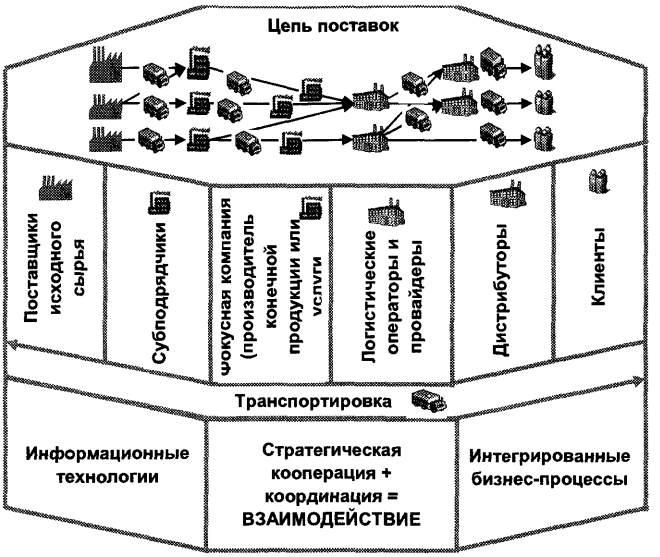


Рис. 1.14. Основные элементы цепей поставок

Особенностями цепей поставок являются, прежде всего:

- юридическая независимость участников цепи и их конкуренция как друг с другом, так и с другими цепями поставок,
- наличие фокусной компании, т.е. производителя конечной продукции или услуги: предприятия, осуществляющего сборку конечной продукции (OEM – Original Equipment Manufacturer) в производстве, торговой сети в торговле или логистического провайдера,
- кооперационные и координационные связи с поставщиками и клиентами.

Эти особенности, наряду с целым рядом преимуществ относительно снижения затрат, повышения гибкости поставок и учета рыночных требований, вызвали и ряд новых проблем. К их числу, в первую очередь, следует отнести:

- принятие решений менеджерами различных независимых от фокусной компании организаций, что вызывает повышение рисков вследствие конкуренции между предприятиями, большого количества участников цепи поставок, связей между ними и с внешней средой,

- увеличение зависимости от поставщиков и клиентов,
- появление новых видов затрат.

Прежде, чем перейти к рассмотрению управления цепями поставок, рассмотрим типичную ситуацию для неоптимизированной цепи поставок, которая представлена на рис. 1.15.

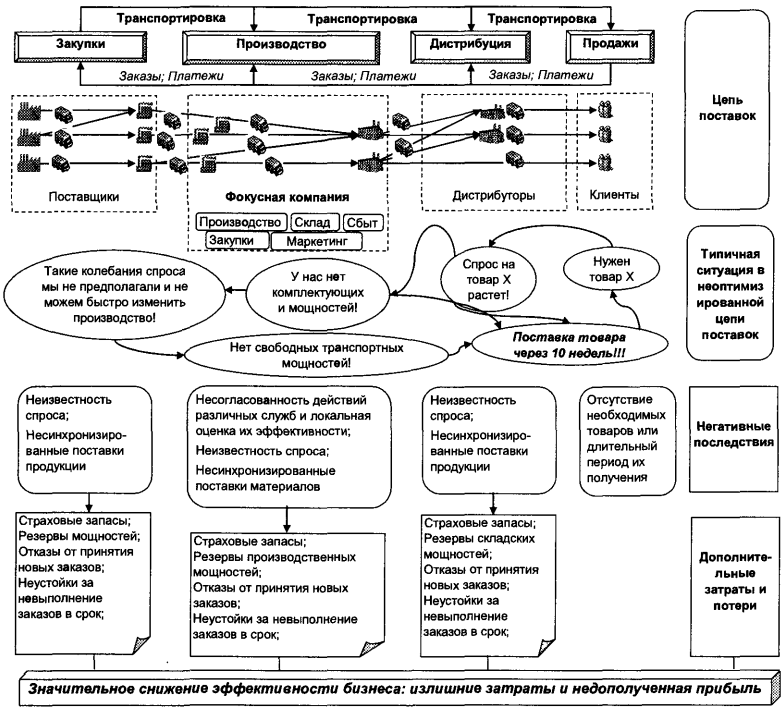


Рис. 1.15. Неоптимизированная цепь поставок

На рис. 1.15 представлена типичная проблемная ситуация в неоптимизированной ЦП, негативные последствия этой ситуации на деятельность предприятия и их негативное влияние в виде излишних затрат и недополученной прибыли.

Очень скоро стало понятным, что цепи поставок не могут быть эффективными, если их рассматривать с прежних позиций планирования и оперативного управления логистикой и производством, когда каждое

предприятие цепи изолированно планирует свои потребности и продажи. В этот момент и появился термин управление цепями поставок.

1.2.3. Определение управления цепями поставок

Единого общепринятого определения управления цепями поставок не существует. Управление цепями поставок определяется по-разному различными авторами, но суть при этом остается, как правило, одинаковой. Мы предлагаем следующие определения:

Управление цепями поставок как научная дисциплина изучает ресурсы промышленных, логистических и торговых предприятий, а также принимаемые людьми решения в отношении процессов межорганизационного взаимодействия для преобразования, трансформации и использования этих ресурсов на всей протяженности цепи создания стоимости от источников исходного сырья до конечного потребителя.

Управление цепями поставок с практической точки зрения – это системный подход к интегрированному планированию и управлению всем потоком информации, материалов и услуг от конечного потребителя через предприятия и склады до поставщиков сырья.

Управление цепями поставок является целостной концепцией ведения бизнеса, объединяющей в себе передовые организационные принципы и возможности современных информационных технологий[4].

Оптимизированная цепь поставок (т.е. цепь поставок, управление которой осуществляется на основе системных принципов Supply Chain Management), представлена на рисунке 1.16.

---

[4] Помимо приведенных выше базовых определений, существует множество других важных и часто встречающихся понятий, таких как логистическая сеть, логистический бизнес-процесс, логистическая функция, логистическая операция и т.д. Подробно и системно эти и другие понятия применительно к ЦП определены в работе профессора В.И. Сергеева [301], а также целом ряде других работ, в частности профессоров В.В. Дыбской, Л.Б. Миротина, А.Г. Некрасова, С.А. Уварова и др.

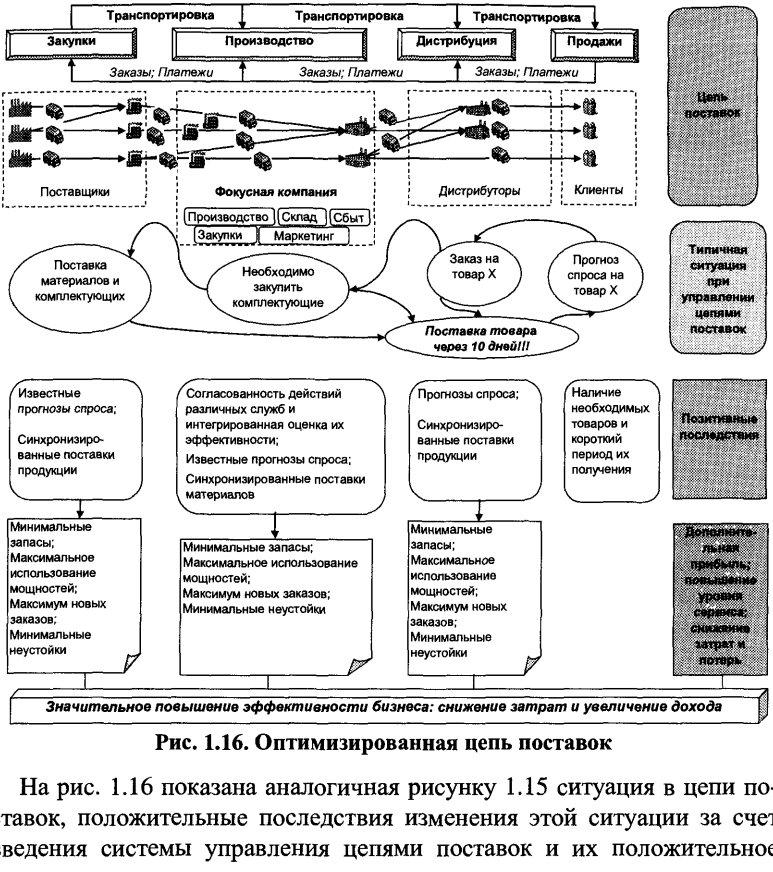


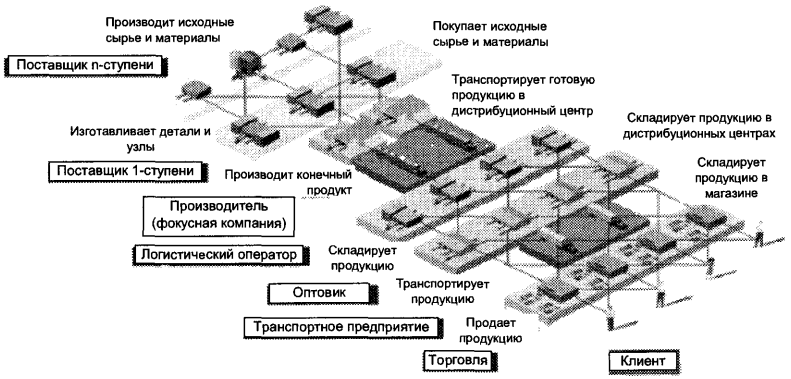
Рис. 1.16. Оптимизированная цепь поставок

На рис. 1.16 показана аналогичная рисунку 1.15 ситуация в цепи поставок, положительные последствия изменения этой ситуации за счет введения системы управления цепями поставок и их положительное влияние на деятельность предприятия в виде снижения затрат и повышения прибыли.

Управление цепями поставок – это не просто новое воплощение старых идей кооперации и специализации. Возможность значительного обогащения этих идей появилось с развитием информационных технологий для эффективной *координации* совместной деятельности предприятий и *синхронизации* межорганизационных кооперационных биз-

нес-процессов. Именно кооперация и координация являются фундаментом управления цепями поставок[5].

На рис. 1.17 представлены организационная, функциональная и информационная структуры, а также структура затрат цепей поставок на уровне макро-процессов.



* по материалам Fraunhofer IML

Рис. 1.17. Организационная и функциональная структура цепи поставок на уровне макро-процессов[6]

---

[5] Управление цепями поставок, как правило, определяется как интегрированное планирование и управление всем потоком информации, материалов и услуг от поставщиков сырья через предприятия и склады до конечного потребителя. В таком определении заложена определенная логическая некорректность, т.к. на его основе можно сделать вывод, что существует инстанция, управляющая всей ЦП. На практике не существует ни одной ЦП, в которой был бы реализован подобный принцип. Суть ЦП состоит в установлении отношений взаимодействия между предприятиями с использованием современных ИТ. Но эти взаимодействия формируются *децентрализовано* на каждом из участков ЦП. Каждое предприятие управляет взаимодействиями со своими поставщиками и клиентами. Единого управляющего органа для всей ЦП не существует. Поэтому говорить об управлении ЦП можно лишь применительно к конкретному участку ЦП. Интегрированное же управление достигается именно за счет *итерационных согласований и балансировки интересов* на конкретных участках ЦП.

[6] В зависимости от стратегии SCM распределение функций между организациями может быть различным. Так, например, 3PL провайдер может выполнять весь комплекс работ по планированию, оперативному управлению и реализации транспортно-складских процессов в цепи поставок.

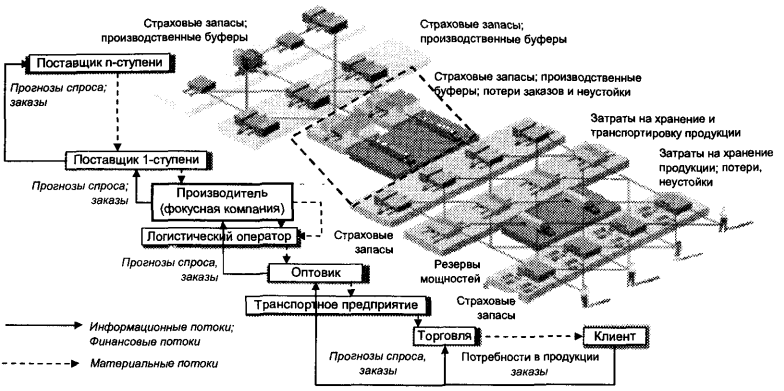


Рис. 1.18. Информационная структура и структура затрат цепи поставок на уровне макро-процессов

Важными понятиями в управлении цепями поставок являются Push (толкающая) и Pull (тянущая) стратегии (см. рис. 1.19).

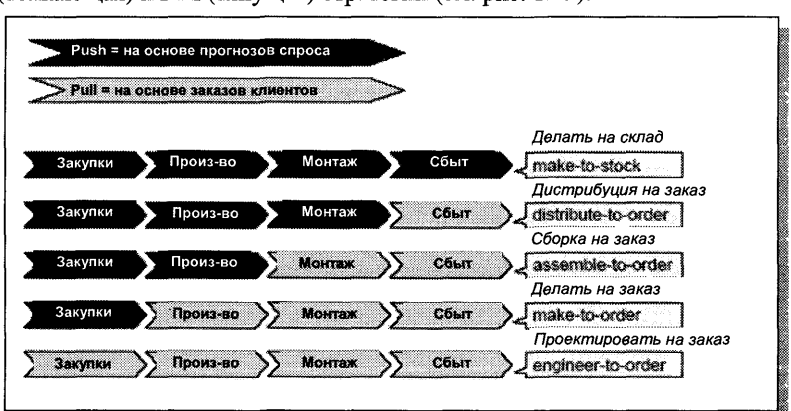


Рис. 1.19. Push и Pull стратегии

Push стратегия означает реализацию бизнес-процессов на основе прогнозов спроса. Pull стратегия означает реализацию бизнес-процессов на основе заказов клиентов. Если условно разделить цепь поставок на стадии закупок, производства, монтажа и сбыта, можно выделить 5 основных комбинаций Push и Pull стратегий: делать на склад, дистрибуция на

заказ, сборка на заказ, делать на заказ и проектировать на заказ. Тенденцией в большинстве отраслей является максимально возможное приближение к полной Pull стратегии.

1.4.4. Кому необходимо управление цепями поставок

Управление цепями поставок является концепцией управления бизнесом для следующих основных рыночных агентов:

- промышленных предприятий;
- провайдеров логистических услуг;
- транспортных предприятий;
- торгово-распределительных сетей;
- управляющих компаний глобальными логистическими инфраструктурами.

В управлении цепями поставок происходит слияние сфер промышленности и логистики и объединяются стратегические цели производства и логистики.

Целью производства является повышение гибкости процессов, их эффективности и производительности. Целью логистики является обеспечение промышленного производства и торговли необходимыми материалами или конечной продукцией с оптимизацией запасов (по возможности, без складирования) с одновременным снижением логистических затрат и повышением уровня логистического сервиса. SCM делает возможным интегрированное достижение этих целей.

Для предприятия внедрение управления цепями поставок означает ведение бизнеса на принципах стратегического взаимодействия с поставщиками и клиентами. Отличие управления цепями поставок от простой кооперации состоит в *информационной координации* и *синхронизации* основных бизнес-процессов и моделей планирования и управления на основе *единых информационных каналов* с поставщиками и клиентами по всей цепи поставок.

Для крупного предприятия построение системы управления цепями поставок означает передачу значительной части как основных (техноло-

гических), так и обеспечивающих (сервисных) бизнес-процессов своим партнерам по бизнесу на долговременной основе. Для многих российских промышленных предприятий пока еще в значительной мере характерно наличие замкнутого цикла производства. Это позволяет обеспечить выполнение собственных производственных программ, но экономически неэффективно в условиях работы на открытом рынке. В связи с этим, необходимо развивать компетенции, которые являются наиболее эффективными (ключевыми).

В странах с развитой рыночной экономикой производители конечной продукции получают от «смежников» до 75–80% комплектующих, имея возможность концентрировать свои усилия на дизайне, технологиях обработки и сборки, на создании новых изделий других ключевых компонентах. Это позволяет значительно повысить гибкость предприятия вследствие возрастающей многовариантности продукции, сократить целый ряд расходов, связанный с содержанием собственных процессов. Для предприятий малого и среднего бизнеса (МСБ) участие в цепях поставок является едва ли не ключевым фактором конкурентоспособности и выживания на рынке. Участие в цепи поставок позволяет предприятиям МСБ занять определенное звено цепи поставок (например, в цепи поставок крупного автомобильного концерна) и, специализируясь на определенной номенклатуре продукции или услуг, получить возможность для стабильной работы, получения дохода, сокращения значительной части затрат вследствие эффекта специализации и т.д.

Узкая специализация при постоянной загрузке обеспечивает предприятиям - субконтрактором интенсивное использование, быструю амортизацию и обновляемость их оборудования. В ряде случаев субконтракторы получают от контракторов оборудование, технологическую оснастку и приспособления, контрольно-измерительные приборы и аппаратуру, а также помощь в осуществлении стандартизации и контроля качества, необходимые для выполнения заказа. Тем самым обеспечивается необходимый трансфер технологий, ноу-хау и т.д., что способствует интенсивному развитию предприятий МСБ.

Применение современных форм кооперации позволяет сконцентрировать ресурсы и усилия на участках (ключевых компетенциях), определяющих конкурентоспособность продукции и всего предприятия в целом. Использование механизма управления цепями поставок стало одним из условий промышленного роста США, Японии, Германии, Италии, Франции, Турции, стран Юго-Восточной Азии.

1.5. Эффективность управления цепями поставок

Целью SCM является максимизация общей стоимости, создаваемой цепью поставок. Данная величина определяется как разница между тем, что клиент готов заплатить за продукт и затратами, которые в совокупности возникают в ЦП. Для большинства ЦП этот показатель может быть назван «прибыльность ЦП» [33], определяемым как разность между доходом, полученной от клиента и совокупными затратами в ЦП[7].

Все методы и инструменты SCM для повышения прибыли компании направлены на достижение двух основных эффектов:

- увеличение дохода от продаж продукции за счет повышения уровня сервиса, точности поставок и прогнозирования спроса;
- сокращение затрат за счет снижения уровня запасов, сокращения накладных и трансакционных издержек в закупках, складировании и сбыте, а также улучшения использования производственных и логистических мощностей.

Основные экономические эффекты SCM представлены в таблице 1.1:

Таблица 1.1

Эффективность управления цепями поставок

Направления повышения эффективности	Источники повышения экономической эффективности
Увеличение количества заказов и повышение стабильности спроса	Повышение точности планирования за счет единых информационных каналов, синхронизации бизнес-процессов, совместного прогнозирования спроса, сокращения времени вывода новых изделий на рынок
Снижение страховых запасов («замена запасов точной информацией»)	Повышение качества оперативного управления за счет непрерывного мониторинга всей цепи поставок, своевременного определения отклонений и нарушений в ЦП
Снижение рисков и повышение надежности планов и поставок	Сокращение части затрат на маркетинг и логистику за счет ликвидации бизнес-процессов, связанных с неопределенностью в закупках, складировании и сбыте
Снижение накладных и трансакционных издержек	

[7] Необходимо помнить, что максимизация общей прибыли ЦП не влечет за собой автоматически увеличения прибыли каждого из участников ЦП. Более того, положение того или иного предприятие в цепи поставок может ухудшиться.

Внедрение концепции управления цепями поставок связано с развитием новых *организационно-функциональных схем взаимодействия предприятий.* Реализованные проекты по внедрению управления цепями поставок показали возможность снижения уровня запасов до 60 %, снижения времени изготовления за счет согласования процессных цепей до 50 %, повышения прибыли за счет оптимизация процесса создания стоимости и снижения трансакционных издержек до 30 %, повышения качества продукции до 30%, увеличения оборота и доли рынка за счет увеличения гибкости и скорости реакции и изменения отношений с клиентами до 55 % [15, 16, 24, 67, 111, 141, 163, 179, 183]. На рисунке 1.20 показаны основные показатели (ключевые индикаторы) оценки эффективности[8] управления цепями поставок.

Рис. 1.20. Основные показатели (ключевые индикаторы) оценки эффективности управления цепями поставок

[8] В параграфе 10.1. мы покажем разницу между понятиями эффективность (efficiency), результативность (effectiveness), производительность (performance) и оптимальность в западном понимании. В российской терминологии понятие эффективности является общепринятым, поэтому мы считаем возможным использовать его, но понимая при этом все же комплексную проиводительность цепей поставок (performance) (т.е. результативность в виде достижения цели и эффективность как выполнение процесса с минимальным использованием ресурсов; см. подробнее параграф 10.1).

Компания Toyota использует четыре ключевых показателя эффективности: максимальное качество, минимальные затраты, минимальные сроки поставок с целью максимизации уровня сервиса.

К первым компаниям, внедрившим технологии управления цепями поставок, относятся Wal-Mart и Procter&Gamble в сфере торговли и Cisco, Toyota, National Semiconductor в сфере производства. В 2004 г. доход Wal-Mart составил 250 млрд. долларов, а прибыль – 9 млрд. долларов (а ведь еще в 1980 г. общий доход компании едва ли превышал 1 млрд. евро). Руководство компании считает, что именно развитие управление цепями поставок сыграло решающую роль ежегодном увеличении дохода в среднем на 26% [33].

Говоря об эффективности SCM, необходимо понимать, что цели, которые ставятся перед управлением цепями поставок (например, уровень сервиса или прибыль) являются так называемой *потенциальной эффективностью*. Реальная же эффективность реализуется через устойчивость цепей поставок[9]. Поэтому, наряду с экономической эффективностью цепей поставок, большое значение для комплексной эффективности цепей поставок является обеспечение *устойчивости цепей поставок*[10].

Как показывает практика, наблюдается значительное снижение экономических эффектов управления цепями поставок (*до 30% годового оборота*) вследствие таких возмущающих воздействий как повреждения и хищения грузов, коллапсы транспортных систем, нарушения в финансовых потоках, а также недостаточной координации в цепях поставок (колебания спроса, несоответствия объемов производства и закупок и т.д.). Современной тенденцией понимания эффективности цепей поставок является проектирование таких цепей поставок, которые бы характеризовались высоким уровнем экономической эффективности и необходимым уровнем устойчивости.

Эффективность цепей поставок характеризуется высоким уровнем экономической эффективности и необходимым уровнем устойчивости.

[9] См. параграф 3.1.4. «Устойчивость цепей поставок», а также главы 15-16, Т.2.

[10] См. также главу 3 «Неопределенность в цепях поставок»

Финансовый и экономический кризисы, начавшиеся в 2008 г., сделали понимание приведенной выше формулировки особенно ясным. Стремление к бесконечной максимизации прибыли в надежде на бесконечный рост экономики привели к колоссальным нарушениям в цепях поставок и краху многих из них. Именно кризис наглядно показал ошибочность парадигмы целей управления цепями поставок, направленной на неограниченное удовлетворение потребностей клиентов в условиях ограниченности ресурсов для удовлетворения этих потребностей. Все вышесказанное позволяет сформулировать **новую парадигму целей управления цепями поставок** в изменившихся экономических условиях:

Эффективность SCM состоит в обеспечении сбалансированности уровня прибыльности и устойчивости цепей поставок, а парадигма целей SCM состоит в возможно полном удовлетворении потребностей клиентов и обеспечении устойчивости и гармоничности сложных производительно-экологических систем на бесконечном отрезке времени.

Подробно различные виды возмущающих и управляющих воздействий и методы их балансирования будут рассмотрены нами в главах 3, 15 и 16 на концептуальном и формальном уровнях. Здесь же мы представим вербальное доказательство сделанным выше заключениям на основе проведенного нами анализа различных цепей поставок.

В основу данного эмпирического исследования было положено изучение динамики падения уровня доходов (от основной деятельности и от действий на фондовом рынке), динамики падения производства (по причинам колебаний спроса, необеспеченности материалами и замедления оборота денежных средств) и динамики снижения затрат в цепи поставок. Полученные результаты показали, что:

1. Для разных этапов экономического цикла (рост рынков, их насыщение, падение и стагнация) роль различных возмущающих факторов различна,
2. Для всех этапов экономического цикла наблюдается ситуация, когда темпы падения производства и доходов превышают темпы снижения затрат в силу наличия постоянных затрат и средне- и долгосрочных обязательств.

3. Существенные проблемы обеспечения устойчивости возникают в цепях поставок, когда возникают проблемы отвечать по своим обязательствам (кредиты, акционеры, поставки и закупки, заработная плата).

Полученные результаты позволили сделать предположение о наличии некой «ватерлинии», которая характеризует *способность предприятия отвечать по своим обязательствам*, как индикатора глобальной устойчивости цепи поставок (см. рис. 1.21).

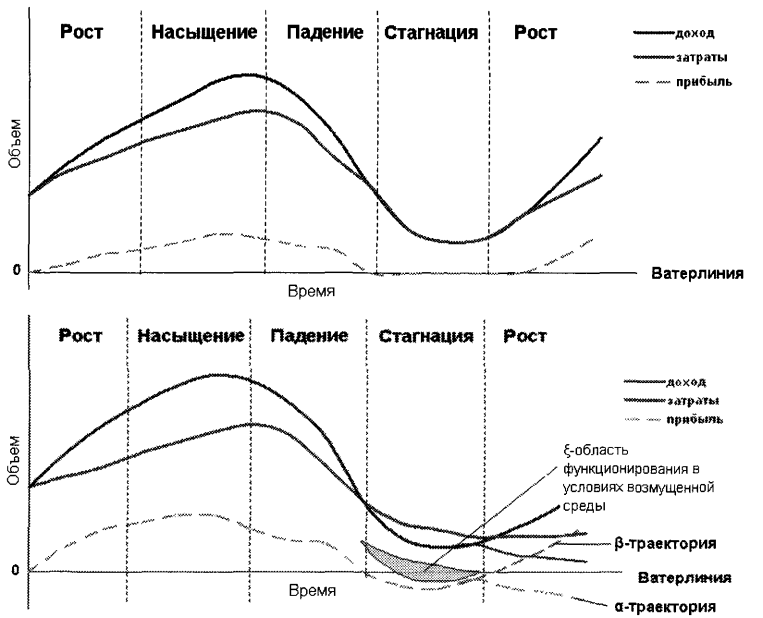


Рис. 1.21. Концепция «ватерлинии»

«Ватерлиния» характеризует собой так называемы «нулевой вариант», когда предприятия в цепи поставок способны отвечать по своим обязательствам, но при этом доход равен затратам, т.е. прибыль равна нулю. Безусловно, при благоприятных условиях, например на фоне роста рынков, целесообразно выходить в область выше «ватерлинии». Но

при этом всегда необходимо отслеживать тот факт, чтобы цепь поставок оставалась бы устойчивой в случае возникновения нарушений.

На этапах роста и насыщения рынков следует обращать особое внимание на колебания спроса, хищения и порчу грузов, технологические сбои. По мере же приближения к этапам падения и стагнации необходимо учитывать опасность экономических и политических кризисов. В любом случае рост прибыли должен сопровождаться анализом устойчивости, т.е. *обеспечения достаточного уровня управляющих воздействий для контроля ситуации при возникновении возмущающих воздействий.*

Вторым принципиальным аспектом на рис. 1.21 является область функционирования в условиях возмущенной среды, характеризующая время и характеристики функционирования ЦП после возмущающего воздействия до выхода на плановую (или новую, желаемую) траекторию. На рис. 1.21 показана область функционирования в условиях возмущенной среды для ситуации, когда затраты не могут быть снижены пропорционально падению уровня доходов и производства. В зависимости от масштаба этой области и ее положения относительно «ватерлинии» цепь поставок может потерять устойчивость (траектория α) либо вернуться в устойчивое состояние (траектория β).

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Затраты не могут быть снижены быстро и пропорционально падению уровня доходов и производства, что влечет за собой возникновение области ξ (см. рис. 1.21), названной нами областью функционирования в условиях возмущенной среды,
2. В зависимости от масштаба области ξ и ее положения относительно «ватерлинии» цепь поставок может потерять устойчивость (траектория α) либо вернуться в устойчивое состояние (траектория β),
3. Область ξ практически не появляется для тех цепей поставок, которые построены с компромисса между прибыльностью и устойчивостью (на формальном уровне, речь идет о *сбалансированности управляющих воздействий (т.е. по сути плана цепи поставок и его ресурсного обеспечения) и уровня возмущающих воздействий).*

Анализ примеров цепей поставок показал, что на стратегическом уровне основными факторами *потери устойчивости* являются:

- узкая специализация и ориентация на один рынок (или одного клиента),
- планы на постоянный рост прибыли,

- высокая кредитная задолженность,
- отсутствие альтернативных поставщиков,
- высокая зависимость доходов от «нематериальных» (фондовых) факторов,
- географическая концентрация основных мощностей цепи поставок в одном регионе.

На тактическом и оперативном уровне основными факторами *потери устойчивости* являются:

- Слабая координация планов и оперативной информации о спросе и поставках,
- Работа «без запасов»,
- Слабый контроль за сохранностью грузов и безопасностью перевозок,
- Технологические отказы (оборудование, транспорт, информационные системы)
- Человеческая неопределенность (ошибки, неправильная передача и толкование информации)

Для *компенсации* возмущающих воздействий возможны различные действия, например:

- менеджмент безопасности цепей поставок;
- запасы ликвидности;
- стратегические запасы материалов;
- диверсификация рынков;
- аутсорсинг и гибкость ассортимента продукции (например, модульность);
- страховые запасы,
- производственные и дистрибуционные страховые буферы,
- дополнительные склады,
- резервирование мощностей,
- создание системы координации и мониторинга;
- система управления событиями в цепях поставок (SCEM)

Все эти меры служат, по сути, *резервами адаптации* цепи поставок. Они характеризуются разной степенью оперативности (например, использование запасов материалов или диверсификация рынков). Это еще раз подчеркивает важнейшую роль времени и динамики в моделях

управления цепями поставок. Подробно различные виды возмущающих и управляющих воздействий и методы их балансирования будут рассмотрены нами в главах 3, 15 и 16 на концептуальном и формальном уровнях.

В заключение этого параграфа отметим, что эффективное управление цепями поставок является чрезвычайно важным и в макроэкономическом масштабе. По имеющимся оценкам, роль логистики и управления цепями поставок в национальных экономиках все возрастает.

Так, например, в Германии на долю логистики и управления цепями поставок приходится годовой оборот в 170 миллиардов евро при 2,5 миллионах занятых в этой отрасли [252], в Великобритании – 55 миллиардов фунтов и 1,7 миллионов занятых в более чем 65000 компаниях [118]. В России объем логистических услуг оценивается в 120 миллиардов евро при тенденциях ежегодного прироста в 6-7% [251].

Управление цепями поставок имеет чрезвычайно большое значение, как для крупных предприятий, так и для предприятий малого и среднего бизнеса. *Участие предприятия в цепи поставок – это один из решающих факторов сохранения и повышения уровня доходов и конкурентоспособности на современных и будущих рынках.*

1.6. Перспективы развития управления цепями поставок в России

В российской экономике, как, впрочем, и в экономике практически всех стран, существуют цепи поставок. По мере интеграции российской экономики в мировую и развитию в России бизнеса зарубежных компаний, понимание необходимости управления цепями поставок у предприятий, работающих на российском рынке, возрастает. Появляются специальные отделы управления цепями поставок, директора и менеджеры по управлению цепями поставок. С другой стороны, существует и целый ряд особенностей, которые оказывают существенное влияние на развитие SCM в России. Это и значительная доля добывающей промышленности в народном хозяйстве, и уровень развития транспортной инфраструктуры, и сложившаяся культура ведения бизнеса, и своеобразные методы определения затрат и прибыли.

Проблемы развития SCM в России можно условно разделить на две основные группы:

- технологические проблемы и
- организационные проблемы.

К технологическим проблемам следует отнести, во-первых, слабое развитие информационных технологий и их применения в бизнесе. По некоторым данным (проект LogOnBaltic), только 20% российских предприятий используют Интернет и электронную почту в ежедневной деловой практике. В Европе этот показатель составляет около 95%. Мобильные же информационные технологии остаются и вовсе практически невостребованными в российской деловой практике.

Другой важной технологической проблемой является состояние развития транспортной инфраструктуры. Влияние технологических факторов на сдерживание развития SCM в России велико, но не они являются корнем проблемы. Значительно сложнее обстоит дело с организационными факторами.

Основой управления цепями поставок является высокая организованность, способность к комплексному планированию, соблюдению установленных планов и, самое главное, ответственности за их выполнение. К сожалению, выполнение этих требования представляется практически просто нереалистичным в условиях сложившейся деловой практики в России. Безусловно, существует достаточно предприятий, которые могут работать по данной схеме. Но их не так много, и в цепях поставок они вынуждены взаимодействовать с множеством других предприятий. И даже если эти «организованные» предприятия будут четко исполнять свои планы и обязательства и нести четко определенную ответственность за их неисполнение в соответствии с ясно закрепленными процедурами приведения к этой ответственности, то необязательность и неорганизованность партнеров сведет практически «на нет» все усилия.

В целом, следует ожидать развития управления цепями поставок в России в ближайшие годы. Этому должны способствовать и развитие технологических инфраструктур, и расширение интеграционных процессов с зарубежными партнерами. Но уже сейчас можно предполагать, что это не будет «один в один» то управление цепями поставок, как оно понимается за рубежом.

Контрольные вопросы

1. Какие рыночные тенденции способствовали развитию управления цепями поставок?

   a) Повышение уровня сервиса и развитие «экономики клиента»
   b) Развитие ключевых компетенций предприятий
   c) Снижение качества товаров
   d) Глобализация и интеграция рынков

2. В каком году и кем впервые был употреблен термин «управление цепями поставок»?

   a) 1989, М. Портер
   b) 1982, Р. Оливер/М. Вебер
   c) 1969, Д. Бауэрсокс/Д. Клосс
   d) 1992, М. Кристофер

3. Какие концепции способствовали появлению управления цепями поставок?

   a) Отложенная дифференциация продукции (postponement)
   b) Многоуровневое управление запасами (multi-echelon inventory management)
   c) Онтологический анализ
   d) Интегрированное планирование производства и дистрибуции

4. Чем отличается современная цепь создания стоимости от цепи создания стоимости 70-80-х гг. 20 в.?

   a) Узкой специализацией и снижением глубины производства
   b) Сосредоточением всех бизнес-процессов и технологических процессов в рамках одного предприятия
   c) Концентрацией на ключевых компетенциях и аутсорсингом
   d) Клиент как исходный пункт формирования цепи создания стоимости

5. Управление цепями поставок – это

   a) Научная дисциплина
   b) Метод управления поставками на основе «цепной» реакции
   c) Интегрированное управление материальными, информационными и финансовыми потоками вдоль всей цепи создания стоимости
   d) Целостная концепция ведения бизнеса

6. Управление цепями поставок отличается от кооперации

   a) Наличием функции координации
   b) Стратегическим взаимодействием предприятий
   c) Синхронизацией бизнес-процессов нескольких предприятий
   d) Информационным взаимодействием между предприятиями

7. Кому необходимо управление цепями поставок?

   a) Промышленным предприятиям
   b) Брокерским компаниям
   c) Провайдерам логистических услуг
   d) Управляющим компаниям глобальными логистическими инфраструктурами

8. Эффективность управления цепями поставок проявляется в

   a) Снижении затрат на информационные технологии
   b) Увеличении времени вывода новых изделий на рынок
   c) Снижении совокупных логистических и производственных затрат
   d) Увеличении доходности бизнеса

9. Источниками повышения эффективности бизнеса на основе управления цепями поставок являются:

   a) Повышение уровня сервиса
   b) Снижение страховых запасов
   c) Повышение точности прогнозов спроса

d) Снижение трансакционных издержек на кооперацию и координацию

10. Управление цепями поставок эффективно для:

a) Производства на склад (make-to-stock)
b) Производства на заказ (make-to-order)
c) Производства и конструирования на склад (engineer-to-stock)
d) Производства и построения цепи поставок на заказ (build-to-order)

Обдумывать нужно много раз, принимать решение – однажды.

Публий Сар

Всякое решение плодит новые проблемы.

Закон Мэрфи

Глава 2. Основные решения при управлении цепями поставок

В данной главе рассматриваются следующие основные вопросы:

- Классификация и взаимосвязь основных уровней принятия решений в управлении цепями поставок
- Как взаимосвязаны стратегия управления цепями поставок и конкурентная стратегия предприятия
- Какие решения и на основе каких методов принимаются на уровне стратегии цепи поставок
- Какие решения и на основе каких методов принимаются на уровне тактического планирования цепи поставок
- Какие решения и на основе каких методов принимаются на уровне оперативного управления цепью поставок

Основными *задачи управления* цепями поставок являются:

- формирование сети дистрибуции, производства и поставок,
- прогнозирование спроса и поставок,
- интеграция и координация поставок,
- информационные технологии и системы поддержки принятия решений,
- управление отношениями с поставщиками и клиентами,
- аутсорсинг и контрактинг,
- управление запасами в цепи поставок,
- анализ поставок и контроллинг.

Основными *уровнями принятия решений* при управлении цепями поставок являются:

- Стратегический уровень (от 3 до 10 лет, вопросы стратегии SCM, формирование облика цепи поставок),
- Тактический уровень (от 3 месяцев до 2 лет, вопросы долго- и среднесрочного планирования использования мощностей и ресурсов в цепи поставок),
- Оперативный уровень (ежедневные решения о реализации процессов цепи поставок)
- Уровень исполнения процессов (реализация процессов в цепи поставок и система обратной связи о выполнении процессов).

Ниже рассмотрим подробно основные задачи управления цепями поставок для различных уровней управления.

2.1. Классификация и взаимосвязь основных уровней принятия решений в управлении цепями поставок

Решения на стратегическом уровне (например, планирование сети дистрибуции) тесно связаны с решениями тактического уровня (например, планирования поставок). Взаимосвязаны и решения тактического и оперативного уровней (например, прогнозирование спроса и оперативное планирование производства).

Приведем два примера. Одно из европейских автомобилестроительных предприятий приняло решение о запуске новой модели в конце 2007 г. Было определено место производства этой модели в Центральной Америке. Дилеры начали принимать заказы от клиентов на поставку автомобилей. Но спрос на модель оказался настолько высок, что уже в июне 2008 г. заказы принимались со сроком поставки февраль-май 2009 г. Планы производства и спрос оказались несбалансированны. Разумеется, срок ожидания автомобиля от 8 до 12 месяцев приводит к тому, что клиенты приобретают другие автомобили.

Положительным примером взаимосвязи различных решений в цепи поставок является шведский мебельный концерн IKEA, удачно сочетающий свою производственную, транспортную и сервисную стратегии. Большинство продуктов концерн производит для самостоятельной сборки клиентами. Все продукты упаковываются в плоском формате, что облегчает их хранение и транспортировку. Сборка мебели является

очень простой, рекомендации часто даже не содержат текста, а лишь рисунки, что снижает затраты на перевод на другие языки. Магазины во всех частях света построены по одинаковому принципу с очень высоким уровнем сервиса.

Всю совокупность решений, принимаемых при управлении цепями поставок, можно разделить на уровни конфигурирования цепи поставок (стратегия), планирования реализации процессов в цепи поставок (тактика) и оперативного управления цепью поставок (см. таблица 2.1).

Таблица 2.1.

Основные этапы принятия решений при управлении цепями поставок

Уровни решений	**Исходные данные**	**Задачи управления цепями поставок**
Стратегический план (несколько лет)	Планы маркетинга Финансовый план Стратегия конкурентного поведения Форма организации цепи поставок	Разработка стратегии и целей цепи поставок; Выбор формы организации ЦП Проектирование сетевой структуры цепи поставок; Выбор поставщиков системы взаимодействия с ними
Тактический план (3 месяца – 1 год)	Структура поставщиков в цепи поставок Структура мощностей ЦП	Прогнозирование спроса Планирование производственной программы и запасов Планирование дистрибуции, транспортировки, производства и закупок
Оперативный план (1 день – 1 неделя)	Прогноз спроса Производственная программа Планы дистрибуции, производства и закупок	Планирование производственных расписаний Маршрутизация транспортных средств
Реализация процессов	Фактические данные по выполнению процессов	Мониторинг цепи поставок Реконфигурирование и адаптация

Основные этапы принятия решений при управлении цепями поставок можно классифицировать на уровни конфигурирования цепи поставок (стратегия), планирования реализации процессов в цепи поставок (тактика) и оперативного управления цепью поставок.

Целью решений на *стратегическом уровне* является семантическое конфигурирование цепи поставок. При конфигурировании цепи поставок определяется форма организации цепи поставок и сети дистрибуции, происходит выбор структуры и поставщиков цепи поставок, программ сбыта, спектра сырья, материалов и полуфабрикатов, мест закупки, производства и дистрибуции, структуры поставок и распределения, а также необходимых производственных, складских и транспортных мощностей.

Целью стратегического конфигурирования цепи поставок является минимизация затрат в цепи поставок, включая затраты на производство, закупку, хранение, транспортировку, а также использование мощностей и ресурсов с учетом требований к уровню сервиса.

От решений, принятых на данном этапе, зависит до 80 процентов стоимости конечного изделия [67]. Рассмотрим подробнее основные стратегии, определяемые на этапе конфигурирования цепи поставок:

- стратегия производства: сколько заводов, где и какой мощности необходимо; какие продукты и по какой технологии должны производиться; на какие рынки рассчитано производство,
- стратегия поставок: сколько и каких поставщиков для каждой группы материалов необходимо, как распределить поставщиков по заводам,
- стратегия распределения продукции: прямые поставки или использование региональных центров дистрибуции; сколько центров дистрибуции, где и какой мощности необходимо; какие клиенты будут обслуживаться каким центром; какие выбрать виды транспортировки,
- стратегия аутсорсинга: какие операции и процессы должны выполняться по аутсорсингу; баланс экономии и уровня сервиса,
- стратегия введения новых продуктов и процессов: какая инфраструктура должна использоваться при вводе новых продуктов; при каком изменении спроса необходимы новые источники поставок и где они должны быть расположены.

Для стратегического планирования цепи поставок необходимо огромное количество данных. К основным данным можно отнести следующие:

- Данные о месте расположения (завода или дистрибуционного центра): постоянные затраты на открытие, закрытие и эксплуатацию, переменные затраты по эксплуатации, географические данные, страна

расположения (для определения налогов, пошлин и т.д.), мощность и процессы, уровень и политика управления запасами, спрос.

- Данные о процессах: технологические планы, мощности, затраты, качество выполнения производственных, транспортных и пр. процессов.
- Данные о продукции: ассортимент, виды, варианты, спецификации изделий, физические параметры, затраты и прибыль
- Данные о товародвижении: описание каждой транспортной связи по параметрам затрат, мощности, времени и вида транспортировки.

Вопрос сбора необходимых данных очень часто является существенным этапом на пути построения системы управления цепями поставок. Несмотря не то, что многие предприятия уже внедрили и используют корпоративные информационные системы ERP (см. главу 12), создание баз данных, необходимых для принятия решений о конфигурировании цепи поставок требует значительного времени, является сложным процессом, связанным с ошибками. В связи с этим практически невозможно обойтись без привлечения специалистов и специальных методик, опробованных на практике.

Целью решений на *тактическом уровне* является планирование реализации процессов цепи поставок. На данном уровне решаются задачи прогнозирования спроса, планирования производственной программы, управления запасами, планирования дистрибуции, транспортировки, поставок, производства, закупок.

Целью решений на *оперативном уровне* является оперативное планирование производства и маршрутов транспортировки, мониторинг и адаптация процессов цепей поставок с учетом реально складывающейся ситуации. На данном уровне решаются задачи контроля, анализа и регулирования цепи поставок.

Следует отметить взаимосвязь всех уровней принятий решений в цепи поставок (см. рис. 2.1) [95].

Решения на различных уровнях управления цепями поставок теснейшим образом *взаимосвязаны* друг с другом. Решения на уровне конфигурирования цепи поставок (стратегии) должны быть согласованы со стратегией конкурентного поведения и целями SCM, решения на уровне планирования реализации процессов (тактики) принимаются в рамках стратегической конфигурации цепи поставок, а решения в области оперативного управления связаны с тактикой управления цепями поставок.

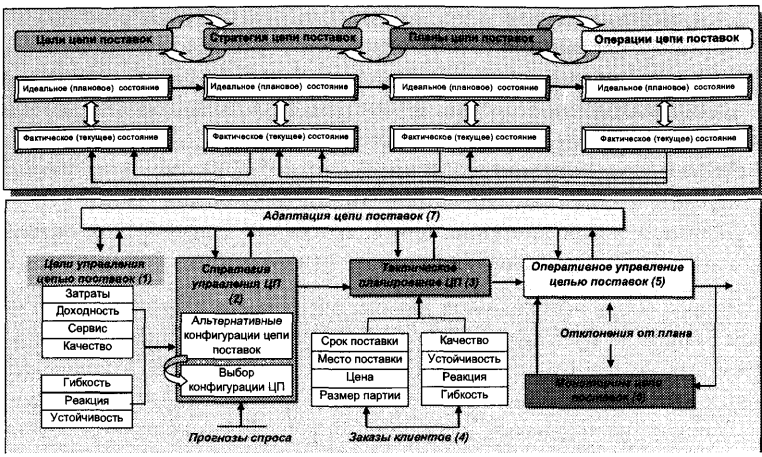


Рис. 2.1. Взаимосвязь уровней принятий решений в цепи поставок

Существует и обратная связь: информация о фактическом протекании процессов передается с оперативного уровня на тактический, с тактического – на уровни стратегии и целеполагания. Таким образом, можно говорить о необходимости непрерывной адаптации цепи поставок.

Комплекс адаптации включает в себя 4 основных уровня:

- Адаптация операций в цепи поставок (например, в случае задержек поставок, выхода из строя оборудования и т.д.),
- Адаптация плана цепи поставок (например, в случае невозможности выполнения заказов клиентов в срок),
- Адаптация стратегии цепи поставок (например, изменения продуктовой программы),
- Адаптация целей управления цепью поставок (например, изменения целевых финансовых результатов).

2.2. Стратегия конкурентного поведения и стратегия управления цепью поставок

Важным вопросом является балансирование и приведение в соответствие друг с другом *стратегий конкурентного поведения и управления цепью поставок*. Можно выделить 3 ключевых элемента балансирования стратегии конкурентного поведения и стратегии SCM:

- стратегия конкурентного поведения и функциональные стратегии SCM в службах фирмы должны быть скоординированы,
- распределение различных функций SCM в подразделениях фирмы должно быть скоординировано как в рамках функций управления цепью поставок, так и с элементами стратегии конкурентного поведения, выполняемых в отделах компании,
- функции конфигурирования, планирования и оперативного управления ЦП должны быть распределены между подразделениями с учетом выполняемых ими процессов в рамках стратегии конкурентного поведения.

Для балансирования стратегии конкурентного поведения и стратегии SCM необходимо учитывать следующие факторы:

- рыночная потребность в продукции и частота изменения продуктовой программы,
- время реакции на изменения требований рынка или на заказ клиента,
- количество вариантов продукции,
- необходимый уровень сервиса и цена продукции,
- инновации и разработка новых видов продукции,
- неопределенность спроса, время выполнения заказа и мощности цепи поставок.

Приведем пример двух стратегий управления цепью поставок [53]:

- стратегия, ориентированная на эффективность,
- стратегия, ориентированная на уровень сервиса[1].

---

[1] В течение последних нескольких лет идеи работ М. Фишера [53] были развиты в виде концепции гибких (подвижных) цепей поставок (Agile Supply Chains), ориентированных на быстроту реакции на требования рынка [36,37, 59, 93, 132, 188].

Таблица 2.2.

Стратегии управления цепью поставок

Элементы стратегии	Стратегия, ориентированная на эффективность	Стратегия, ориентированная на уровень сервиса
Основная цель	Удовлетворение спроса с мин. затратами	Быстрая реакция на изменения спроса
Ценовая стратегия	Небольшой уровень прибыли (цена является ключевым фактором в борьбе за клиента)	Высокий уровень прибыли (цена не является ключевым фактором в борьбе за клиента)
Стратегия изготовления продукции	Низкие затраты за счет максимально возможного использования мощностей	Гибкость в использовании мощностей, создание резервов для учета неопределенности спроса
Стратегия управления запасами	Минимальные запасы, минимальные затраты на хранение	Создание буферных запасов для учета неопределенности спроса и поставок
Стратегия времени производства	Снижать, но не за счет затрат	Резкое снижение, даже за счет затрат
Стратегия поставок	Критерии выбора поставщиков: затраты и качество	Критерии выбора поставщиков: скорость работы, гибкость, надежность, качество

Нет такой стратегии управления цепями поставок, которая всегда была бы правильной. Есть правильная стратегия управления цепями поставок для конкретной стратегии конкурентного поведения.

Помимо вышеназванных факторов, для достижения баланса стратегии конкурентного поведения и стратегии управления цепью поставок необходимо рассматривать также сегментирование клиентов, жизненный цикл продукции, проблемы глобализации и постоянного изменения конкурентной ситуации на рынках.

2.3. Стратегический уровень принятия решений при управлении цепями поставок: основные области принятий решений

Можно выделить следующие основные области принятий решений на стратегическом уровне:

- Географическое распределение мощностей,
- Производство и дистрибуция,
- Запасы,
- Транспортировка,
- Информация,
- Ин- и Аутсорсинг,
- Ценовая политика.

2.3.1. Географическое распределение мощностей цепи поставок

Под мощностями цепи поставок понимается вся совокупность объектов, на которых осуществляется производство, сборка, хранение и обслуживание продукции. Географическое распределение дистрибуционных центров, заводов, складов и т.д. является первым шагом в создании цепи поставок. Эта структура формируется на многие годы.

Решения по географическому распределению мощностей должны соответствовать общей стратегии конкурентного поведения. Например, если компания стремится добиться эффектов «экономики масштаба», она может централизовать дистрибуцию и производство продукции, что приведет к снижению затрат, но и к снижению скорости реакции на рыночные изменения.

Напротив, в случае стратегии на быстрое удовлетворении потребностей клиентов, необходимо увеличить число мест производства и дистрибуции, что будет дороже, но окупится большим объемом продаж (примерами такой стратегии являются многие автомобильные концерны, такие как Toyota, Honda, Nissan, Ford и др.).

На основе определения местоположения, мощности, числа и размеров дистрибуционных центров, заводов, складов и т.д. будут планироваться материальные и информационные потоки до конечного потребителя.

2.3.2. Производство и дистрибуция

Процессы производства и дистрибуции в цепи поставок теснейшим образом связаны друг с другом и рассматриваются поэтому в едином контексте. На данном этапе выстраиваются связи завод → дистрибуционный центр и дистрибуционный центр → клиент и определяются материальные потоки до конечного потребителя на основе уже определенного местоположения, мощности, числа и размеров дистрибуционных центров, заводов, складов.

Решения по определению маршрутов материальных потоков должны соответствовать общей стратегии конкурентного поведения. Здесь справедливы тезисы, описанные выше применительно к географическому распределению. Оценка эффективности дистрибуции и производства должна производиться по двум направлениям: степень выполнения потребностей клиентов и затраты на удовлетворение этих потребностей. На данном этапе решаются следующие вопросы: какую продукцию производить, где, в каком количестве, вариантах и т.д.

2.3.3. Управление запасами в цепи поставок

Под запасами цепи поставок понимается вся совокупность материалов, незавершенного производства и конечной продукции внутри ЦП.

Запасы в цепи поставок рассматриваются с позиций удовлетворения потребностей клиентов. Под запасами в цепи поставок понимается вся совокупность конечных изделий, сырья и материалов на складах и в производстве, с помощью которых может быть осуществлена поставка в сроки, запрашиваемые клиентом.

Именно в совершенствовании управления запасами многие исследователи видят истоки развития концепции управления цепями поставок [40, 67]. Запасы существуют в цепи поставок для сглаживания диспропорций между спросом и поставками. Широко известный тезис о «замене информацией запасов» является лишь удачным слоганом, помогающим в определенной степени понять сущность управления цепями поставок.

На практике, проблема управления запасами является одной из основных при управлении цепями поставок. Запасы существенно влияют на время выполнения заказа в цепи поставок [312]. Основной целью управления запасами является нахождение такого уровня запасов, который бы позволил максимально повысить устойчивость цепи поставок и снизить время выполнения заказа без увеличения затрат или снижения времени реакции на рыночные изменения.

Решения по управлению запасами должны соответствовать общей стратегии конкурентного поведения. Так, если предприятие стремится к максимальному уровню реакции на требования клиента, ему необходимо, например, хранить большие запасы в непосредственной близости от обслуживаемого рынка. Если предприятие делает ставку на ценовую политику и снижение затрат, целесообразна централизация запасов, что приведет к снижению складских затрат.

Можно выделить четыре основные группы решений по управлению запасами: оперативные запасы, страховые запасы, сезонные запасы, а также поддержание определенного уровня доступности продукции (концепция ATP/CTP).

2.3.4. Транспортная логистика в цепи поставок

Транспортировка включает в себя передвижение запасов от одного узла цепи поставок к другому. Существуют различные виды перевозок. В цепях поставок все большее значение приобретают *интермодальные перевозки* [334].

Транспортировка оказывает существенное влияние как на эффективность, так и на реакционную способность процессов в цепи поставок. Способ транспортировки также имеет существенное влияние на решения по управлению запасами и географическому распределению мощностей. Например, Dell использует авиаперевозки для доставки комплектующих из Азии, минимизируя при этом уровень запасов.

Решения по транспортировке должны соответствовать общей стратегии конкурентного поведения. Так, если предприятие стремится к максимальному уровню реакции на требования клиента, ему необходимо использовать быстрые виды перевозок. Если предприятие делает ставку на ценовую политику и снижение затрат, целесообразна более дешевая стратегия транспортировки с централизацией запасов.

Например, многие оптовые фирмы, работающие в области Интернет-коммерции, располагают свои склады вблизи терминалов крупных операторов по доставке товаров (DHL, FedEx), чтобы максимально снизить время и затраты на транспортировку, повысив при этом уровень реакции на требования клиента. На данном этапе решаются вопросы проектирования транспортной сети, выбора маршрутов и видов перевозки.

2.3.5. Информация

Материальные потоки сопровождаются информационными потоками. Информация является одной из основных «движущих сил» в управлении цепями поставок. *Информация* играет ключевую роль в координации бизнес-процессов в цепи поставок. Информационные потоки связывают участников процессов в цепи поставок, различные задачи управления цепями поставок и уровни принятия решений.

Например, для планирования производственной программы используется информация о спросе на продукцию. Информационные системы для управления складом позволяют существенно повысить эффективность управления запасами и уровень взаимодействия с поставщиками и клиентами.

Эффективное управление информацией невозможно без внедрения информационных систем. Особую роль здесь играют корпоративные информационные системы. Выбор такой системы, которая внедряется на долгие годы и, по сути, становится информационной базой для принятия решений по управлению предприятием, должен осуществляться в соответствии со стратегией конкурентного поведения предприятия.

Так, например, многие автомобильные (например, BMW) и компьютерные (например, DELL) концерны, а также предприятия других отраслей, непосредственно выполняющие работы по индивидуальным требованиям клиента, активно инвестируют в информационные системы на основе Интернет-технологий, позволяющих клиенту конфигурировать продукт он-лайн. Далее данные передаются в ERP-систему фокусной компании.

На данном уровне решаются вопросы параметров координации бизнес-процессов (совместное прогнозирование спроса, управления заказом клиента или отслеживание уровня запасов в розничной торговли с он-лайн оповещением о необходимости поставки).

2.3.6. Ин- и аутсорсинг

Сорсинг (определение исполнителя процесса) на стратегическом уровне заключается в принятии решений о том, что предприятие будет делать самостоятельно, а что приобретать на стороне. Решения по сорсингу являются очень важными, т.к. от выбора вида получения продукции, выбора поставщиков и вида контрактов существенно зависит эффективность цепи поставок. Решения по сорсингу должны приниматься в соответствии со стратегией конкурентного поведения предприятия.

Так, например, Benetton, выполняет все процессы по окраске одежды самостоятельно (инсорсинг), тем самым предоставляя возможность быстро реагировать на требования клиентов. В любом случае, решения по аутсорсингу должны оцениваться с точки зрения общей доходности ЦП. На данном уровне решаются вопросы «делать или покупать» (см. главу 9), выбираются поставщики, провайдеры и заключаются контракты.

2.3.7. Маркетинг

Маркетинг может оказывать существенное влияние на эффективность ЦП. Стратегия SCM и маркетинговая стратегии должны быть согласованы. С помощью инструментов продвижения продукции (скидки, рекламные акции и т.д., т.н. *promotion costs*) можно достичь существенного снижения запасов и повысить объем продаж. Многие торговые сети закладывают соответствующие маркетинговые схемы в стратегии координации с поставщиками. Решения по ценовой политике (скидки, разница в цене в зависимости от сроков поставки и т.д.) во многом определяют уровень спроса в ЦП и соотношение «спрос – поставки». Так, например, возможно поддержание низкого уровня цен за счет более длительных сроков поставки и меньшей реакционной способности ЦП, и наоборот. Решаются вопросы о варьировании цен и рекламным акциям во взаимосвязи с управлением запасами и объемом продаж.

Перспективным направлением является концепция *dynamic pricing* (динамическое ценообразование), которая состоит в динамическом формировании цены в ЦП исходя из изменений условий внешней среды. По сути, цена продукта адаптируется к конкретным клиентам, заказам и т.д. *Dynamic pricing* основан на использование технологий электронной коммерции и Интернет.

2.4. Стратегический уровень принятия решений в SCM: проектирование структуры дистрибуции и производства

2.4.1. Проектирование структуры дистрибуции

Существуют различные варианты сети дистрибуции (см. рис. 2.2).

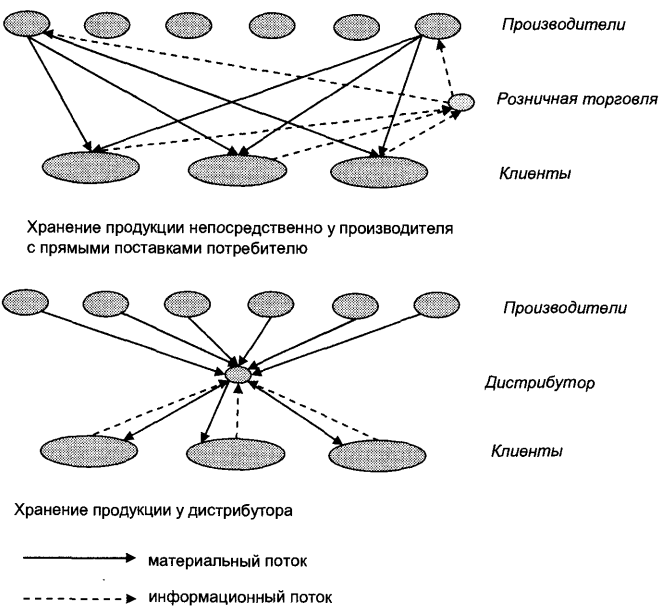


Рис. 2.2. Примеры сетей дистрибуции [33]

Можно выделить следующие основные варианты построения сетей дистрибуции [33, 223, 302]:

Вариант 1. Хранение продукции непосредственно у производителя с прямыми поставками потребителю.

Основным преимуществом этого вида является возможность централизации запасов и соответствующей экономии. Также минимизируются риски, связанные с аутсорсингом. Основной недостаток заключается в

низкой реакционной способности и длительными сроками поставки. Чтобы преодолеть этот недостаток, компании Dell и Benetton применяют политику хранения у себя запасов компонентов, что позволяет быстро сконфигурировать готовый продукт под заказ клиентов. В таблице 2.3 представлены основные характеристики данного вида сети дистрибуции.

Таблица 2.3.

Основные характеристики дистрибуции на основе хранения продукции непосредственно у производителя с прямыми поставками потребителю

Факторы затрат и сервиса	Характеристика
Затраты:	
Запасы	Низкие затраты за счет централизации
Транспортировка	Высокие затраты за счет больших расстояний
Использование мощностей	Низкие затраты за счет агрегирования запасов
Информация	Значительные инвестиции в ИТ вследствие интеграции производителя и розничной торговли
Сервис:	
Время реакции	Низкое вследствие удаленности от клиента
Ассортимент	Широкий
Доступность продукции	Высокая, т.к. все процессы находятся в ведении производителя
Время до рынка	Быстрое подтверждение о возможности поставки, т.к. все процессы находятся у производителя

Существует также разновидность данной формы организации дистрибуции (вариант 1а) с введением промежуточного узла, на котором происходит слияние поставок различных производителей.

Основные характеристики данного вида сети дистрибуции практически соответствуют предыдущему. В некоторых случаях, наблюдается незначительное снижение затрат на транспортировку и большие вложения в информационные технологии. Время реакции также может быть выше.

Вариант 2. Хранение продукции у дистрибутора.

В данном случае продукция хранится не на предприятии, а у дистрибутора и доставляется потребителю экспедиторскими службами (см. табл. 2.4).

Таблица 2.4.

Основные характеристики дистрибуции на основе хранения продукции у дистрибутора

Факторы затрат и сервиса	Характеристика
Затраты:	
Запасы	Более высокие затраты
Транспортировка	Более низкие затраты
Использование мощностей	Более высокие затраты
Информация	Приблизительно одинаковые затраты
Сервис:	
Время реакции	Более быстрая реакция
Ассортимент	Меньше
Доступность продукции	Возможность поддержания высокого уровня, но с большими затратами
Время до рынка	Более медленный цикл поставки за счет промежуточного складирования

Разновидностью данного вида сети дистрибуции является вариант 2а, когда продукция доставляется потребителю непосредственно дистрибутором. В табл. 2.5 представлены основные характеристики данного вида сети дистрибуции по сравнению с использованием услуг экспедиторов.

Таблица 2.5.

Основные характеристики дистрибуции на основе хранения продукции у дистрибутора с поставками потребителю

Факторы затрат и сервиса	Характеристика
Затраты:	
Запасы	Более высокие затраты
Транспортировка	Самые высокие затраты
Использование мощностей	Более высокие затраты
Информация	Приблизительно одинаковые затраты
Сервис:	
Время реакции	Очень быстрая реакция
Ассортимент	Меньше
Доступность продукции	Высокий уровень сервиса, большие затраты
Время до рынка	Более быстрые поставки

Вариант 3. Хранение запасов у производителя или дистрибутора для он-лайн поставок.

Данный вид сети дистрибуции используется в том случае, если клиенты размещают свои заказы он-лайн на специальных сайтах (B2B-коммерция) (см. таблицу 2.6)

Таблица 2.6.

Основные характеристики дистрибуции на основе хранения у производителя или дистрибутора для он-лайн поставок

Факторы затрат и сервиса	Характеристика
Затраты:	
Запасы	Как и в других видах сетей дистрибуции
Транспортировка	Более низкие в случае использования стабильной сети поставок
Использование мощностей	Более низкие затраты, если склады уже существуют
Информация	Значительные инвестиции
Сервис:	
Время реакции	Быстрая реакция
Ассортимент	Как и в других видах сетей
Доступность продукции	Как и в других видах сетей
Время до рынка	Как и в других видах сетей

Разновидностью данной формы дистрибуции является вариант 3с – хранение запасов непосредственно в розничной торговли (см. табл. 2.7).

Таблица 2.7.

Основные характеристики дистрибуции на основе хранения запасов и организации поставок непосредственно в розничной торговли

Факторы затрат и сервиса	Характеристика
Затраты:	
Запасы	Самые высокие
Транспортировка	Самые низкие
Использование мощностей	Самые высокие
Информация	Инвестиции в Интернет-технологии
Сервис:	
Время реакции	Быстрая реакция
Ассортимент	Ниже, чем в других видах
Доступность продукции	Возможность поддержания высокого уровня, но с большими затратами
Время до рынка	Самое длительное, т.к. новый продукт должен пройти сквозь всю ЦП

В таблице 2.8 представлена сравнительная характеристика различных вариантов организации сетей дистрибуции. Значение 1 соответствует максимальному уровню, значение 6 – минимальному.

Таблица 2.8.

Сравнительная характеристика различных вариантов организации сетей дистрибуции [33]

	Вариант 1	Вариант 1а	Вариант 2	Вариант 2а	Вариант 3	Вариант 3а
Запасы	1	1	2	3	4	1
Транспортировка	4	3	2	5	1	1
Использование мощностей	1	2	3	4	6	5
Информация	4	4	3	2	1	5
Время реакции	4	4	3	2	1	4
Ассортимент	1	1	2	3	4	1
Доступность продукции	1	1	2	3	4	1
Время до рынка	1	1	2	3	4	1

Другим интересным сравнительным анализом является определение наиболее подходящего вида сети дистрибуции для различных характеристик спроса и стратегии управления цепями поставок (см. табл. 2.9).

Таблица 2.9.

Определение наиболее подходящего вида сети дистрибуции для различных характеристик спроса и стратегии управления цепями поставок [33]

	Вариант 1	Вариант 1а	Вариант 2	Вариант 2а	Вариант 3	Вариант 3а
Характеристики спроса						
Высокий	-2	-1	0	+1	+2	-1
Средний	-1	0	+1	0	+1	0
Низкий	+1	0	+1	-1	-1	+1
Очень низкий	+2	+1	0	-2	-2	+1
Стратегии управления ЦП						
Высокая стоимость продукции	+2	+1	+1	0	-1	+1
Быстрая реакция	-2	-2	-1	+1	+2	-2
Узкий ассортимент	+2	0	+1	0	-1	+2
Низкий уровень сервиса	+1	+2	+2	+2	-2	-1

+2 – наиболее подходящий; +1 – подходящий; 0 – нейтральный; -1 – неподходящий; -2 = полностью неподходящий.

Для повышения эффективности работы дистрибуционных центров применяются различные концепции приема, складирования и транспортировки товара к клиенту. Наибольшее распространение получила такая концепция как *cross-docking*. Основой данной концепции является технологическая инфраструктура, позволяющая интегрировать процессы приема товара и его погрузки для отправки (без или с промежуточным складированием). Это позволяет принимать и отправлять товары внутри склада практически без промежуточного складирования. Cross-docking часто интегрируется с другими концепциями, например, merge-in-transit, когда происходит слияние части товаров с cross-docking с товарами со склада для формирования единой партии отправки продукции.

2.4.2. Проектирования сети производства

Задача проектирования сети производства, как правило, формулируется и решается совместно с задачей планирования сети дистрибуции. В целом, всю совокупность решаемых задач можно разделить на три группы: географическое расположение – транспортировка, запасы – транспортировка и географическое положение – запасы. В качестве критериев оптимизации выступают затраты, скорость реакции на заказы клиентов, время поставок и гибкость сети. Основными решающими переменными являются уровень запасов, размер партий, назначения дистрибутор-клиент, завод-продукт, производитель-поставщик. Используются оптимизационные, эвристические, стохастические и имитационные модели. Среди оптимизационных методов наибольшее распространение получило смешанно-целочисленное программирование. В стохастических моделях решаются вопросы учета неопределенности спроса, цен и работы ресурсов; для долгосрочного горизонта планирования эти модели, как правило, не используются.

2.5. Выбор поставщиков и построение системы взаимодействия с ними

Этот этап является, на наш взгляд, одним решающих в успехе управления цепями поставок.

SCM изучает принятие управленческих решений. Именно наличие решений, принимаемых людьми (а не автоматическими регуляторами), отличает проблемы оптимизации ресурсов и связанных с ними процессов в ЦП от технических систем.

Даже самое лучшее (оптимальное) решение по расположению и использованию ресурсов может быть сведено «на нет» отсутствием доверия между предприятиями или даже элементарной ошибкой в принятии решения или интерпретации информации.

В настоящее время, наибольшее распространение получили 2 формы аутсорсинга логистических процессов: 3PL и 4PL провайдеры. Основными услугами, которые предоставляют 3PL провайдеры, являются: транспортировка; складирование; использование информационных технологий для транспортировки, складирования, прогнозирования, платежей, отслеживания грузов и визуализации выполнения заказа; ресайклинг; страхование грузов, аудит, международные перевозки, специальные перевозки (нестандартные габариты, особые температуры и т.д.). В конце 90-х гг., явно обозначилось желание предприятий видеть в провайдере не только исполнителя определенных функций, но и управление всем процессом.

Так появилось понятие 4PL провайдера, впервые определенное Andersen Consulting как «интегратора, аккумулирующего все ресурсы, мощности и технологии своей организации и других организаций для проектирования, построения и реализации целостных решений по управлению цепями поставок» [33]. В настоящее время, на практике под 4PL провайдерами понимаются, как правило, генеральные контракторы, имеющие собственные логистические активы, перенимающие всю ответственность перед клиентом за заказ и координирующие деятельность других 3PL провайдеров, экспедиторов и брокеров. В изначальном смысле этого не предполагалось. Но жизнь показала невозможность создания некой нейтральной инстанции для управления цепями поставок. В настоящее время, многие 3PL провайдеры расширяют свою деятельность для перехода в разряд 4PL провайдеров.

Согласно ряду исследований, уровень российских провайдеров логистических услуг значительно уступает западным. Очень четко обозначается следующая тенденция на российском рынке – российские компании предпочитают иметь дело с российскими же 3PL провайдерами, а

западные компании в России – с западными провайдерами (DHL, Schenker и др.). При этом в «российском» сегменте рынка главным факторов является цена предоставляемых услуг, а в «западном» сегменте – качество услуг.

Примерами наиболее известных и успешных 4 PL провайдеров являются Menlo Logistics, США (обслуживание цепей поставок американской мебельной сети HomeLife), Kuehne&Nagel Lead Logistics, Германия (обслуживание цепей поставок Nortel), Li&Fung, Китай (обслуживание цепей поставок Reebok).

2.5.1. Выбор и оценка поставщиков

Проблема выбора и оценки поставщиков является одной из излюбленных в специальной литературе по управлению закупками и логистике. Различные методики по этой теме можно найти в специальной литературе. Основные критерии оценки поставщиков и их влияние на совокупные затраты цепи поставок представлены в табл. 2.10.

Таблица 2.10.

Основные критерии оценки поставщиков и их влияние на совокупные затраты цепи поставок [33]

	Цена закупки	**Запасы**		**Затраты на транспорт**	**Время ввода нового продукта**
		Оперативные	Страховые		
Время поставки			X		
Интернет-заказы			X		
Гибкость поставки			X		
Частота поставок		X	X	X	
Качество поставок	X		X		
Расходы на транспорт				X	
Цены	X	X			
Координация			X	X	
Взаимодействие	X	X	X	X	X
Пошлины и налоги	X				
Надежность			X		X

Применение той или иной методики выбора и оценки поставщиков должно быть согласовано с общими целями управления цепями поста-

вок. Базой для оценки эффективности выбора поставщиков могут служить совокупные затраты в цепи поставок, а также устойчивость цепи поставок.

Выбор поставщиков должен производиться исходя из анализа совокупных затрат и устойчивости ЦП.

В заключение перечислим основные элементы принятия решений при выборе поставщиков:

- создать межфункциональную группу сотрудников для принятия решений,
- особое внимание уделить вопросам координации,
- ориентироваться на оценку совокупных затрат владения, а не на минимизацию цены закупки,
- установить долгосрочные отношения с ключевым поставщиками.

2.5.2. Контракты

Выполнение планов цепи поставок во многом зависит от правильности заключенных контрактов. Современные исследования показывают, что применение того или иного вида контрактов может существенно влиять на эффективность цепи поставок.

Например, компания Valio использует контрактные региональные производства молочной продукции для решения проблемы сезонного увеличения спроса.

Можно выделить 2 основных вида контрактов:

а) контракты с целью обеспечения доступности продуктов и прибыли цепи поставок:

- «возвратные» контракты (возвращение части нереализованной продукции),
- контракты для разделения прибыли (фиксирование цены продажи между производителем и розничной торговлей с разделением прибыли от продаж),
- контракты с варьирующимся объемом поставок (розничная торговля может оперативно изменять количество закупаемых партий товаров в зависимости от изменений прогнозов спроса).

б) контракты с целью координации затрат в цепи поставок:

- контракты, направленные на усиление активности агентов (например, дилеров по продаже автомобилей)
- контракты на улучшение выполнения работ (например, в концепции QR, покупатель может потребовать более быстрые сроки поставок и сокращение время изготовления продукции в случае сезонного увеличения спроса).

Проблема контрактинга является одной из ключевых в современном SCM. Именно от формы организации контрактов в цепи поставок существенно зависит распределение рисков, что, в свою очередь, является одним из определяющих факторов в выборе методов планирования и регулирования цепей поставок (см. § 3.3). Для разных видов контрактных систем в цепи поставок распределение рисков, методы планирования спроса, закупок, производства и т.д. будут различными.

Именно от формы организации контрактов в цепи поставок существенно зависит распределение рисков, что, в свою очередь, является одним из определяющих факторов в выборе методов планирования и регулирования цепей поставок

2.5.3. Взаимодействие при разработке новой продукции и организация процессов закупок

Взаимодействие при разработке новой продукции – очень важный элемент управления цепями поставок, часто недооцениваемый. Исследования ученых Мичиганского университета показали, что интеграция поставщиков в процессы разработки новой продукции уже на ранней стадии позволяет снизить затраты на 20 %, повысить качество на 30% и ускорить вывод новых изделий на рынок в 2 раза [33, 68]. Очень важным является такая организация процессов закупок, которая бы предоставляла возможность контроля, синхронизации и визуализации закупок.

Так, например, Cisco, разработало Интернет-платформу eHub, к которой подключены более 2000 поставщиков, дистрибуторов, и производителей. При производстве автомобиля Jeep Liberty, компании Johnson Controls и DaimlerChrysler организовали такое сотрудничество, при котором

JS интегрировал компоненты 35 поставщиков и поставлял готовую панель управления. На это ему было отведено 204 минуты при более чем 900 поставках в день с более чем 200 вариациями комплектации и цветовой гаммы. Схожая схема реализована и на заводе Volkswagen Sachsen в Германии[2].

2.6. Тактический уровень принятия решений в SCM

Целью решений на *тактическом уровне* является планирование реализации процессов цепи поставок. На данном уровне решаются задачи прогнозирования спроса, планирования производственной программы, управления запасами, планирования дистрибуции, транспортировки, поставок, производства, закупок.

Классификация основных задач управления цепями поставок на тактическом уровне приведена в таблице 2.11.

Таблица 2.11.

Классификация основных задач управления цепями поставок на тактическом уровне

Планы	Исходные данные	Проблемы управления цепями поставок
План производства и дистрибьюции	Затраты, Мощности, Запасы, Объем производства Спрос	Прогнозирование спроса Планирование страховых и оперативных запасов Планирование использования мощностей Планирование ATP/CTP
План закупок	Спрос Запасы Затраты Сроки поставки	Планирование размера партий закупки Планирование ритмичности закупок
План поставок и транспортировки	Данные о географическом расположении Данные о транспортировке (затраты, время, вид, мощность)	Планирование маршрутов транспортировки Планирование использования транспортных мощностей

[2] Подробнее см. параграф 11.2.

2.6.1. Прогнозирование и планирование спроса

Для прогнозирования спроса используются различные статистические методы прогнозирования (например, экспоненциальное сглаживание). Наряду с точными моделями прогнозирования, существует возможность эвристических расчетов и имитационного моделирования в виде анализа «Что будет, если.....?». Задачи прогнозирования спроса очень часто связываются с расчетом страховых запасов.

Информация о потребностях дает основу для согласования процессов планирования и принятия решений вдоль всей цепи поставок. Задачей планирования спроса является создание информационной открытости с точки зрения возникающих краткосрочных потребностей, а также прогнозирование долгосрочных потребностей. Точный прогноз потребностей имеет ключевое значение для высокого уровня сервиса цепи поставок, эффективного планирования мощностей цепи поставок и оптимизации запасов.

С учетом принятой концепции координации[3], спрос определяется на основе оценки имеющихся заказов, взятых из ERP-системы и через информацию, поступающую от предприятий на различных ступенях цепи поставок. Ключевой момент прогнозирования спроса состоит в выборе методики прогнозирования. Современная теория математической статистики предлагает множество статистических методов прогнозирования [167, 168, 214, 317]. С помощью информационных систем[4] возможен перевод информации отдела маркетинга (сбыта) на язык производственного планирования и посредством связи с модулем производственного планирования можно быстро анализировать последствия различных сценариев сбыта продукции, как с точки заказчика, так и с точки зрения поставщика.

Статистические прогнозы сбыта продукции основываются, как правило, на данных прошлых периодов. Также можно обрабатывать информацию из отделов сбыта, маркетинга, информацию об отдельных событиях (акции продвижения), сезонных влияниях, фазах роста и спада. На основе тенденций развития задается как направление дальнейших шагов планирования в цепи поставок, так и управление предприятием на рынке. Так, при негативных тенденциях можно предупредительно

[3] См. главы 4 и 11.

[4] См. главу 12

реагировать при помощи таких инструментов маркетинга, как ценовая политика и реклам.

При долгосрочном планировании спроса с точки зрения отдельно взятого предприятия осуществляется прогнозирование сбыта продуктовых групп и семейств продукции на срок, составляющий несколько лет (в большинстве случаев в денежном выражении). Среднесрочное планирование спроса осуществляется на основе объемов определенных видов продукции (SKU – Stock Keeping Unit) на срок, составляющий несколько недель. Среднесрочное прогнозирование предполагает, что имеется возможность всестороннего изучения спроса на различных уровнях абстракции, в зависимости от продукта, продуктовых групп, целевых потребителей и рыночных сегментов, а также каналов сбыта и регионов.

Современная литература [41] разделяет спрос на три вида: независимый спрос (количество продукции, заказанное потребителем; этот спрос видит только конечный производитель), рассчитанный спрос (количество продукции, которое должны поставить поставщики основных модулей) и зависимый спрос (количество элементов, деталей и материалов, необходимое для изготовления основных модулей). В зависимости от индивидуальных особенностей цепи поставок, может быть выбрана либо стратегия прогнозирования спроса, либо стратегия планирования спроса.

Например, Nokia использует стратегию постоянного информирования всех участников цепи поставок о своих тактических планах на три месяца. Эти планы являются для всех участников цепи поставок своего рода производственной программой. Подобное среднесрочное планирование спроса в данном случае считается менеджерами цепи поставок более эффективным методом по сравнению с прогнозированием спроса каждым из участников цепи поставок в отдельности, приводящим к существенным колебаниям в поставках.

2.6.2. Планирование производственной программы

Базовой для расчета производственной программы является методика MRP-II (Material Resource Planning) – планирование материальных ресурсов [217, 261]. В основе MRP-II лежит концепция планирования потребности в материалах MRP (material requirements planning), разрабо-

танная в конце 70-х годов Оливер Уайтом и Джорджем Плосл, которые предложили идею воспроизведения замкнутого цикла (closed loop) в MRP–системах.

Эта идея заключалась в рассмотрении более широкого спектр факторов при планировании путем введения дополнительных функций. К базовым функциям планирования производственных мощностей и планирования потребностей в материалах было предложено добавить контроль соответствия количества произведенной продукции количеству использованных в процессе сборки комплектующих, составление регулярных отчетов о задержках заказов, об объемах и динамике продаж продукции, о поставщиках и т.д.

Суть термина "*замкнутый цикл*" заключается в том, что созданные в процессе работы отчеты анализируются и учитываются на дальнейших этапах планирования, изменяя при необходимости программу производства, а, следовательно, и план заказов. Другими словами, дополнительные функции осуществляют обратную связь в системе, обеспечивающую гибкость планирования по отношению к внешним факторам, таким как уровень спроса, состояние дел у поставщиков и т.п.

В дальнейшем усовершенствование MRP в направлении объемно-календарного планирования MPS (Master Production Scheduling) привело к развитию системы MRP с замкнутым циклом в MRPII (Manufacturing Resource Planning).

Логическая схема системы планирования ресурсов предприятия в соответствии со стандартом MRP-II представлена на рисунке 2.3 [217]. Стандарт MRPII в его современном виде поддерживается Американским обществом по управлению производством и запасами – American Production and Inventory Control Society (APICS). В свое время APICS регулярно издавало документ "MRPII Standard System", в котором описываются основные требования к информационным производственным системам (последнее издание этого документа вышло в 1989 г.).

В основе планирования производственной программы на базе концепции MRP-II лежит понятие *спецификации изделия* (bill of material – BOM), которое показывает зависимость потребности в сырье, полуфабрикатах и др. от плана выпуска готовой продукции (с учетом времени). На основе плана выпуска продукции, спецификации изделия и учета особенностей технологической цепочки и осуществляется расчет потребностей производства в материалах (обязательно с учетом конкретных сроков).

Рис. 2.3. Планирование ресурсов предприятия в соответствии MRP-II

Спецификация изделия отображает иерархическую структуру изделия с указанием количества соответствующих узлов и деталей, норм расхода материала и вида получения (собственное изготовление или покупка). Принципиальными являются понятия *первичной потребности* (т.е. потребности в готовом изделии) и *вторичной потребности* (т.е. потребности в узлах, деталях и материалах для удовлетворения первичной потребности – производства необходимого количества конечного изделия). Пример структуры изделия представлен на рис. 2.4.

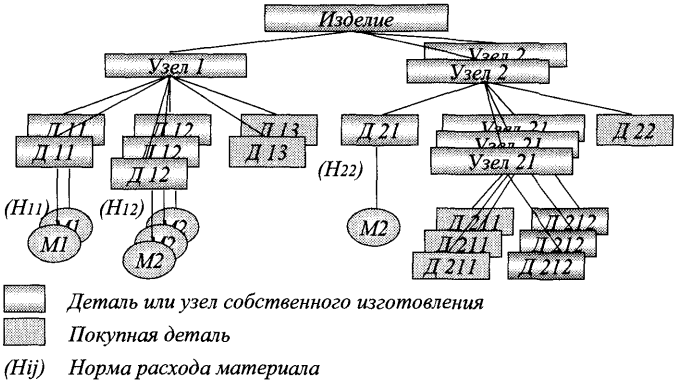


Рис. 2.4. Пример структуры сложного изделия

В *маршрутной карте* указывается последовательность выполнения определенных технологических операций и норм времени на выполнение каждой операции (как правило, в нормо-часах). На практике спецификации изделий и маршрутные карты представляются в одном документе (например, планировочной ведомости).

- Подробное описание основных данных об изделиях и технологии является основой реализации *процессов планирования* (рис. 2.5).

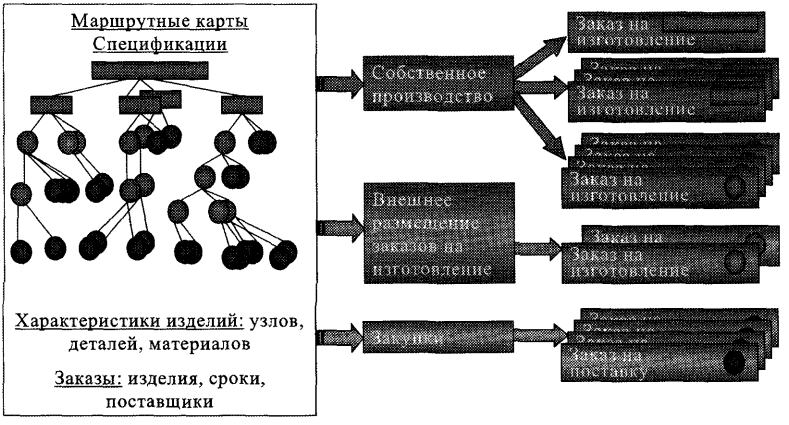


Рис. 2.5. Поддержка процессов планирования

На основе спецификаций и маршрутных карт в соответствии с утвержденным планом сбыта продукции рассчитываются планы производства и закупок. В зависимости от горизонта планирования *планы производства* разделяют на несколько видов:

- объемный план (составляется на год, используется информация на уровне предприятия в целом),
- объемно-календарный план (составляется на квартал или месяц, используется информация на уровне цехов и участков),
- оперативно-календарный план (составляется на месяц, неделю или смену, используется информация на уровне рабочих мест).

На стадии изготовления продукции появляется функция *диспетчеризации,* состоящая в оперативном управлении имеющимися в распоряжении ресурсами с целью выполнения заданий оперативного плана с учетом реально складывающейся производственной обстановки. Примерами подобных задач являются определение оперативных производственных заданий цехам, участкам, распределение работ по оборудованию, определение очередности выполнения работ.

Модели планирования производственной программы предназначены для синхронизации материальных потоков в цепях поставок и повышения эффективности использования ресурсов на стадиях производства, поставок и распределения продукции. Эти модели, как правило, работают с данными на достаточно высоком уровне абстрагирования, детально учитываются только ресурсы потенциальных «узких мест». Другие ограничения записываются в виде штрафных функций.

Подобное упрощение позволяет сформировать задачу в формате линейного программирования. Линейная модель базируется на данных прогнозирования, данных об «узких местах» в производственных мощностях и спецификациях изделий. В качестве переменных выступают объемы производства и транспортировок, величины запасов и т.д. Целевая функция, как правило, ориентирована на минимизацию затрат.

2.6.3. Проверка доступности материалов

Модели проверки доступности материалов (Available To Promise – ATP) ориентированы на расчет сроков поставки. В ATP проверяется, может ли быть выполнен заказ клиента в требуемые сроки (рис. 2.6).

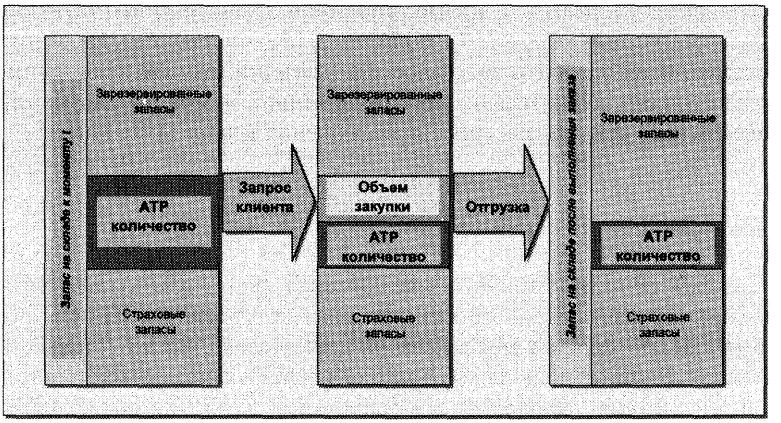


Рис. 2.6. Основная схема проверки доступности материалов ATP [171]

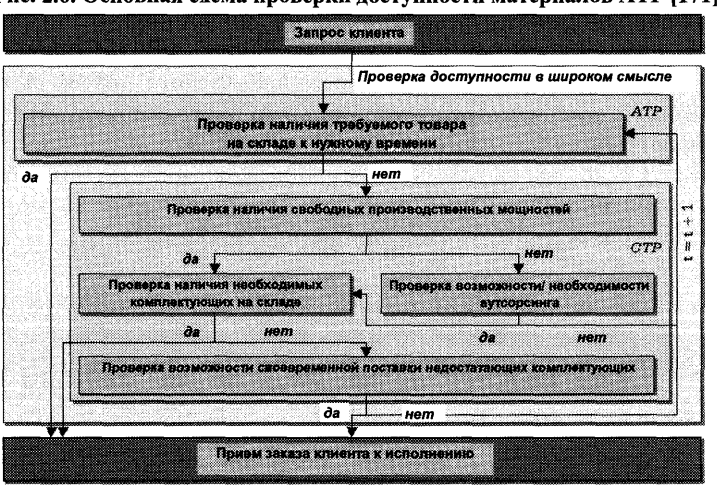


Рис. 2.7. Проверка доступности материалов ATP/CTP [171]

Данная проверка происходит на основе сравнения объема заказа с доступными запасами или с предусмотренными производственной программой объемами производства. Проверка осуществляется как относительно конечного продукта, так и всех соответствующих полуфабрикатов, материалов и исходного сырья. Проверяется не только доступность материалов, но и мощностей.

Эта пересекающаяся с производственным планированием функция получила название *«Capable To Promise – CTP»* (см. рис. 2.7). На основе синхронизации проверки доступности с объемами закупок, полученными в результате планирования производственной программы, возможно существенное сокращение времени выполнения заказов [171, 190].

2.6.4. Планирование производства

Задачей производственного планирования является создание оптимального производственного плана для каждого предприятия цепи поставок. Целью является максимизация показателей степени готовности поставок и выполнения сроков при одновременном обеспечении оптимальной загрузки мощностей и минимальных затрат на поддержание необходимого уровня запасов. Среднесрочный горизонт планирования составляет от месяца до нескольких недель или даже дней.

Модели планирования производства предназначены для расчета уточненных планов на цеховом уровне. Используются модели расчета оптимальной величины партии, оптимального выбора производственного маршрута, а также различные правила приоритетов. Алгоритмы планирования основаны на различных эвристиках, в частности – генетических алгоритмах[5]. Результаты цехового планирования представляются в наглядной форме в виде *диаграммы Ганта* [171, 198, 287].

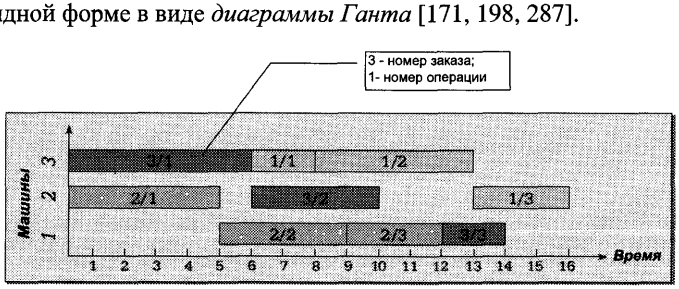


Рис. 2.8. Пример диаграммы Ганта

На диаграмме Ганта на оси абсцисс отображается горизонт планирования, а на оси ординат – имеющиеся ресурсы. Элементами же графика

[5] См. главы 13 и 18, Т.2

являются операции различных заказов. Реже используется другое представление диаграммы Ганта, когда на оси ординат отображаются заказы, а элементами диаграммы являются операции и ресурсы.

2.6.5. Планирование дистрибуции и транспортировки

Модели планирования дистрибуции и транспортировки предназначены для синхронизации спроса и доступных запасов. Планирование основано на линейных моделях, которые, как правило, ориентированы на минимизацию транспортных и складских затрат. Основные решения в данных моделях состоят в определении объемов и мест складирования и транспортировки. Отметим пересечение этих моделей с моделями планирования сети дистрибуции и производственной программы.

Важным является комплексное рассмотрение транспортировки, запасов и уровня сервиса, ведь именно транспортировка и запасы являются основными компонентами выполнения заказов с точки зрения затрат и уровня сервиса. Важной функцией модуля планирования дистрибуции и транспортировки является поддержка концепции VMI [296]. С точки зрения поставщиков логистических услуг, эти модели интересны наличием оптимизационных алгоритмов планирования маршрутов [24, 290].

2.6.6. Планирование закупок и запасов

Целью планирования закупок является доставка достаточного количества частей и материалов в нужные сроки, в нужное место и с поддержанием минимального уровня запасов. Рассматриваемые временные рамки планирования лежат в тактической, оперативной области длительностью от нескольких недель до нескольких дней. В расчет принимаются мощности поставщиков, а также ритмичность поставок и точка перезаказа.

Задачей планирования закупок является оптимизация размера частичных поставок (поставок деталей, частей) и определение уровня складских запасов, базирующихся на результатах планирования спроса, логистической сети и, следовательно, производства.

Исходя из потребностей планирования, на основе спецификации изделия осуществляется определение минимального, максимального и оптимального уровней запаса на основе наблюдаемых в прошлом и про-

гнозируемых отклонений. Дальше могут быть смоделированы различные сценарии пополнения запасов (на основе одного или нескольких источников поставок, на основе решения проблемы «Делать или покупать»), которые могут сравниваться на основе цели оптимального удовлетворения потребностей.

Всю совокупность стратегий планирования закупок и запасов можно разделить на три группы исходя из методики определения величины хранимого запаса и точки запуска заказа на пополнение запасов. Эти три группы формируются исходя из следующих переменных: s – точка заказа (величина запаса, при которой нужно пополнение запаса), r – цикл закупки (временной интервал между двумя закупками), q – количество закупаемого материала, S – уровень запаса (т.е. величина запаса, до которой нужно закупить материалы).

Из комбинаций этих параметров можно классифицировать ряд стратегий планирования запасов и закупок, к основным из которых относятся (см. рис. 2.9):

- (s, q)-стратегия – в моменты времени, когда достигнут уровень сигнального запаса s, закупается постоянное количество материала q,
- (r, S)-стратегия – через определенные постоянные интервалы времени r закупается столько материала, чтобы достигнуть уровня запаса S,
- (s, S)-стратегия – как и в стратегии (s, q), закупка осуществляется, когда достигнут уровень сигнального запаса s, но закупается столько материала, чтобы достигнуть уровня запаса S.

Недостатком стратегии (s, q) является возникновение дефицита, а стратегий (r, S), (s, S) – существенная дисперсия объемов закупаемых материалов. Кроме того, стратегии управления запасами должны рассматриваться в комплексе с задачами общего снижения затрат в цепи поставок, обеспечения необходимого уровня сервиса, гибкости и надежности. Подробно эти и другие стратегии рассмотрены в специальной литературе [271, 291, 312].

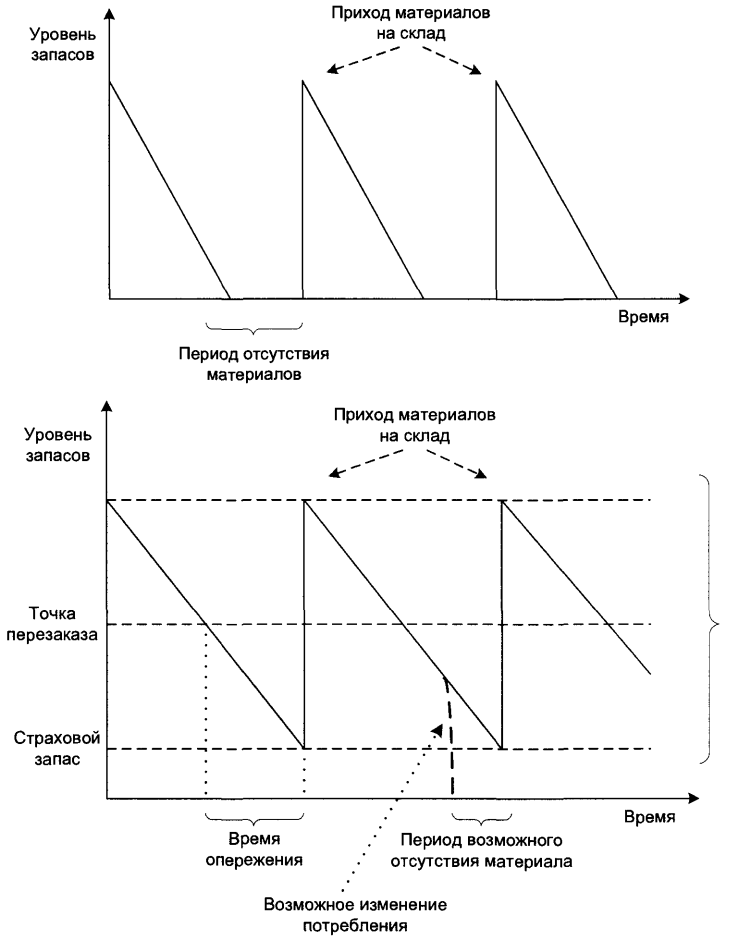


Рис. 2.9. Стратегии пополнения запасов

Полученный план закупок является основой для проведения дальнейшего детализированного планирования. Наиболее распространенной теоретической моделью прикладной теории логистики является модель оптимального или экономичного размера заказа EOQ (Economic Order Quantity) [271] на основе формулы Уилсона. Имитационные модели, как правило, основаны на т*еории массового обслуживания* (ТМО) [291].

2.7. Оперативный уровень принятия решений при управлении цепями поставок

Целью решений на *оперативном уровне* является управление операциями в реальном режиме времени, мониторинг и адаптация процессов цепи поставок с учетом реально складывающейся ситуации. На данном уровне решаются задачи контроля, анализа и регулирования цепи поставок (см. табл. 2.12).

Таблица 2.12.

Классификация основных задач SCM на оперативном уровне

Оперативные планы	Исходные данные	Проблемы управления цепями поставок
Планирование расписаний	Затраты, Мощности, Запасы, Объем производства Спрос	Планирование производств. расписаний Маршрутизация Планирование внутрискладских перемещений
Мониторинг	Спрос Запасы Затраты Сроки поставки Объем производства	Оперативный анализ фактических и плановых показателей
Регулирование	Отклонения и нарушения в процессах реализации цепи поставок	Оперативная корректировка планов в случае отклонений
Оперативный анализ	Поставки Платежи	Оценка эффективности цепи поставок

Задачи оперативного управления, как правило, решаются в очень сжатые сроки (минуты и часы). Методы их решения очень специфичны для каждого конкретного предприятия. Безусловно, существуют и некоторые общие рекомендательные эвристические алгоритмы и системы имитационного моделирования. Оперативные планы, как правило, составляются в ЦП за 1-2 часа до начала смены. Особую роль играет мониторинг выполнения работ и регулирование (адаптация).

Примерами оперативных задач могут служить задачи маршрутизации транспортных средств (Vehicle Routing Problems – VRP). Целью VRP является определение маршрута и расписания движения транспортных

средств для удовлетворения клиентских заказов и минимизации операционных издержек. Другими целями являются минимизация длительности рейса, его протяженности, издержек или числа используемых транспортных средств. Дополнительно должны быть учтен ряд ограничениям, например, ограничения по вместительности транспортного средства, длительности маршрута, временным окнам и т.д. [290].

Последние достижения в ИТ существенно улучшили качество коммуникации между водителем и диспетчерским центром. Теперь информация о поступлении новых заказов или изменениях в маршрутах может без труда передаваться водителям, что способствует улучшению уровня сервиса и снижению издержек. Более того, современные системы навигации способны предоставлять в реальном времени.

Контрольные вопросы

1. На какие уровни можно классифицировать задачи SCM
   a) Стратегический и макроэкономический
   b) Оперативный и сверхоперативный
   c) Стратегический, тактический и оперативный
   d) Особо важные, важные, второстепенные

2. На стратегическом уровне решаются задачи:
   a) Планирования производственной программы
   b) Выбора поставщиков
   c) Проектирования сетевой структуры цепи поставок
   d) Расчет оптимальной партии закупки (EOQ)

3. Для стратегического конфигурирования цепи поставок используются данные о:
   a) Географическом расположение мощностей цепи поставок
   b) Фактическом потребление материалов в производстве
   c) Ассортименте и видах продукции
   d) Планах производства

4. К основным видам сетей дистрибуции относятся:
   a) Хранение продукции у производителя
   b) Хранение продукции дистрибутора

c) Хранение продукции у потребителя для дистрибутора
d) Хранение продукции у производителя или дистрибутора

5. К элементам стратегии управления цепями поставок, ориентированной на уровень сервиса, относятся:

a) Быстрая реакция на изменения спроса
b) Низкие затраты за счет максимальной мощности
c) Удовлетворение спроса с минимальными затратами
d) Создание резервов и избыточности

6. Прогнозирование спроса:

a) Эффективно не для всех цепей поставок
b) Всегда эффективно
c) Эффективно в сочетании с планированием спроса
d) Эффективно при высоком уровне координации в ЦП

7. К планированию производственной программы относятся:
a) MRP-II
b) CPFR
c) Master Production Scheduling
d) Спецификация изделия

8. Первичная потребность – это:

a) Потребность в некотором количестве конечного изделия
b) Количество изделий для расчета вторичной потребности
c) Потребность в узлах и деталях
d) Потребность в материалах

9. Проверка доступности материалов (ATP):

a) Используется для расчетов внутри предприятия
b) Определяет возможность поставки при запросе клиента
c) Не учитывает страховые запасы
d) Может осуществляться совместно с CTP

10. Диаграмма Ганта:

a) Показывает результат планирования расписания
b) Показывает общую мощность цепи поставок
c) Показывает распределение производственных заказов
d) Может показывать распределение работ по участникам ЦП

В мире нет ничего постоянного, кроме непостоянства.

Джонатан Свифт

Глава 3. Неопределенность в цепях поставок

В данной главе будут рассмотрены следующие вопросы[1]:

- В чем состоит проблема неопределенности и риска в цепях поставок
- Что такое неопределенность и риск
- Какие существуют особенности неопределенности и риска в цепях поставок
- Каковы основные причины и последствия неопределенности и риска для управления цепями поставок
- Что такое устойчивость цепи поставок
- Что такое безопасность цепи поставок
- Как можно снизить неопределенность спроса в цепях поставок
- Что такое Bullwhip-эффект и отложенная дифференциация
- Каковы основные причины и последствия Bullwhip-эффекта для управления цепями поставок и как снизить его негативное влияние
- Как усилить цепь поставок и снизить риск

3.1. Проблема неопределенности и риск в цепях поставок

3.1.1. Причины и последствия неопределенности в цепях поставок

Данные современных исследований свидетельствуют о том, что от 40 до 60% рабочего времени менеджеры цепей поставок тратят на устранение нарушений [124]. Сообщение о нарушении в цепи поставок может вызвать падение курса акций до 40% [33].

---

[1] Методы и модели принятия решений в условиях неопределенности при управлении цепями поставок будут рассмотрены в главах 15, 16 и 18 тома II.

Цепи поставок являются сложной многоструктурной системой с активными элементами, функционирующей в условиях динамично развивающейся рыночной среды. Функционирование цепей поставок связано со значительной неопределенностью. *Источниками неопределенности* могут служить колебания спроса, ошибки прогнозов, выход из строя ресурсов, неточность данных, ошибочные решения менеджеров, неточная передача информации и интерпретация тех или иных событий, целенаправленные действия по разрушению цепи поставок (терроризм, хищения грузов), а также такие крайние случаи, как изменения политических или природных условий.

Неопределенность является одной из основных проблем, изучаемых в управлении цепями поставок. Именно снижение неопределенности явилось одним из отправных пунктов к появлению концепции управления цепями поставок как таковой на основе интенсивно развивавшихся в 80 гг. 20 в. методов и моделей управления запасами на межорганизационном уровне [40]. С тех пор были разработаны различные концепции, модели и информационные системы для снижения неопределенности в цепях поставок.

Неопределенность существует в цепях поставок независимо от нас. Рассматривая проблему неопределенности, можно выделить два принципиальных аспекта:

- неопределенность можно снизить,
- реализация процессов всегда связана с риском, который кто-то должен нести.

В § 3.3 мы покажем методы снижения неопределенности в цепях поставок. Но как бы мы не снижали неопределенность путем введения различных резервов надежности и гибкости цепей поставок, все равно будет существовать определенный риск сбоев в работе цепи поставок, которые могут вызвать серьезные нарушения, устранение которых будет невозможным в рамках заложенных *резервов адаптации* (см. §3.3.3). На этот случай должны быть предусмотрены соответствующие меры в контрактной системе ЦП, включена система страхования и т.д.

Рассматривая данную проблему с системно-кибернетических позиций, речь, по сути, идет о нахождении *баланса между объемом пространства неопределенности* (область риска) и *пространства системы* (когда нарушения могут быть компенсированы с помощью резервов надежности и гибкости).

Приведем простой пример. Существуют два метода управления спросом: планирование спроса, когда фокусная компания дает среднесрочные планы на поставки по всей цепи поставок, и прогнозирование спроса, когда каждый из участников цепи поставок сам определяет свои потребности и объемы поставок. Во втором случае, существует риск для каждого из участников ЦП относительно объемов поставок. В первом случае, этот риск берет на себя фокусная компания. Тем самым снижается неопределенность внутри цепи поставок, но в случае ошибок в прогнозе спроса у самой фокусной компании у нее возникает риск снижения эффективности и нереализованных товарных запасов. Таким образом, неопределенность и риски можно переносить в разные участки цепи поставок, рассматривая разные формы контрактных отношений, распределения или страхования рисков, но исключить их полностью невозможно.

Одной из основной практических целей анализа цепей поставок относительно неопределенности и возмущающих воздействий является выявление, устранение и усиление так называемых «*узких мест*» цепи поставок. Далеко не все возмущающие воздействия могут иметь существенное влияния на эффективность цепи поставок. Как показывает практика, именно устойчивость слабых мест цепи поставок в значительной степени определяет ее эффективность.

Под *узкими местами* понимаются:

- Участок цепи поставок, на котором особенно часто происходят нарушения;
- Участок цепи поставок, являющийся критическим для обеспечения пропускной способности системы;
- Участок цепи поставок, незначительные отклонения на котором приводят к значительным отклонениям значений показателей экономической эффективности;
- Участок цепи поставок, ликвидация нарушений в котором связано со значительными финансовыми и (или) временными затратами.

Безусловно, выявление и анализ таких узких мест для каждой цепи поставок является индивидуальным и любые методики для данной предметной области должны рассматриваться с позиций системных рамок, конкретное наполнение которых происходит в рамках конкретных условия цепи поставок. Тем не менее, разработка системных методиче-

ских ориентиров для выявления и усиления узких мест цепей поставок в сочетании со знанием специфики той или иной цепи поставок позволяет существенно сократить затраты на ликвидацию нарушений, частоту возникновения нарушений и сделать работу менеджеров значительно более комфортной.

Резюмируя достигнутые на сегодняшний день результаты, можно сделать два вывода:

1. Можно снизить неопределенность, например, за счет:

- введения определенной избыточности структур цепи поставок (например, временных буферов, страховых запасов, дополнительных складов, запасов мощностей и т.д.),
- улучшения координации и информационного обмена для повышения качества, своевременности и доступности для всех участников цепи поставок прогнозов спроса,
- введения системы мониторинга и регулирования цепи поставок в случае возникновения нарушений и отклонений от плана,
- формирования множества неокончательных решений, например, отложенная дифференциация продукции (postponement) или методы «скользящего» или адаптивного планирования (rolling/adaptive planning).

2. Но избежать неопределенности невозможно.

Можно снизить неопределенность и риски. Но избежать их невозможно.

3.1.2. Классификация видов неопределенности[2]

Вся история развития человеческого общества связана с решением проблем учёта факторов неопределённости как при прогнозировании будущих событий, так и при принятии решений в различных предметных областях. *Неопределённость* является полисемическим многозначным понятием (греч. poly – много, sema – знак), характеризуемым большим количеством значений. Исторически первыми основопола-

[2] Данный параграф написан с использованием материалов профессора, д.т.н. Б.В. Соколова.

гающими понятиями, раскрывающими содержание неопределённости, были такие понятия как случайность, вероятность, возможность, которые мы соотносим с именем великого учёного древности Аристотеля.

До XX века математические основы описания факторов неопределённости базировались на их вероятностно-частотной интерпретации и были связаны с именами таких известных учёных как Б. Паскаль, П. Ферма, Я. Бернулли, П. Лаплас. Современная концепция теории вероятностей базируется на исследованиях крупнейшего советского математика, академика А.Н. Колмогорова. В 1933 году им было дано аксиоматическое определение вероятности как меры, связанной с системой аксиом так называемого вероятностного пространства [262].

Наряду с формальным описанием и дальнейшим исследованием факторов неопределённости происходило постоянное расширение представлений специалистов о спектре значений понятия неопределённость. Среди этих значений были выделены такие понятия как недетерминированность, нежёсткость, незнание, неизвестность, неоднозначность, неполнота, нечёткость, расплывчатость, непредсказуемость. Можно условно выделить четыре основные группы источников неопределенности (см. рис. 3.1).

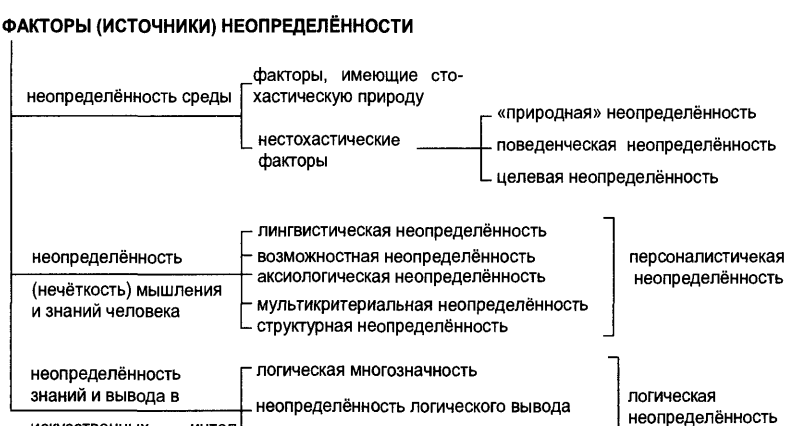


Рис. 3.1. Обобщенная классификация факторов неопределенности [284]

Можно выделить четыре основные группы источников неопределенности:

- факторы, относимые к объекту, с которым происходит взаимодействие как среды, так и субъекта или субъектов, обладающих собственными и «отчуждёнными» знаниями (например, в виде баз знаний) [первая группа факторов];
- факторы, относимые непосредственно к среде (неопределённость воздействия среды на «погруженные» в неё объекты) [вторая группа факторов];
- факторы, порождаемые неопределённостью, нечёткостью мышления и знаний человека – *субъективная* или *персоналистическая* неопределённость, проявляющаяся при взаимодействии человека с окружающей его средой [третья группа факторов];
- факторы, обусловленные неопределённостью, нечёткостью противоречивостью накопленных *знаний*, неопределённостью тех или иных процедур [четвёртая группа факторов].

Неопределенность среды характеризует ограниченность наших знаний о природе изучаемых объектов. В этих случаях, как правило, неизвестные факторы представляют собой обычные объекты изучения теории вероятности. При этом предполагается, что статистические характеристики этих факторов известны или потенциально могут быть получены. Следует отметить, что во многих случаях невозможно математическое описание степени влияния различных факторов на процесс достижения цели, либо же это описание будет сделано с недостаточной степенью точности и достоверности. Это связано с тем, что процессы в цепи поставок, как правило, носят неповторяющийся, нестационарный характер, а также с отсутствием или неполнотой необходимой ретроспективной статистической информации.

Поведенческая неопределенность обусловлена управленческой активностью поставщиков и фокусной компании и их предпочтениями (интересами). Анализ неопределенности данного вида базируется на мультиагентных системах, игровых моделях, методе нечеткой логики. В данных подходах реализуются принципы управления конфликтами, а также учета так называемых «мягких» трудно формализуемых факторов, таких как доверие, репутация и т.д.

Неопределенность целей, иными словами, многокритериальность, связана с невозможностью однозначного формулирования цели и усло-

вия соответствующих задач управления цепями поставок. Для решения многокритериальных задач большой размерности с необходимой скоростью счета в настоящее время широко используются нейронные сети, генетические алгоритмы, ACO-алгоритмы, мультиагентные системы.

Особыми и еще недостаточно изученными являются *персоналистическая и логическая неопределенность*. Они отражают неопределенность знаний и мышления человека, а также неопределенность знаний и выводов в искусственных интеллектуальных системах. Рассмотрение этих факторов неопределенности является чрезвычайно важным, т.к. они обусловливают возникновение управленческого риска, т.е. риска принятия неверного решения.

Следует отметить, что описанные выше варианты классификации (как, впрочем, и любой другой вариант) не позволяет в полной мере отразить всю сложность взаимосвязей рассматриваемых факторов неопределённости. Так, например, *аксиологический* аспект неопределённости (греч. axia – ценность, полезность, logos – учение) связан как с *многокритериальным аспектом* неопределённости, в котором в качестве одной из основных задач рассматривается задача формирования результирующего отношения предпочтения на основе частных функций полезности, так и *поссибилистической* (англ. – possible – возможный) или, по-другому, *нечётко-возможностной неопределённостью*, компоненты которой также могут входить в состав соответствующей функции полезности [288]. Связи также обнаруживаются между *лингвистической неопределённостью*, которая находит отражение в нечёткости, неоднозначности слов и фраз естественного языка, и различными видами *логической неопределённости.*

Наряду с предложенной классификацией факторов неопределённости в настоящее время разработано множество других трактовок как проблемы неопределённости в целом, так и интерпретации её основных аспектов (факторов).

Неопределенность является общесистемным свойством, а не событием, как например, риск. Несмотря на кажущуюся тривиальность этого заявления, оно весьма полезно, т.к. понятия неопределенности и риска часто путаются. *Риск возникает из-за неопределенности.* Неопределенность разделяют на виды незнания, неизвестности и риска [60, 107, 118]. Если у нас нет никакой информации для прогнозирования поведения системы, то речь идет о незнании. Если мы можем предположить, какие события могут произойти, но не в состоянии дать им вероятностную

оценку, то речь идет о неизвестности. Если же мы можем предположить, какие события могут произойти и с какой вероятностью, то речь идет о риске [107].

Для предметной области управления цепями поставок можно выделить следующие факторы неопределенности (см. табл. 3.1-3.2).

В таблице 3.1 представлено обобщение влияния неопределенности на цепи поставок.

Таблица 3.1.

Влияние неопределенности на цепи поставок

Уровень принятия решений	Вид неопределенности	Меры по снижению
Стратегический	Неопределенность целей управления Терроризм, пиратство Финансовые и политические кризисы Природные катастрофы	Балансирование целей (многокритериальность) Менеджемент безопасности цепей поставок; Запасы ликвидности; Стратегические запасы материалов; Диверсификация рынков; Аутсорсинг; Гибкость ассортимента продукции (например, модульность)
Тактический и оперативный	Неопределенность спроса (количество и виды продукции) Технологические отказы (оборудование, транспорт, информационные системы) Человеческая неопределенность (ошибки, неправильная передача и толкование информации)	Страховые запасы Приобретение материалов «с запасом» Производственные и дистрибуционные страховые буферы Дополнительные склады Резервирование мощностей Создание системы координации и мониторинга Система управления событиями в цепях поставок (SCEM)

Факторы неопределенности необходимо учитывать как на этапе планирования цепи поставок, так и на этапе реализации плана. Это сущест-

венно усложняет планирование работ в цепях поставок и повышает требования к гибкости планов и разработке механизмов согласованных действий участников цепи поставок как в штатных, так и в нештатных ситуациях. В таблице 3.2 представлены примеры влияния неопределенности на цепи поставок.

Таблица 3.2.

Примеры влияния неопределенности на цепи поставок

Фактор	Пример	Последствия
Хищения и повреждения грузов	Рознич. торговля	Ущерб в Европе 13,4 млрд. евро/год
		Ущерб в Европе 4,6 млрд. евро/год
	Производство	Ущерб до 15% годового оборота
Терроризм	11 сентября 2001	Остановка 5 заводов Ford
Пиратство	Сомали, 2008 г.	Сбои в поставках многих ЦП
Природные катаклизмы	Землетрясение в Таиланде 1999 г.	Паралич производства компьютеров в компании Apple
	Наводнение в Саксонии 2002 г.	Значительное сокращение производства на VW в Дрездене
	Землятрясение в Японии, лето 2007 г.	В цепях поставок Toyota сбой в производстве 50.000 автомобилей
Политические кризисы	«Газовый» кризис 2009 г.	Остановка поставок газа в Вост. Европу, миллиардные финансовые потери ГАЗПРОМА и потребителей
Финансовые кризисы	Осень-зима 2008-2009 гг.	Закрытие или сокращение производств, угрожающие нарушения ЦП
Проблемы координации	Колебания спроса	Потери из-за недополученные заказов, штрафы и неустойки до 15% годового оборота
	Внутренний дисбаланс в ЦП	Отзыв из торговли более 1,3 миллиона автомобилей Daimler Chrysler в 2006 г. (реально проблемы были лишь у 20000 автомобилей)
	Ошибки в координации	Невыполненный объем заказов в Apple на 1 млрд. долларов в 1996 г. - падение акций на 50%
	Отсутствие поставок	Остановка производства на 6 недель на Toyota из-за пожара у ключевого поставщика

Как видно из данной классификации, неопределенность можно условно разделить на *целенаправленные* возмущающие воздействия (например, терроризму или атакам хакеров) и *нецеленаправленные* возмущающие воздействия (например, колебаниям спроса относительно прогнозов). Для противодействия различным видам возмущающих воздействий на различных этапах существует целый ряд мер по снижению неопределенности (табл. 3.1). Задача эффективного управления цепью состоит в обеспечении сбалансированности уровня управляющих воздействий (т.е. по сути плана цепи поставок и его ресурсного обеспечения) и уровня возмущающих воздействий).

Задача эффективного управления цепью состоит в обеспечении сбалансированности уровня управляющих воздействий (т.е. по сути плана цепи поставок и его ресурсного обеспечения) и уровня возмущающих воздействий)

Это принципиальное положение мы начали рассматривать в § 1.5 и продолжим рассматривать на концептуальном и формальном уровнях в этой главе, а также в главах 15 и 16.

3.1.3. Риск

Понятие *риск* заимствовано из итальянского языка и в буквальном смысле означает «опасность», «угрозу». Исторически указанный термин получил своё толкование в конце XV века, когда во всём мире начало интенсивно развиваться мореплавание и торговля. При этом риск интерпретировался как ущерб, вызванный либо неправильным субъективным решением, повлёкшим в последствии как материальные, так и финансовые потери, либо возмущающем воздействием окружающего мира (природа с ее стихийными бедствиями, нападения пиратов) [322]. С возникновением и развитием капиталистических отношений связана активизация научной мысли и дальнейшее изучение понятия «риск» уже как экономической категории.

Понятие риска в теорию рыночных отношений впервые ввел французский экономист Р. Кантильон, который рассматривал риск как свойство любой торговой деятельности ведущейся по правилам конкуренции [307]. В середине XX в. Была разработана неоклассическая теория предпринимательского риска. Экономические исследования были пере-

несены на микроуровень, то есть объектом изучения и анализа стало предприятие и его деятельность в условиях риска. На практике, в ходе решения задач мореплавания, торговли, выполнения финансовых операций сформировалась *актуарная математика*, положенная в основу теорий страхования жизни, имущества и финансов.

Впервые использовать риск в качестве оценки той части неопределенности, которую можно оценить количественно, предложил Франк Кнайт в работе [107]. В финансах под риском понимается вариационность дохода [120]. В управлении проектами – вероятность и негативные последствия недостижения целей проекта [104]. В работе [119] авторы определяют риск как вероятность негативного исхода события, приводящего к убыткам/потерям.

К настоящему времени появилось калейдоскопическое множество трактовок понятия риск. Приведём для примера лишь некоторые из них [307]:

- риск – действие в надежде на счастливый случай;
- риск – событие, связанное с опасным явлением или процессом, которое может произойти или не произойти;
- риск – угроза (вероятность) потери ресурсов (угроза не получения доходов или появления дополнительных расходов) в результате принятой производственной и финансовой политики;
- риск – это неопределённость, связанная с потенциально возможным появлением неблагоприятных ситуаций и последствий, которые могут ухудшить показатели исследуемого процесса.

В настоящее время как никогда возрастает роль и значимость субъективного фактора в определении рисков и управлении ими в различных предметных областях. Об этом свидетельствуют следующие современные трактовки понятия риска [307]:

- риск – ситуативная характеристика деятельности любого производителя, отражающая неопределённость её исхода и возможные неблагоприятные последствия в случае неуспеха;
- категория риск носит сложный, системный характер: с одной стороны риск – это мера неопределённости и конфликтности в человеческой деятельности, а с другой стороны риск – это есть объективно-субъективная экономическая категория, отражающая степень успеха или неудачи предприятия в достижении намеченных целей с учётом

влияния контролируемых (внутренних) факторов и неконтролируемых (внешних) факторов;

- риск – обобщённая объективная характеристика ситуации принятия решений в условиях неопределённости, отражающая возможность появления и значимость для ЛПР (лицо, принимающее решение) ущерба в результате последствий того или иного решения;
- риск – это мера опасности, одновременно указывающая как на возможность причинения (получения) ущерба, так и на его величину.

Понятие риска является одним из ключевых в ряде международных и российских стандартов: ISO/IEC 15288 «Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем» (System engineering. System life cycle processes (IDT) и ISO/PAS 28000 : 2007 «Системы управления безопасностью цепей поставок» (Specification for security management systems for the supply chain). Так, например, Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51897-2002 «Менеджмент риска. Термины и определения» определяет *риск как сочетание вероятности события и его последствий.*

Анализируя проблему учета риска в экономических науках, представляется необходимым кратко остановиться на содержании широко распространенного в отечественной литературе термина «управление риском». Данный термин появился вследствие «слепого» перевода англоязычного термина «Risk Management». При этом следует заметить, что русское слово «управление» имеет два варианта английского перевода, а именно «management» и "control". Смысловому значению русского термина «управление» в большей степени соответствует английский термин "control". Термин «management» по своему смысловому значению в большей степени соответствует русскому термину "организация". В связи с этим, перевод англоязычного термина «Risk Management» как «управление риском» является не вполне корректным.

Действительно, управлять можно объектом, функцией, системой и т. д. Риск же является вероятностной оценкой события, возникновение которого связано с некоторой степенью неопределенности. Поэтому более корректным представляется формулировать проблему учета факторов неопределенности ни как проблему управления рисками, а как проблему организации функционирования системы (сети) с учетом факторов риска. В следующем параграфе мы рассмотрим базовый цикл управления риском (Risk Management), на котором наглядно будет показано разли-

чие между risk management (организация) и risk control (собственно выработка управляющих воздействий)[3].

Другим важным аспектом анализа рисков в социоэкономических системах является проблема *объективного* и *субъективного* восприятия рисков [118]. Современное понимание и методы анализа риска базируются главным образом на классической теории принятия решений, стремящейся однозначно определить риск на основе вероятностных методов. Такую «объективную» трактовку риска поддерживают и ведущие научные сообщества в мире, например Королевское научное сообщество в Англии и Национальная академия наук США.

Проблема такого понимания риска применительно к социоэкономическим системам, в т.ч. и к цепям поставок, состоит в том, что объективная трактовка риска уходит корнями в технократический подход и применима прежде всего к техническим системам, где уровень безотказности работы является ключевым критерием, должен быть близок к 100% и определяется на основе технических характеристик элементов системы.

Как показал ряд исследований [118, 119], на практике менеджеры трактуют риск иначе. Им совершенно не нужна 100% гарантия выполнения всех планов, они готовы идти на риск ради возможности получения большей прибыли. Каждый из менеджеров по-разному трактует риск (так, например, в работах [259, 307] показаны различные типы личностей в отношении восприятия риска). Более того, восприятие риска одним и тем же менеджером может существенно отличаться в зависимости от ситуации.

Важным аспектом анализа рисков в социально-экономических системах является проблема объективного и субъективного восприятия рисков.

---

[3] Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51897-2002 «Менеджмент риска. Термины и определения» переводит термин «Risk Management" как менеджмент риска, т.е. «скоординированные действия по руководству и управлению организацией в отношении риска». Под управлением же риском (risk control) понимаются «конкретные действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента риска».

Резюмируя приведенные выше точки зрения на сущность понятия «риск» необходимо отметить три принципиальных аспекта, характеризующих риск:

1. риск – это вероятностная оценка события;
2. риск связан с негативным исходом, приводящим к убыткам/потерям;
3. риск порождается неопределенностью.

Риск может рассматриваться с трех основных позиций:

1. риск – это вероятностная оценка негативного исхода события, приводящего к убыткам/потерям (технократический подход);
2. риск – это индивидуальная оценка человеком опасности негативного исхода события, приводящего к убыткам/потерям (психологический подход)
3. риск – это неотъемлемое свойство любого процесса или системы, управление которым является ключевым в обеспечении экономической эффективности и безопасности (организационный подход).

На основе рассмотренных выше видов неопределенности можно классифицировать возникающие вследствие неопределенности *источники риска*. Можно выделить следующие классы факторов риска: внешние и внутренние, постоянные и переменные, прямого и косвенного воздействия. К классу внешних факторов риска относятся, например, такие факторы, как изменения рыночной конъюнктуры, технико-технологические отклонения, форс-мажор и т.д. К внутренним относятся факторы, характеризующие возможность субъективных изменений планов и интересов предприятий в процессе выполнения проекта (реализации плана).

Под постоянными понимаются факторы, присущие любой цепи поставок и одинаковые на различных этапах функционирования цепи поставок (например, риск выхода из строя технологического оборудования). Переменные факторы риска зависят от конкретного заказа клиента и изменяются на различных этапах цепи поставок (например, риск дефицита ресурсов из-за несоответствия информации на момент реализации решения информации на момент принятия решения вследствие динамических изменений в цепи поставок). Факторы прямого воздействия непосредственно влияют на функционирование цепи поставок (например, риск срыва поставок, отсутствия необходимой информации, задержка финансовых средств, уход предприятия из цепи поставок в кон-

курирующую сеть и т.д.). Факторы косвенного воздействия играют роль фоновых факторов, к числу которых относятся общее состояние экономики, социально-политические, нормативно- правовые факторы и т.д.

3.1.4. Устойчивость цепей поставок

Свойство устойчивости является одним из основных общесистемных свойств и широко исследуется в общей теории систем, системном анализе, теории управления и кибернетике. При синтезе систем любой природы, в том числе и цепей поставок, обеспечение устойчивости и, более того заданного запаса устойчивости, является первоочередным требованием.

По мере развития этих теорий и приложения их результатов к различным предметным областям понятие «устойчивость» стало трактоваться в различных значениях – от классической устойчивости Ляпунова (BIBO-устойчивость или помехоустойчивость) до глобального общесистемного свойства.

Не вступая в терминологическую полемику, считаем все же обоснованным полагать, что при синтезе и анализе цепей поставок должна быть использована комплексная категория, характеризующая *достижимость экономической эффективности цепей поставок в условиях ее взаимодействия с внешней средой.* Опираясь на терминологию исследования сложных систем [28], будем называть эту категорию *устойчивостью цепей поставок* (см. также главу 15).

Говоря об эффективности ЦП, необходимо понимать, что цели, которые ставятся перед управлением цепями поставок (например, уровень сервиса или прибыль) являются так называемой *потенциальной эффективностью.* Реальная же эффективность реализуется через устойчивое выполнение запланированных для достижения этих целей работ, т.е. фактическая эффективность ЦП реализуется через устойчивость.

Реальная эффективность ЦП реализуется через устойчивость.

Данная идея основана на глобальной устойчивости по Ляпунову, согласно которой нам не заданы *a priori* некоторые статистические свойства неопределенностей, а допускаются лишь некоторые ограничения неопределенности в динамике, в параметрах системы и в самих управляющих воздействиях. В такой постановке глобальную устойчивость

можно рассматривать как свойство поведения системы, которое должно сохраняться вопреки внешним воздействиям за счет управления по законам обратной связи. Это позволяет говорить об *управляемой адаптации*, т.е. достижения желаемой устойчивости системы в динамике за счет введения подходящих адаптивных управляющих воздействий [28].

Устойчивость является более богатой категорией, чем риск. В сложных динамических системах и неопределенность должна рассматриваться с динамических позиций. Более того, устойчивость позволяет рассматривать как риски, так и методы их снижения на этапе планирования и ликвидацию нарушений на этапе реализации ЦП.

Основные факторы снижения и сохранения устойчивости были рассмотрены нами в § 1.5. Подробное рассмотрение будет предпринято в главе 15.

Анализируя проблему взаимодействия цепей поставок с внешней средой, можно выделить три основных группы факторов, обеспечивающих целенаправленное выполнение работ в цепях поставок:

- эффективное противодействие целенаправленным возмущающим воздействиям (например, терроризму или атакам хакеров),
- эффективное противодействие нецеленаправленным возмущающим воздействиям (например, колебаниям спроса) и
- сбалансированность уровня управляющих воздействий (т.е. по сути плана цепи поставок и его ресурсного обеспечения) и уровня возмущающих воздействий).

Все три вышеуказанных группы факторов накрываются категорией устойчивости, которая включает в себя следующие элементы:

- Безопасность цепей поставок (устойчивость относительно целенаправленных возмущающих воздействий, например, терроризма, хищений грузов, атак хакеров),
- Помехоустойчивость (устойчивость относительно нецеленаправленных возмущающих воздействий, например, колебаний спроса, выхода из строя мощностей и т.д.),
- Надежность плана (устойчивость относительно соответствия уровня управляющих воздействий (т.е. по сути плана цепи поставок и его ресурсного обеспечения) и уровня возмущающих воздействий).

3.2. Концепция комплексной безопасности цепей поставок[4]

На практике наблюдается значительное снижение экономических эффектов управления цепями поставок вследствие повреждений грузов, коллапсов транспортных систем, нарушений в финансовых потоках [38]. Например, в 2000 году материальный ущерб европейской розничной торговле составил 13,4 млрд. евро, а материальный ущерб европейским производителям составил 4,6 млрд. евро. В исследовании Стэндфордского университета, проведенного среди 11 предприятий и 3 логистических провайдеров, приводятся следующие цифры по эффективности управления безопасностью: снижение числа «потерянных» клиентов на 26%, увеличение числа новых клиентов на 20%, снижение на 38% потерь из-за краж и утраты грузов, снижение до 30% времени идентификации и решения проблем.

Важность обеспечения безопасности ЦП подтверждается разработкой стандартов ISO 28000 „Supply Chain Security" (безопасность цепей поставок), развитием управления событиями в цепях поставок (Supply Chain Event Management), а также введением целого блока показателей надежности цепей поставок в последней версии SCOR модели 9.0.

В Центре «Систем управления и безопасности цепей поставок» на основе сотрудничества МАДИ-ТУ, технического университета г. Хемниц и группы предприятий СИЛТЭК разработана концепция комплексной безопасности цепей поставок. Данная концепция основана на следующих пяти уровнях управления безопасностью цепей поставок:

- уровень регламентов (стандарты),
- уровень методов управления риском,
- уровень управления событиями и процессами
- уровень информационных технологий
- уровень обеспечения физической безопасности грузов.

Данная концепция представлена на рис. 3.2.

[4] С использованием материалов проф., д.э.н. А.Г. Некрасова и к.ю.н. Е.В. Меланич

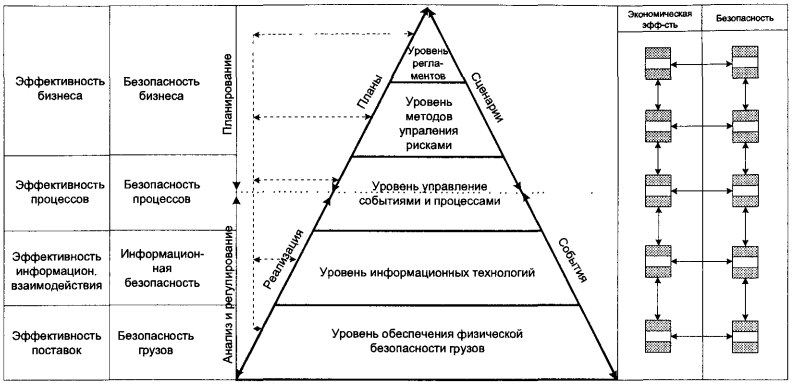


Рис. 3.2. Концепция комплексной безопасности цепей поставок

Уровни регламентов и методов управления риском относятся к этапу планирования цепей поставок. На этих уровнях прописываются общие правила управления безопасностью в цепи поставок, анализируется неопределенность и идентифицируются риски на различных участках цепи поставок. Далее эти риски соотносятся процессам цепей поставок, определяется вероятность их влияния на цепь поставок (например, в виде индекса EPI – event probability index [69]) на уровне управления событиями и процессами, а также сценарии действий менеджеров в случае возникновения опасных ситуаций (например, на основе метода EMP – event management plan [69]).

Уровень управления событиями и процессами является ключевым. Так видно из рисунка 3.2, он разделен на этапы планирования и реализации работ в цепях поставок.

На этапе планирования создаются определенные резервы для обеспечения безопасности цепей поставок. Формируется множество альтернативных планов с разными показателями экономической эффективности и безопасности. Этот этап заканчивается проигрыванием возможных сценариев функционирования цепей поставок в условиях различных возмущающих и управляющих воздействий и окончательным составлением плана, соответствующего представлению менеджера, принимающего решения об уровне риска в его бизнесе[5].

[5] Подробно методология анализа планов цепей поставок относительно уровня их безопасности будет представлена в главе 15, Т.2.

Далее начинается стадия реализации выполнения работ в цепях поставок. На уровне обеспечения физической безопасности грузов происходит сбор первичной информации о движении и сохранности поставок на основе различных датчиков (например, RFID или штрих-коды). Эти актуальные данные передаются на уровень информационных систем. Там происходит начальная обработка информации, ее анализ относительно соответствия планам и оповещение участников о возможных отклонениях на основе системы мониторинга цепей поставок. Эти данные передаются на процессный уровень, где на основе метода управления событиями вырабатываются управляющие воздействия по компенсации и устранению возникших отклонений. Подробное рассмотрение каждого из уровней концепции представлено в следующих параграфах.

3.2.1. Стандарты безопасности цепей поставок

Наряду с международными стандартами серии ISO 9000, стандартами в области технологий автоматической идентификации (штрихового кодирования, RFID, электронного обмена данными и др.), появился ряд международных стандартов, отражающих системные требования к управлению цепочкам поставок:

- ISO/IEC 15288 «Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем» (System engineering. System life cycle processes (IDT),
- ISO/PAS 28000: 2007 «Системы управления безопасностью ЦП» (Specification for security management systems for the supply chain).
- Рамочные стандарты ВТО по безопасности и мировой торговли.

Существует также множество общественных организаций, разработавших свои рекомендации по управления безопасностью и риском в цепях поставок, например, COSO Enterprise Risk Management, *TAPA* – Transported Asset Protection Association, RILA (Retailer Initiative Leadership Association), C-TPAT and Authorised Economic Operator). В России подкомитетом ГОСТ Р/ТК 355/ПК6 и заинтересованными организациями был разработан базовый нормативный документ – «Общие требования к цепям поставок. Руководство по применению».

3.2.2. Базовый цикл менеджемента риска в цепях поставок

Базовый цикл менеджемента риска в ЦП представлен на рис. 3.3.

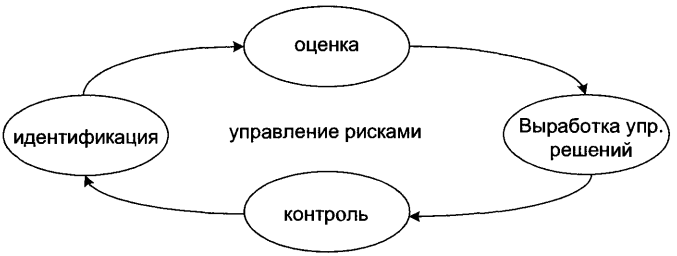


Рис. 3.3. Базовый цикл менеджемента риска в цепях поставок

В данный цикл входит 4 основных блока: идентификация риска, анализ и оценка рисков, выработка управляющих воздействий по ликвидации негативных последствий риска и контроль риска. Первые три блока относятся к области планирования цепей поставок, а блок контроля – к области реализации процессов в цепях поставок. Идентификация и оценка рисков в цепях поставок в рамках рассмотренных схем основывается на выявлении различных уровней рисков. Оценка деятельности организаций, входящих в цепь поставок, будет зависеть от различных характеристик, решаемых стратегических и оперативных задач. Систематически осуществляемые оценки соответствия направлены на выявление слабых мест в процессах и результатах, формирующихся в цепях поставок, что сказывается на снижении общих издержек и потерь.

3.2.3. Управление событиями в цепях поставок

Уровень управления событиями и процессами является ключевым в концепции обеспечения безопасности цепей поставок (см. рис. 3.4).

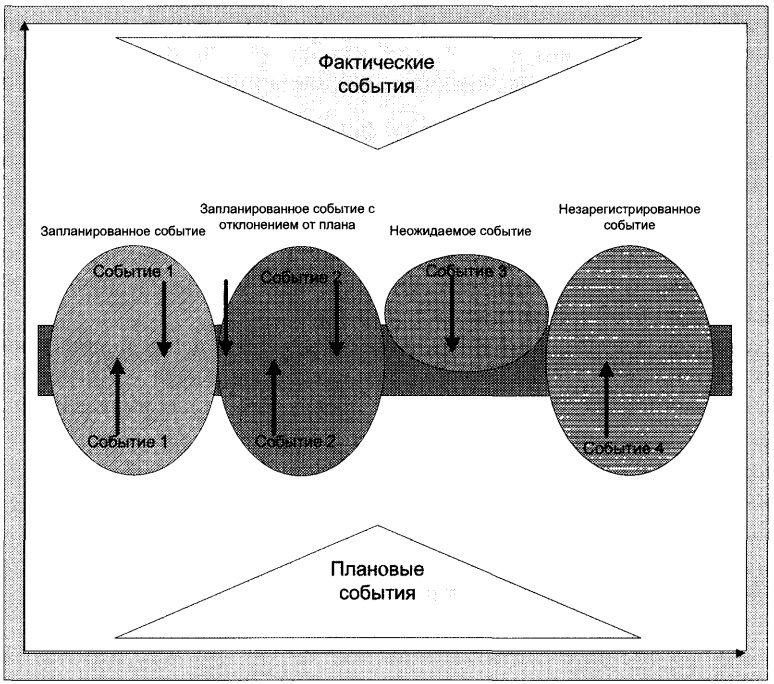


Рис. 3.4. Событийная интерпретация процессов цепей поставок [69]

Современная литература выделяет следующие виды событий: стандартное событие, нестандартное событие, запланированное событие, незапланированное событие, ожидаемое событие, неожидаемое событие, зарегистрированное событие, незарегистрированное событие [69,184].

На этапе планирования процессов цепей поставок возможны следующие основные рычаги обеспечения безопасности процессов:

- внесение определенной избыточности в структуры и планы цепей поставок (например, резервные буферы времени выполнения работ, страховые запасы, страховые мощности, резервные каналы поставок и др.),
- создание структурно-функциональных резервов (на основе концепций аутсорсинга, контрактных производств, виртуальных предпри-

ятий) для гибкого управления структурной динамикой цепей поставок,

- создание системы координации процессов цепей поставок.

После реализации всех этих мер формируется множество альтернативных планов с разными показателями экономической эффективности и безопасности. Этап планирования заканчивается анализом возможных сценариев функционирования цепей поставок в условиях различных возмущающих и управляющих воздействий и окончательным составлением плана, соответствующего представлению менеджера, принимающего решения об уровне риска в его бизнесе.

Основой оперативного управления событиями в цепях поставок является концепция SCEM (Supply Chain Event Management – Управление событиями в цепи поставок), которая предназначена для выявления нарушений и отклонений в выполнении работ, таких как запаздывание или поломка транспортного средства, превышение уровня страхового запаса, отклонения в производственных процессах и т. д. (см. главу 12).

3.2.4. Информационные технологии

Всю совокупность информационных технологий для обеспечения безопасности цепей поставок можно разделить на два уровня: технологии первичного сбора информации и технологии обработки информации и поддержки принятия управленческих решений.

В области контроля поставок все большее значение приобретает использование технологий телематики (GPS, RFID, Tracing&Tracking). Интенсивно развиваются системы электронных платежей с использованием специальных сервисов безопасности SSL (Secure Socket Layer) и SET (Secure Electronic Transaction).

В области обработки информации широкое распространение получают системы мониторинга цепей поставок, управления событиями в цепях поставок (SCEM) и системы расширенного планирования (APS).

На наш взгляд необходимо обратить особое внимание на так называемый «человеческий фактор». С одной стороны он связан с развитием собственно информационной системы и ее администрированием, а с другой стороны с непосредственной работой персонала на таком ресурсе. Следует отметить, что само функционирование информационных систем должно быть обеспечено необходимым уровнем безопасности.

Это направление получило название информационная безопасность и включает в себя вопросы защиты от вирусных атак, бесперебойности работы серверов и каналов передачи данных и др.

3.2.5. Сигнально-индикаторный метод обеспечения безопасности грузов

На основании международных страховых экспертных оценок угроза потерь материальных ценностей только по фактору кражи составляет минимум 15% годового оборота организаций.

Традиционно применяются пять групп методов обеспечения сохранности: технические средства, физическая охрана, аналитика, правовые методы и страхование. Для успешного решения вопросов сохранности необходимо наличие нескольких независимых рубежей защиты, их грамотное сочетание, постоянное совершенствование и поиск новых методов, способов и решений для борьбы с правонарушениями.

Произвести установку во многих технологических процессах таких технических средств как видеонаблюдение, традиционные сигнализации, электронные системы доступа в помещения и т.п. довольно часто затруднительно или даже невозможно с точки зрения затрат или отсутствия источников питания. Еще одной проблемой таких систем может являться вмешательство в данные с внесением нежелательных информационных изменений.

Под сигнально-индикаторным методом обеспечения сохранности понимается комплекс организационных и правовых аспектов создания системы реагирования на основе информации о состоянии таких специальных технических устройств как сигнальные устройства.

Сильными сторонами метода является простота «монтажа» и любая глубина детализации информации об источниках и характере угроз; независимость от источников питания; выявление причин и условий, способствующих нарушениям; объективное доказывание; мониторинг действий ответственных лиц; высокая экономическая эффективность. Слабой стороной метода является специфика считывания сигнала «срабатывания». Именно эта слабость и вызвала к жизни сигнально-индикаторный метод вместо простого использования сигнальных устройств. Установка сигнальных устройств ведется с целью сбора, хранения и использования информации о контролируемых событиях.

Рассмотрим часть цепи поставок на логистическом терминале. Следующие контрольные вопросы позволяют оценить направление проектной работы в области обеспечения сохранности и безопасности деятельности такого терминала:

1. Произведено ли разделение зон отправки и получения товара?
2. Какова дистанция от склада до отделения милиции и пожарной бригады?
3. Составляют ли охранники отчеты о своей работе? Кто проверяет эти отчеты?
4. Кто распределяет материальную ответственность? Каким образом осуществляется передача материальной ответственности?
5. Способы и каналы отчетности по недостачам и кражам?
6. Представляется ли возможным по размеру складского помещения и сумме арендной платы понять уровень потенциальный краж?
7. Каким станет оборот организации через 3 года?
8. Каков уровень инвестиций необходим для обеспечения безопасности или наиболее эффективного функционирования деятельности?

Анализ приведенных вопросов, которые составляют очень незначительную часть специальных знаний по безопасности, показывает уровень требований к современным специалистам по предотвращению потерь, сохранности и безопасности. На наш взгляд, в современных условиях такой специалист должен занимать ключевую позицию в управлении организацией в связи с тем, что решаемые им задачи пронизывают все существенные производственные/торговые процессы и он должен иметь возможность властно их совершенствовать.

Приведем пример. Клиент постоянно предъявлял претензии руководству логистического терминала, связанные с нарушением целостности дорогостоящей посуды. Установка специальных индикаторов удара позволила определить место грубого обращения с хрупким грузом, и это место находилось вне логистического терминала! Таким образом, терминал доказал отсутствие проблем сохранности в зоне его действия.

В заключение мы еще раз хотели бы подчеркнуть важность создания интегрированных систем управления сохранностью и обратить внимание на создание постоянно развивающихся программ сохранности и безопасности.

3.3. Снижение неопределенности в цепях поставок

Одной из важнейших практических проблем управления цепями поставок является снижение неопределенности спроса. Наибольшее распространение получили четыре метода снижения неопределенности:

- снижение Bullwhip-эффекта,
- введение отложенной дифференциации продукции (postponement) и оптимальное определение точки проникновения заказа (order penetration point),
- введение избыточности в структуры цепей поставок,
- создание системы координации процессов цепей поставок.

Вопросы координации процессов цепей поставок будут подробно раскрыты в главах 4 и 11. Здесь же рассмотрим другие три метода.

3.3.1. Bullwhip-эффект в цепях поставок и методы его снижения

В неоптимизированных цепях поставок, в которых предприятия рассматриваются как изолированные элементы, самостоятельно планирующие свои потребности и закупки, возникают существенные отклонения и колебания во всей цепи поставок. Локальная оптимизация, несогласованность действий участников цепи поставок и недостаточный информационный обмен в цепи поставок приводит к Bullwhip-эффекту или *эффекту хлыста* [32, 114, 122, 127, 228, 243].

Сущность Bullwhip-эффекта

Bullwhip-эффект характеризует ситуацию, при которой незначительные изменения спроса конечного потребителя (или последнего звена цепи поставок, т.е. предприятия, выпускающего конечное изделие) приводит к значительным отклонениям в планах других участников цепи поставок (субподрядчиков, поставщиков и т.д.).

Bullwhip-эффект характеризует ситуацию, при которой незначительные изменения спроса на конечном звене цепи поставок приводит к значительным отклонениям планов поставок других участников цепи поставок.

Bullwhip-эффект вызывает увеличение амплитуды колебаний спроса по мере продвижения информации по цепи поставок. При возникновении Bullwhip-эффекта нарушается бесперебойное движение материальных и информационных потоков в цепи поставок, вызывая тем самым риск невыполнения заказа клиента (рис. 3.5).

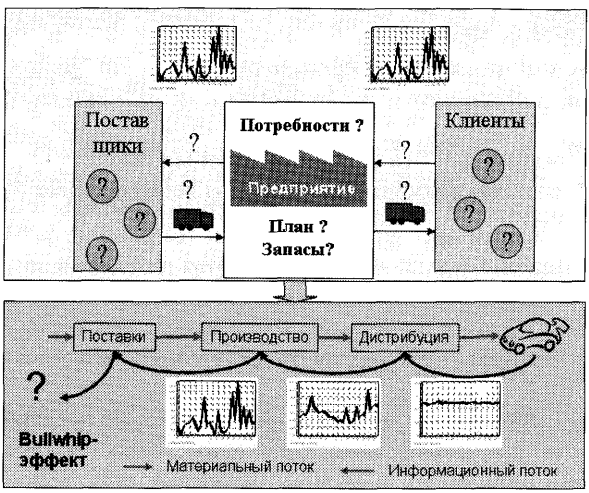


Рис. 3.5. Неоптимизированная цепь поставок и Bullwhip-эффект

На рис. 3.6 приведен примеры монитора цепи поставок, на котором отражены последствия возникновения Bullwhip-эффекта.

Основные причины и методы снижения влияния Bullwhip-эффекта в цепях поставок

Основными *причинами* Bullwhip-эффекта являются:

- ошибки в прогнозировании спроса,
- создание предприятиями дополнительных страховых запасов и произвольное увеличение размеров партий поставок (Burbidge-эффект, отражающий влияние нерегулярности поставок на отклонения в планах производства вследствие объединения нескольких заказов в одну партию) [23],

- колебания цен, запаздывания в получении необходимой информации о потребностях (Forrester-эффект, при котором незначительные колебания спроса вызывают колебания в производстве) [54, 111],
- отклонения от плановых сроков и объемов производства и поставок.

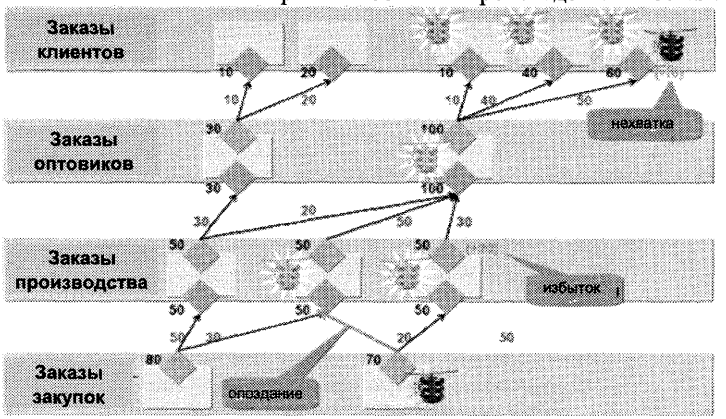


Рис. 1.36. Последствия возникновения Bullwhip-эффекта

Помимо указанных выше причин, Bullwhip-эффект возникает в следующих случаях:

- закупки больших партий товаров «впрок» со скидками и по специальным предложениям,
- колебания цен на рынке,
- расчет величины закупки всеми участниками цепи поставок по модели EOQ (модель оптимального размера заказа), применение которой на практике приводит к избыточным страховым запасам, завышенным размерам закупки и снижению частоты закупок,
- превышение спросом предложения.

В SCM возможно снижение Bullwhip-эффекта за счет (см. рис. 3.7):

- совместного прогнозирования и процессно-ориентированного планирования,
- координации и синхронизации бизнес-процессов,
- снижения размеров закупаемых и производимых партий,
- повышение частоты и регулярности закупок.

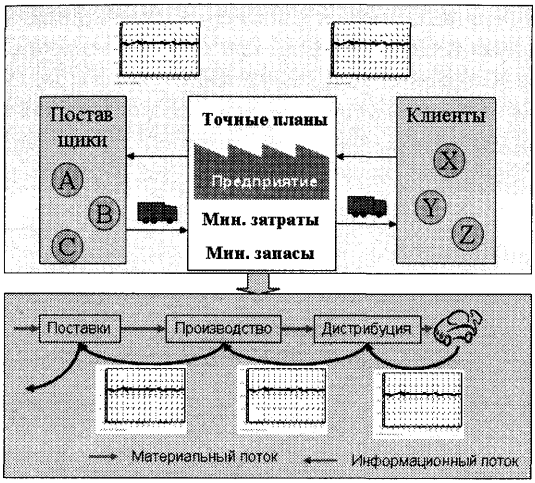


Рис. 3.7. Снижение неопределенности спроса и Bullwhip-эффекта на основе управления цепями поставок

Применительно к этапу оперативного управления, Bullwhip-эффект характеризует запаздывание информирования участников цепи поставок об изменениях на предыдущих ее участках вследствие *информационной асимметрии*. Отдельно следует обратить внимание на человеческий фактор возникновения Bullwhip-эффекта, связанный с ошибками в передачи и интерпретации информации[6] [101, 162].

Многие современные исследования рассматривает именно человеческий фактор как основную причину Bullwhip-эффекта. С другой стороны, в работе [114] показано, что даже если все решения в цепи поставок принимаются абсолютно правильно, Bullwhip-эффект все равно возникает вследствие неопределенности спроса. Снижение Bullwhip-эффекта может быть достигнуто за счет снижения числа мест межорганизацион-

[6] В работе [101] сформулированы две теоремы:
Теорема 1: 50% проблем в мире возникает из-за того, что люди используют одинаковые слова с разным значением.
Теорема 2: другие 50% проблем возникает из-за того, что люди используют разные слова с одним и тем же значением.

ного взаимодействия в цепи поставок, улучшения информационной коммуникации между предприятиями и повышением прозрачности и доступности для всех участников цепи поставок прогнозов (в том числе, оперативных) спроса.

3.3.2. Отложенная дифференциация продукции (postponement) и точка проникновения заказа (order penetration point)

Точка проникновения заказа (Order Penetration Point) является очень важным понятием в управлении цепями поставок [3]. Основная идея точки проникновения заказа состоит в разделении цепи поставок на две части: производство на склад и индивидуализация продукта (рис. 3.8).

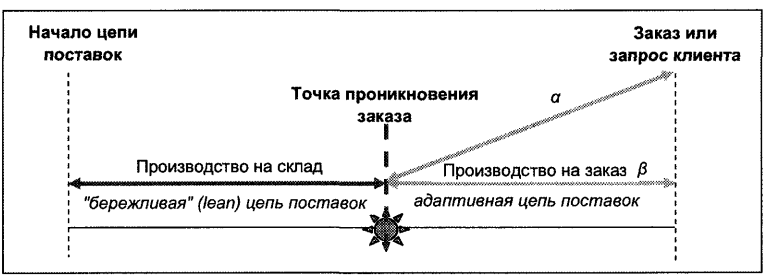


Рис. 3.8. Точка проникновения заказа

Точка проникновения заказа физически связана с местом стратегического хранения основного запаса. В зависимости от стратегии управления цепями поставок (см. главы 1 и 2), под стратегическим запасом может пониматься готовая продукция, полуфабрикат (например, неокрашенная ткань) или даже начальная стадия производства.

Точка проникновения заказа определяет момент, до которого процессы в цепи поставок выстраиваются исходя из соображений эффективности и производства на склад (Push-принцип), а с которого процессы в цепи поставок выстраиваются исходя из соображений гибкости и удовлетворения потребностей клиентов (Pull-принцип).

Местоположение точки проникновения заказа связано с нахождением компромисса об уровне сервиса и затратам. В идеале необходимо стремиться к максимально близкому к клиенту расположению точки проникновения заказа с обеспечением необходимого уровня сервиса.

Чем больше участок «бережливой» цепи поставок (рис. 3.8), тем ниже затраты и уровень сервиса цепи поставок. Увеличение же участка адаптивной цепи поставок ведет к увеличению уровня сервиса, но также и затрат.

Приведем пример. Одной из основных проблем OSRAM, которая на сегодняшний день наряду с General Electric и Phillips принадлежит к трем ведущим изготовителям электроламп, являются колебания спроса на различные варианты продукции. При этом диапазон колебаний спроса составляет до 50% средней стоимости некоторых вариантов продуктов. В большинстве случаев OSRAM прогнозирует свой сбыт товаров; сезонные колебания лежат в интервале 1:2 в самом благоприятном случае, в экстремальном случае 1:5. Причина: неизвестность относительно развития новых рынков и потребностей потребителей. В связи с этим было принято решение исправить данную ситуацию на основе сокращения длительности производственного цикла и перехода от стратегии изготовления на склад к стратегии изготовления на заказ.

Для оптимизации были предложены следующие цели: повышение уровня сервиса, снижение/сокращение запасов, высокая гибкость производства. В качестве структурного изменения была предложена отложенная дифференциация продукции в цепи поставок на основе разделения процессов производства и упаковки. (см. рисунок 3.9).

Так как спрос на электролампы в принципе стабильный и только управление вариантами продукции нуждается в оптимизации, то было принято решение о строительстве отдельного производства по упаковке ламп. За счет этого появилась возможность снизить запасы упакованных ламп на основном производстве на 15%. За счет перехода на изготовление на заказ была снижена длительность цикла закупок на 80%. При помощи стандартизированного программного обеспечения были улучшены планирование и координация цепи поставок.

На практике местоположение точки проникновения заказа тесно связано с концепциями модульного производства [7], отложенной дифференциации (индивидуализации) продукции – Postponement [4, 51, 175] и индивидуализации продукции Mass Customization [29].

Выбор местоположения точки проникновения заказа зависит от множества факторов и различно для отдельных отраслей. Подробно данные исследования будут представлены в параграфе 18.4.

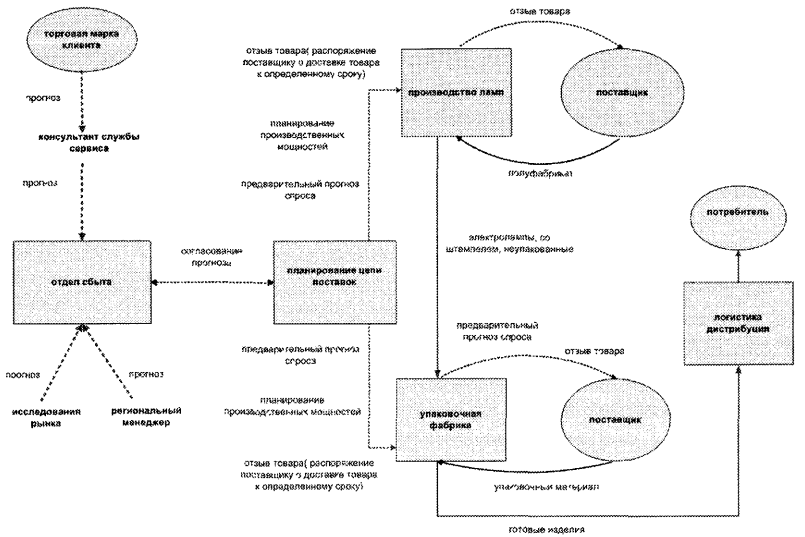


Рис. 3.9. Оптимизированное управление цепью поставок на основе отложенной дифференциации продукции в фирме OSRAM

3.3.3. Построение планов цепей поставок с учетом неопределенности

Для обеспечения устойчивости цепи поставок, а, следовательно, и достижения поставленных целей бизнеса, необходимо, чтобы достигался баланс возмущающих воздействий и объема управляющих воздействий для ликвидации негативных последствий.

Управляющие воздействия можно разделить на две категории:

- внесение избыточности при построении планов цепей поставок и
- регулирующие (адаптивные) управляющие воздействия на этапе реализации цепи поставок.

Учет неопределенности на этапе планирования может быть достигнут за счет внесения определенной *избыточности*[7] в надежность (резервы) и гибкость (адаптивность) цепи поставок на основе проведения реинжиниринга бизнес-процессов, например:

- введения избыточности структур цепи поставок (например, расширение ассортимента продукции, введение временных буферов, страховых запасов, дополнительных складов, запасов мощностей и т.д.),
- улучшения координации и информационного обмена для повышения качества, своевременности и доступности для всех участников цепи поставок прогнозов спроса,
- введения системы мониторинга и регулирования цепи поставок в случае возникновения нарушений и отклонений от плана,
- унификации элементов управления цепями поставок (т.е. наделение различных участков принятия решений многообразием управленческих функций, чтобы в случае невозможности выполнения управленческой функции на участке А эта функция могла быть выполнена на участке В)[8],
- использования методов «скользящего» или адаптивного планирования (rolling/adaptive planning), при которых периодически модифицируется путем изменения параметров цепи поставок или характеристик управляющих воздействий на основе поступающей по цепи обратной связи информации о текущем состоянии цепи поставок, прошлом и обновленных прогнозов будущего,
- формирования множества неокончательных решений, например, отложенная дифференциация продукции (postponement),
- создания виртуальных резервов (например, пула альтернативных поставщиков).

Существуют разные стратегии создания избыточности в запасах и поставках с точки зрения резервов и гибкости. Например, Dell хранит на

[7] Под избыточностью, в данном случае, понимается та часть цепи поставок, которая вводится на определенную структуру цепи поставок, при которой достигаются желаемые значения показателей эффективности в условиях детерминированности, т.е. полной определенности и отсутствия возмущающих воздействий внешней среды.

[8] В идеале, каждый узел сложной системы должен уметь решать все задачи – тогда речь идет о самоорганизации, самоадаптации и полной ресурсной взаимозаменяемости.

складах в Европе только дешевые компоненты, а дорогие закупает «под заказ». Cisco, наоборот, хранит на складах в США дорогие компоненты, а дешевые изготавливает «на склад» в Азии. MTU Aero Engines, изготовитель турбинных двигателей для Daimler, имеет страховые запасы для поддержания производства в течении трех недель. А вот компания BMG, логистический провайдер Volkswagen, работает практически без запасов «под заказ». Benetton использует отложенную дифференциацию продукцию, создавая стратегический запас продукции из белых тканей и окрашивая их только по мере поступления заказов на новые коллекции. Dell использует виртуальные резервы и систему онлайн-конфигурирования компьютеров. Большинство торговых сетей имеют систему информационной координации и информирования о текущих продажах поставщиков.

Говоря о внесении резервной избыточности и адаптивности в цепь поставок, необходимо понимать, зачем это вообще делается, т.е. какова цель или стратегия управления цепью поставок. Примерами таких стратегий могут быть:

- обеспечение максимальной надежности плана (т.е. внесение максимального уровня избыточности в цепь поставок, чтобы свести к минимуму необходимость регулирования цепи поставок; т.н. стратегия предотвращения риска),
- обеспечение максимальной адаптивности цепи поставок (т.е. основной акцент делается не на инвестиции в структуру цепи поставок, а на эффективность «управления по отклонениям»),
- передача риска третьим лицам (т.е. затраты не в укрепление цепи поставок, а на выплату штрафов, неустоек и т.д. на основе договоров со страховыми компаниями; т.н. стратегия финансирования или принятия риска).

Теоретической основой проблемы обеспечения устойчивости цепей поставок с точки зрения планирования цепи поставок может служить теория *управления сложностью* (complexity management), предметом изучения которой является управление разнообразием состояний объекта и среды. Согласно этой теории, решение проблемы неопределенности в сложных системах сводится к сужению разнообразия внешней среды и расширения разнообразия своих управляющих воздействий. По сути, речь идет о нахождении баланса между уровнем управляющих воздей-

ствий (т.е. по сути плана цепи поставок и его ресурсного обеспечения) и уровнем возмущающих воздействий (см. рис. 3.10).

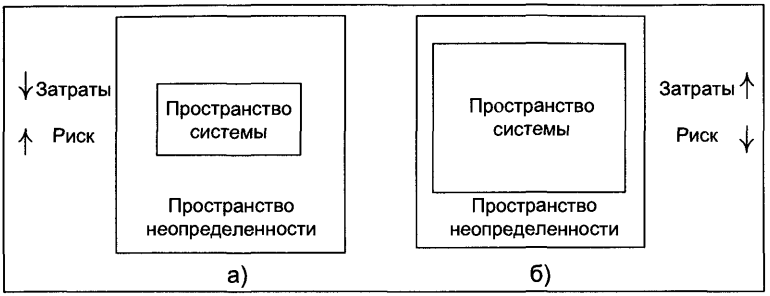


Рис. 3.10. Расширение и сужение области риска

Данная идея основана на принципе необходимого разнообразия Эшби [338]. С этих позиций оценка необходимого уровня избыточности цепи поставок может осуществляться на основе проигрывания различных сценариев возмущающих воздействий и возможности управления цепью поставок в условиях этих возмущений. Тем самым создается конструктивная возможность обоснованно подходить к выбору плана или конфигурации цепей поставок из нескольких альтернатив с разными значениями показателей экономической эффективности и устойчивости той, которая в наибольшей степени соответствует индивидуальному восприятию риска у менеджеров цепи поставок исходя из баланса области управления (т.е. надежности и гибкости цепи поставок, причем с возможностью анализа уже внутри этой области различных вариантов распределения факторов надежности и гибкости) и области риска.

По сути, реализация принципа необходимого разнообразия означает, что цепь поставок должна оставаться управляемой[9] в условиях данного уровня возмущающих воздействий[10]. Именно во взаимосвязи категорий оптимальности (эффективности), сложности (неопределенности) и управляемости кроется мощный теоретический и практический задел

[9] Под управляемостью в данном случае понимается способность принимать решения и обеспечивать их реализацию в условиях воздействий внешней среды.

[10] При определенных уровнях возмущений необходим переход от оптимального управления системой к управлению катастрофоустойчивостью системы. Так, например, в условиях современных мегаполисов, речь уже идет не об оптимизации транспортных потоков, а об управлении «пробками».

эффективного управления цепями поставок в условиях неопределенности. Эта проблематика является в настоящее время одной из основных в исследованиях лаборатории, возглавляемой автором этой книги.

Контрольные вопросы

1. Что может служить источниками неопределенности в ЦП?

a) Неопределенность исходных данных о прогнозах спроса
b) Неопределенность исходных данных о возможности отказа технологического оборудования
c) Неверные решения менеджеров
d) Наличие страховых запасов

2. За счет чего можно снизить неопределенность в цепях поставок?

a) Создание избыточности цепи поставок (например, введение страховых запасов)
b) Применения точных методов прогнозирования спроса
c) Улучшения информационной координации в цепях поставок
d) Мониторинга и адаптации цепей поставок

3. К основным видам неопределенности можно отнести:

a) Неопределенность внешней среды
b) Неопределенность внутренней среды
c) Неопределенность мышления и действий человека
d) Неопределенность и нечеткость знаний

4. Риск – это

a) Количественная мера неопределенности
b) Вероятностная оценка события
c) Источник неопределенности
d) Характеристика негативного исхода

5. Bullwhip-эффект характеризует ситуацию, при которой

a) Предприятия-поставщики комплектующих подвержены колебаниям спроса на последнем звене цепи поставок

b) Колебания спроса и поставок увеличиваются по мере продвижения от последнего звена к началу цепи поставок
c) Увеличивается прибыль предприятий по мере продвижения от последнего звена к началу цепи поставок
d) Возникает опасность срыва плановых поставок

6. К основным причинам Bullwhip-эффекта относятся:

a) Ошибки в прогнозировании спроса
b) Слишком большие страховые запасы
c) Информационная координация в цепях поставок
d) Колебания цен

7. Снижение негативного влияния Bullwhip-эффекта возможно за счет:

a) Снижения страховых запасов
b) Несоблюдения сроков поставки
c) Координации и синхронизации бизнес-процессов
d) Предоставления фокусной компанией актуальной, полной и точной информации о планах продаж и производства

8. К основным элементам комплексной безопасности ЦП относятся:

a) Управление событиями в цепях поставок
b) Управление риском
c) Создание службы безопасности цепей поставок
d) Внедрение стандартов безопасности цепей поставок

9. Точка проникновения заказа:

a) Разделяет ЦП на эффективную и гибкую составляющие
b) Разделяет цепь поставок на эффективную и неэффективную
c) Характеризует глубину проникновения заказа в цепь поставок
d) Характеризует слабое звено цепи поставок

10. Основными элементами устойчивости цепей поставок являются:

a) Структурная избыточность цепи поставок
b) Глубина специализации цепи поставок
c) Помехоустойчивость цепи поставок
d) Безопасность цепи поставок

Предоставленные сами себе,
события имеют тенденцию
развиваться от плохого к худшему.

Закон Мэрфи

Глава 4. Координация цепей поставок

В данной главе рассматриваются следующие вопросы:

- Сущность координации в управлении цепями поставок;
- Снижение Bullwhip-эффекта как одна из базовых задач координации в цепях поставок;
- Организационные аспекты координации в цепях поставок;
- Основные процессные стратегии координации в цепях поставок;
- Информационные технологии для координации в цепях поставок;
- Практические рекомендации по выбору стратегии и улучшению координации в цепи поставок.

4.1 Значение координации в управлении цепями поставок

В рамках управления цепями поставок решаются *две группы задач*:

- Задачи межорганизационной кооперации и аутсорсинга, обусловленные переходом от вертикально-интегрированных корпораций к горизонтально-интегрированным гибким цепям поставок.
- Задачи интеграции и координации поставок, обусловленные переходом от изолированного прогнозирования спроса и продаж, планирования производства и закупок, управления запасами к совместному координированному прогнозированию, планированию и оперативному управлению вплоть до отслеживания запасов в торговле.

В совокупности, задачи кооперации и координации образуют *задачу взаимодействия.* Именно взаимодействие является ключевой категорией в управлении цепями поставок.

Решение описанных выше двух групп задач основано на принципах координации и синхронизации бизнес-процессов, концепций и моделей планирования и оперативного управления на основе установления единых информационных каналов и постоянного системного информационного обмена между поставщиками и клиентами по всей цепи создания стоимости.

В рамках управления цепями поставок решаются две группы задач: задачи кооперации и координации. В совокупности, задачи кооперации и координации образуют задачу взаимодействия. Именно взаимодействие является ключевой категорией в SCM.

Необходимость координации управления лежит в самой природе цепей поставок как целостной социо-экономической системы, а именно в теснейшей взаимосвязи, взаимовлиянии и взаимообусловленности всех бизнес-процессов, реализуемых в сложных производственно-логистических системах. Для эффективного ведения бизнеса в современных условиях предприятие должно координировать планирование не только в рамках своих внутренних функциональных областей, но и с функциональными подсистемами партнеров по бизнесу, поставщиков, клиентов и т.д.

Координация в цепях поставок заключается в создании системы информационного обмена между всеми участниками цепи создания стоимости для своевременного предоставления актуальной, достоверной, точной и полной информации о спросе и поставках с целью синхронизации использования ресурсов и принимаемых людьми решений в отношении процессов межорганизационного взаимодействия для преобразования, трансформации и использования этих ресурсов на всей протяженности цепи поставок от источников исходного сырья до конечного потребителя.

Координация в ЦП заключается в создании системы информационного обмена между участниками цепи создания стоимости для своевременного предоставления актуальной, достоверной, точной и полной информации и спросе и поставках.

Основные направления и элементы координации в цепях поставок представлены на рис. 4.1 и 4.2.

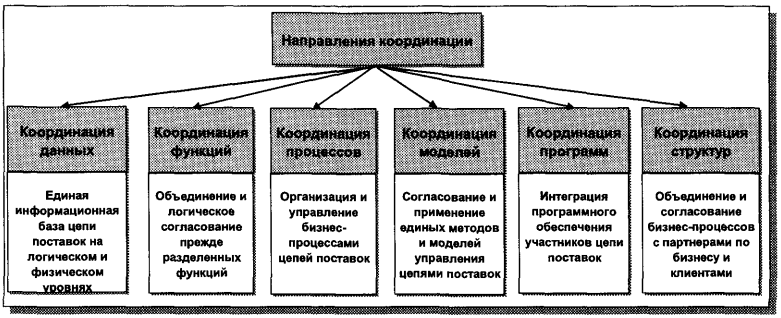


Рис. 4.1. Основные направления координации в цепях поставок

Недостаточная координация в цепи поставок возникает по трем основным причинам:

- Различные конфликтующие цели на различных участках ЦП;
- Искажение и неполнота информации на стыках звеньев ЦП;
- Недостаточный уровень информатизации предприятий.

Предприятия в цепи поставок являются автономными и самостоятельными элементами, каждый из которых имеет своего владельца (собственника). Так, например, Ford имеет тысячи поставщиков, от Goodyear до Motorola, каждый из которых, в свою очередь, имеет множество собственных поставщиков.

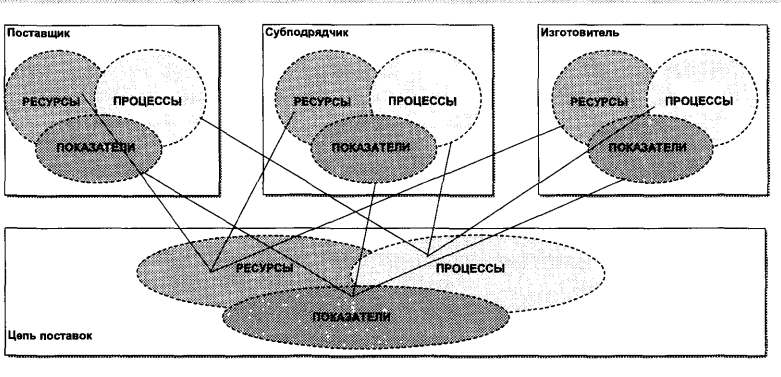


Рис. 4.2. Элементы координации в цепях поставок

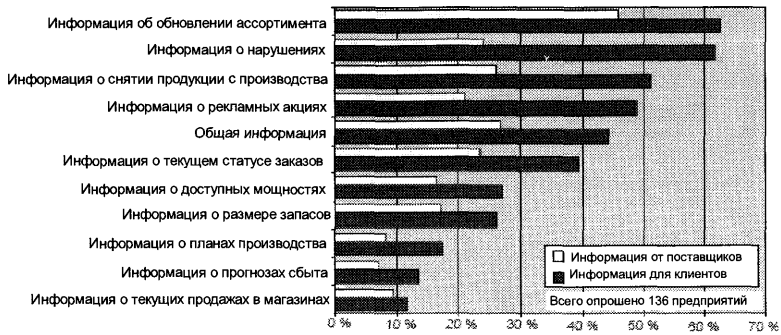
Каждый участник цепи поставок стремится максимизировать свою прибыль, что зачастую ведет к уменьшению общей прибыли цепи поставок. По этой же причине происходит искажение и неполная передача информации на стыках звеньев цепи поставок. В условиях конкуренции предприятия не дают полную необходимую информацию, необходимую для эффективной координации между звеньями цепи поставок. Помимо этого, проблемы информационного обмена связаны с огромным количеством данных и их все возрастающей динамикой вследствие индивидуализации и расширения ассортимента продукции.

Так, например, из 100 000 производимых на заводе Audi в Некарзульме автомобилей только 2 полностью идентичны, на заводе DaimlerCrysler в Штуттгарте – только 22 из 430 000 в год. При этом до 75% общего спектра деталей приходится под индивидуальный заказ [179].

Локальная оптимизация, несогласованность действий участников цепи поставок и недостаточный информационный обмен в цепи поставок приводит к Bullwhip-эффекту (*эффекту хлыста*). Впервые этот эффект был замечен и проанализирован в компаниях Procter&Gamble и HP [114]. Bullwhip-эффект является причиной увеличения всех видов затрат в цепи поставок (производство, запасы, закупки, транспортировка), снижения уровня доступности продукции, увеличения длительности цикла поставок и снижения уровня доходности цепи поставок.

4.2. Концепции и технологии координации цепей поставок

Основой эффективной координации цепей поставок является высокий уровень доверия между партнерами. На рис. 4.3 приведены результаты исследований, проведенных в Германии и Швейцарии с целью выявления фактического уровня информационного обмена между предприятиями в цепях поставок.



* по материалам ETH Zuerich

Рис. 4.3. Фактический уровень информационного обмена между предприятиями в цепях поставок

Данная диаграмма показывает, что в реальности даже в европейских цепях поставок уровень информационного обмена между предприятиями оставляет желать лучшего. Информационные технологии позволяют осуществлять практически любую координацию – но проблема, как правило, кроется в организационной плоскости.

Если в цепи поставок удается достичь близкого к максимальному уровню информационного обмена, то либо очень сильна доминанта фокусной компании, либо поставщики не являются на самом деле независимыми компаниями, а фактически подчинены (например, за счет владения контрольным пакетом акций) фокусной компании (как это очень часто бывает в автомобилестроении).

Информационные технологии позволяют осуществлять практически любую координацию – но проблема, как правило, кроется в организационной плоскости.

Если же определенный уровень доверия в ЦП достигнут, то:

- необходимо выбрать концепцию координации,
- иметь информационные технологии для реализации этой концепции.
- Основные концепции и информационные технологии координации цепей поставок представлены на рисунке 4.4.

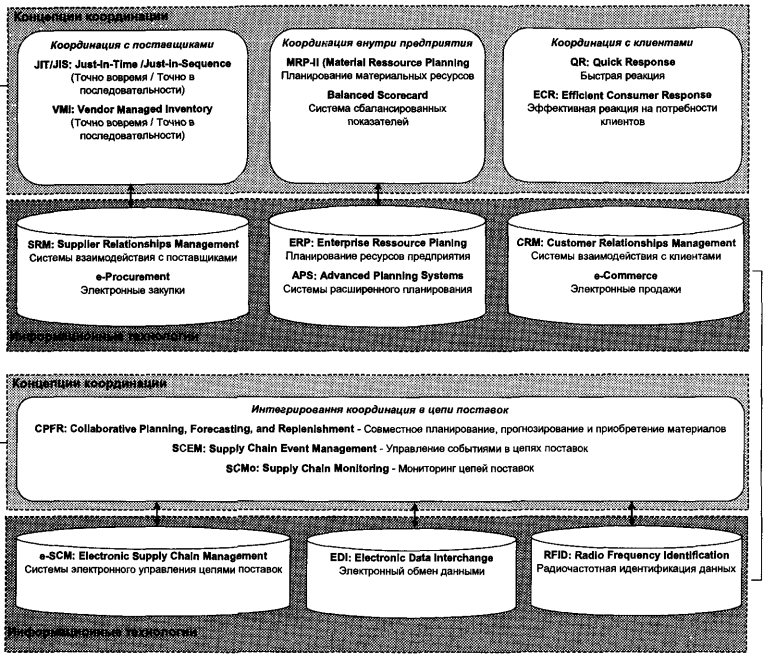


Рис. 4.4. Основные концепции и информационные технологии координации цепей поставок

К основным процессным стратегиям координации в цепи поставок *на уровне отношений предприятия с поставщиками и клиентами* относятся:

- JIT (Just-In-Time) – точно вовремя,
- JIS (Just-In-Sequence) – точно в последовательности,
- VMI (Vendor-Managed Inventory) - запасы, управляемые клиентом,
- Kanban с ответственностью поставщиков,
- ECR (Efficient Consumer Response) – эффективное клиентоориентированное реагирование.
- QR (Quick Response) – быстрое реагирование

К основным процессным стратегиям координации в цепи поставок *на уровне цепи поставок* относятся:

- CPFR ("Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment") – совместное планирование, приобретение и прогнозирование,
- SCEM (Supply Chain Event Management) – управление событиями ЦП
- SCMo (Supply Chain Monitoring) – мониторинг цепей поставок.

Данные стратегии будут подробно рассмотрены в главе 11.

Всю совокупность информационных технологий для координации цепей поставок можно разделить на четыре группы:

- Информационные технологии для внутрифирменного планирования и оперативного управления,
- Информационные технологии для планирования и оперативного управления на уровне цепи поставок,
- Информационные технологии для технической инфраструктуры цепи поставок,
- Информационные технологии для технической реализации аналитической обработки и передачи данных в цепях поставок.

Информационные технологии, с одной стороны, обеспечивают выполнение бизнес процессов, а с другой - являются катализатором развития бизнес-концепций (в данном случае справедлив тезис «технология определяет организацию»). Подробно информационные технологии будут рассмотрены в главе 12.

4.3. Практические рекомендации по выбору стратегии и улучшению координации в цепи поставок

Можно выделить следующие *препятствия* на пути к эффективной координации в цепи поставок:

- Локальная оптимизация отдельных функций или участков цепи поставок;
- Информационно-процессные препятствия (в первую очередь, прогнозирование поставок на основе заказов, а не на основе спроса, а также недостаточный информационный обмен между участниками цепи поставок);

- Операционные препятствия (например, формирование больших партий поставок, высокая длительность цикла поставок, локальная оптимизация управления запасами исходя из имеющегося объема заказов);
- Ценовые препятствия (ценовая политика, скидки, колебания цен);
- Поведенческие препятствия (неопределенность поведения людей).

Можно выделить следующие *управленческие возможности* на пути к эффективной координации в цепи поставок:

- Согласование целей и механизмов стимулирования (согласование механизмов стимулирования между различными функциями и процессами, ценовые рычаги для стимулирования координации, изменения оценки деятельности сбыта и продаж для снижения колебаний спроса);
- Улучшение информационного обмена (обмен данными, начиная с точек продаж (QR, ECR), внедрение совместного прогнозирования и планирования (CPFR), внедрение систем мониторинга цепи поставок);
- Улучшение операционных процессов (снижение размера партий поставок, снижение длительности цикла поставок, оптимизация управления запасами исходя из прогнозов спроса, а не имеющегося объема заказов);
- Разработка ценовых стратегий для повышения устойчивости заказов (переход от скидок на партию товара к скидкам на объем товара, например, годовой объем; стабилизация цен);
- Установление стратегических партнерств и доверия между участниками цепи поставок.

Контрольные вопросы

1. Координация в цепях поставок заключается в:

   a) Разделении рынка
   b) Синхронизации бизнес-процессов
   c) Информационном обмене
   d) Интеграции информационных систем

2. Причинами недостаточной координации могут служить:

   a) Конфликтующие цели предприятий
   b) Недостаточная информатизация предприятий
   c) Боязнь потери ноу-хау
   d) Высокий уровень доверия между предприятиями

3. Недостаточная координация может привести:

   a) к Bullwhip-эффекту
   b) к снижению прибыли цепи поставок
   c) к снижению уровня сервиса цепи поставок
   d) увеличению страховых запасов

4 На практике:

   a) Предприятия охотно делятся всей информацией о своих планах и ресурсах
   b) Часто координируют информацию об ассортименте
   c) Редко координируют информацию о фактическом спросе и планах производства
   d) Информационные технологии не позволяют осуществлять эффективную координацию цепей поставок

5. К концепциям координации на уровне предприятие–поставщик относятся:

   a) CPFR
   b) JIT
   c) VMI
   d) SCEM

6. К информационным технологиям координации цепей поставок относятся:

   a) APS
   b) ERP
   c) SOS
   d) JIT

7. Какими способами можно достичь эффективной координации?

   a) Внедрением информационных систем
   b) Созданием стратегических партнерств
   c) Созданием Интернет-магазина
   d) Согласованием целей, механизмов стимулирования и штрафов в цепи поставок

Директор просит показать ему результаты оптимизации процессов на предприятии на основе внедрения концепции SCOR. Его приводят на склад. Там рабочий бегает с пустой тележкой по складу.

Директор спрашивает менеджера:

– Почему он бегает с пустой тележкой?!

Менеджер отвечает:

–После того, как мы внедрили SCOR, мы достигли лучших значений показателей по процессу «Транспортировка». К сожалению, чтобы соблюдать эти значения, времени на погрузку и разгрузку просто не остается.

Логистический анекдот.

Д.А. Иванов

Глава 5. Контроллинг цепей поставок

При планировании и реализации управления цепями поставок необходимо проводить оценку и анализ эффективности цепей поставок. Важным инструментом оценки и анализа эффективности цепей поставок является контроллинг. Контроллинг цепей поставок направлен на оценку и анализ эффективности цепей поставок с различных точек зрения: цепи поставок в целом, отдельных участков цепи поставок и отдельных служб предприятия. Оценка и анализ проводятся на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях.

Основой контроллинга цепей поставок являются ключевые показатели эффективности (KPI – *Key Performance Indicators*). Эти величины являются индикаторами эффективности и действенности процессов и структур цепи поставок. При помощи полученных показателей можно оценивать и анализировать процессы, сравнивать альтернативные варианты структур цепи поставок, определять экономические эффекты управления цепями поставок.

В настоящее время существует несколько методик контроллинга цепей поставок, к основным из которых относятся: SCOR (Supply Chain

Operation Reference Model – референтная модель цепей поставок) и BSC (Balanced Score Card – система сбалансированных показателей).

В данной главе рассматриваются следующие основные вопросы:

- В чем состоит суть методологии BSC (Balanced Score Card – система сбалансированных показателей) и особенности ее применения для контроллинга цепей поставок
- Для чего разработана и как построена методология SCOR (Supply Chain Operation Reference Model – бенч-маркинговая модель цепей поставок)
- Какие существуют основные показатели оценки эффективности управления цепями поставок в SCOR и какова их взаимосвязь
- Основные этапы SCOR-проекта
- В чем заключаются недостатки и ограничения применения SCOR

5.1. Balanced Score Card – система сбалансированных показателей

Balanced Score Card – система сбалансированных показателей (BSC) была разработана в результате крупного научно-исследовательского проекта в США в 90-е гг. 20 в. с участием нескольких десятков университетов и предприятий под руководством Р. Каплан и Д. Нортон [101, 258]. Основной идей BSC является создание системы показателей оценки эффективности деятельности предприятия, которые были бы связаны с уровнем стратегии бизнеса. В BSC в явном виде реализована идея, что результативность деятельности предприятия должна измеряться не только на основе финансовых показателей, характеризующих прошлое (ретроспективный анализ), но и показателей нефинансовой природы, ориентированных на будущее (перспективный анализ).

В BSC традиционная финансовая перспектива расширена на основе показателей групп «Клиенты», «Обучение и развитие» и «Бизнес-процессы» (см. рис. 5.1).

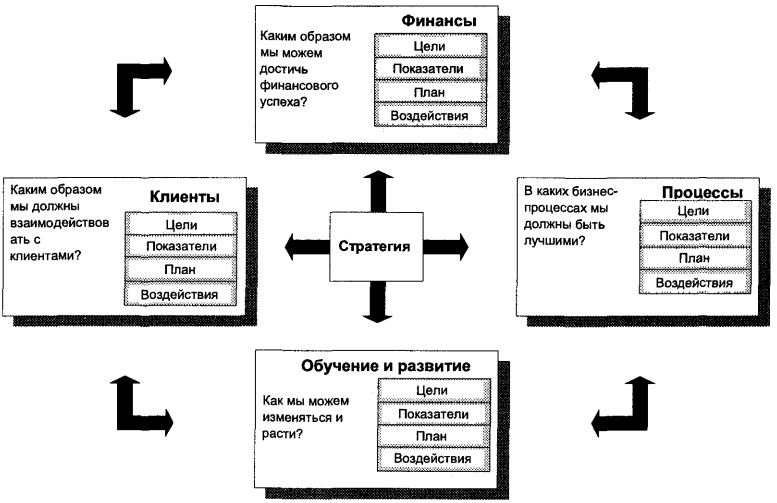


Рис. 5.1. Основные элементы системы сбалансированных показателей

Помимо разделения на четыре группы показателей, в каждой из этих групп выделены:

- цели (т.е. то, что мы хотим достигнуть),
- показатели (как измерить то, что мы хотим достигнуть),
- план (плановые значения показателей, которые мы хотим достигнуть) и
- воздействия (как нам достигнуть желаемых значений показателей).

Сбалансированность в методологии BSC рассматривается в трех аспектах:

- взаимосвязь показателей стратегического, тактического и оперативного уровней,
- взаимосвязь причин и следствий изменения показателей,
- взаимосвязь показателей классов «Финансы», «Клиенты», «Бизнес-процессы» и «Обучение и развитие»

Эти три уровня балансировки обеспечивают то, что Balanced Scorecard является не просто набором изолированных показателей, а дает комплексное представление о влиянии эффективности деятельности в

различных оперативных областях и бизнес-процессах на конечные стратегические финансовые показатели.

Использование методологии системы сбалансированных показателей применительно к цепям поставок рассмотрено в работах [21, 204, 268]. Следует отметить, что использование методологии BSC для оценки эффективности цепей поставок требует учета их специфики. Пример подобного обобщенного представления применения методологии BSC для оценки эффективности цепи поставок представлен в работах [228, 229].

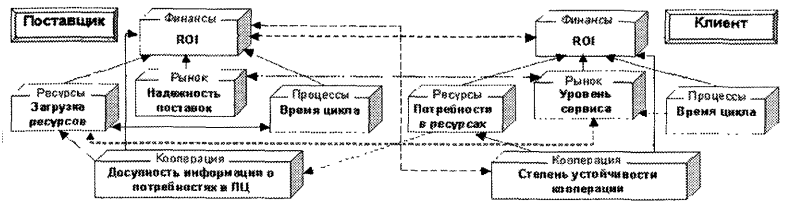


Рис. 5.2. Оценка эффективности цепи поставок на основе методологии BSC

Прежде всего, показатели эффективности цепей поставок должны характеризовать качество *взаимодействия* предприятий в цепи поставок, качество синхронизации бизнес-процессов и интегрированного управления, а также обеспечивать рефлексию между различными уровнями цепи поставок.

Использование методологии BSC для оценки эффективности цепей поставок требует учета их специфики. Прежде всего, показатели эффективности цепей поставок должны характеризовать качество *взаимодействия* предприятий в цепи поставок.

5.2. SCOR (Supply Chain Operation Reference Model – референтная модель цепей поставок)

На одном из семинаров по улучшению управления цепями поставок один из руководителей крупной промышленной компании задал вопрос: «Большинство современных предприятий не имеют четкого представления о существующих у них цепях поставок, связывающих их с поставщиками и клиентами. Почему мы должны изучать наши цепи по-

ставок относительно возможности их улучшения?». Ответ ведущего семинара был следующим: «Действительно, многие предприятия не могут четко описать бизнес-процессы своих цепей поставок. Если же Вы их все же опишите, Вы сможете провести анализ и измерить эффективность ваших цепей поставок. Если Вы измерите таким образом цепи поставок, Вы сразу же увидите такой потенциал для их улучшения, что дополнительная мотивация и убеждения уже будут не нужны» [15, 16].

5.2.1. История развития SCOR

Первая версия SCOR была опубликована в 1996 г. Разработкой SCOR занимался специально созданный в США Совет по цепям поставок (Supply Chain Council), основанный по инициативе ряда консалтинговых компаний (в частности, AMR, PRTM, Todd&McGraw) с целью разработки стандартизированной модели цепи поставок. Залогом успеха SCOR явилось привлечение с самого начала разработки представителей промышленности, таких как Bayer, Compaq, Procter&Gamble, Nortel, 3M, Imation и др., всего около 70 ведущих мировых предприятий. Эти предприятия стали внедрять у себя SCOR, внедрения прошли успешно, была четко осознана эффективность и необходимость дальнейшего развития SCOR.

Актуальная версия SCOR 9.0 (опубликована в 2008 г.) значительно отличается от первой версии 1996 г. Она содержит детальное многоуровневое описание бизнес-процессов цепей поставок, показателей оценки эффективности управления цепями поставок, примеры «лучших практик» управления цепями поставок и описание наилучших на сегодняшний день в мире цепей поставок.

Внутри Совета существует пять отраслевых направлений: авиастроение, автомобилестроение, электротехника, оптовая и розничная торговля, потребительские и фармацевтические товары. Совет по цепям поставок насчитывает уже более 1000 членов по всему миру, в т.ч. и созданный в России Национальный Совет по цепям поставок (www.supply-chain.ru).

5.2.2. SCOR-показатели оценки и анализа эффективности цепей поставок

Сущность SCOR-моделирования бизнес-процессов будет подробно рассмотрена в части II этой книге. Здесь же остановимся на основных показателях эффективности цепей поставок в SCOR-модели.

Модель SCOR имеет трехуровневую структуру[1] (подробно показатели эффективности SCOR-модели и примеры их расчета и оценки представлены в работах [268, 269, 297, 298, 302], а также на сайтах Supply Chain Council www.supply-chain.org и supply-chain.ru).

В таблице 5.1 представлены показатели 1 уровня.

Таблица 5.1.

Показатели 1 уровня SCOR

Категории оценки эффективности	Показатели 1 уровня
Надежность поставок	Уровень сервиса
Реакционная способность ЦП	Цикл выполнения заказа
Гибкость ЦП	Адаптивность ЦП
Затраты ЦП	Затраты на управление ЦП
	Затраты проданных товаров
Использование капитала	Цикл платежей
	Рентабельность основных средств
	Рентабельность оборотных средств
	Общий доход
	Прибыль
Рентабельность капитала	Чистая прибыль

Представленные в таблице 5.1 показатели относятся к стратегическому уровню цепи поставок. На 2 и 3 уровнях представлены показатели, позволяющие определить эффективность цепи на большем уровне детализации (рис. 5.3-5.4).

В таблице 5.2 представлены основные категории оценки эффективности цепей поставок, соответствующие им показатели и источники данных для расчета этих показателей [15, 16].

[1] См. главу 10.

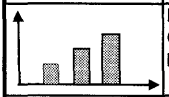
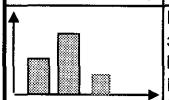
	Показатель	Использование	
	Продуктивность поставок	внешнее ▩	внутреннее ▩
	Способность к поставкам	внешнее □	внутреннее ▩
	Время прохождения	внешнее ▩	внутреннее □
	Безошибочное выполнение	внешнее □	внутреннее ▩
	заказов	внешнее ▩	внутреннее □
	Время реакции всей цепи	внешнее ▩	внутреннее ▩
	Время реакции процесса	внешнее □	внутреннее ▩
	Гибкость производства		
	Затраты на управление ЦП	внешнее ▩	внутреннее ▩
	Рекламации	внешнее □	внутреннее ▩
	Возвращенные товары	внешнее ▩	внутреннее □
	Устранение брака	внешнее □	внутреннее
	Оборот средств	внешнее ▩	внутреннее □
	Производительность ЦП	внешнее □	внутреннее ▩
	Время действия запасов	внешнее □	внутреннее ▩
	Оборот капитала	внешнее □	внутреннее ▩

Рис. 5.3. Показатели эффективности SCOR на стратегическом уровне [111]

Показатели производительности		Диагностические показатели		
		Комплексность цепи создания стоимости	Конфигурация цепи создания стоимости	Управление цепью создания стоимости
план	Затраты планового характера от потребностей/спроса Затраты финансового и планового характера цепи создания стоимости Время действия запасов	Процент изменений заказов Количество заказанной/складируемой продукции Объем производства Затраты на складирование	Объем производства по каналам Количество каналов Комплексность цепи стоимости	Цикл планирования Точность прогноза Время действия запасов Цикл нового планирования Частота закупок
поставки	Затраты на материалы Время действия запасов Длительность цикла поставки	Процент расходов на покупку материалов по удаленности поставщиков Время оборота материалов	Закупка материалов по географическому признаку % затрат на закупку материалов по удаленности поставщиков Комплексность	Эффективность поставок Время оплаты Процент полученных комплектующих со временем оборота менее 8 недель Процент выполнения плана без дополнительных затрат

Рис. 5.4. Показатели эффективности SCOR на тактическом уровне [111]

Таблица 5.2.

Основные категории оценки эффективности цепей поставок

Категории оценки эффективности	Показатели 1 уровня	Показатели 2 уровня	Показатели 3 уровня	Источники данных
Надежность поставок	Уровень сервиса (своевременное и безошибочное выполнение заказов)	Доля полностью выполненных заказов; Выполнение заказов по срокам поставки; Точность документации; 100%качество	Выполнение заказов по определенным позициям ассортимента, количеству, местам поставки	Внутренняя статистика на предприятии; опросы среди клиентов; APS-системы; CRM-системы
Реакционная способность ЦП	Цикл выполнения заказа	Цикл закупки Цикл изготовления Цикл поставки	Время на закупку, изготовление и поставки; Время запуска процессов закупки, изготовления и поставок	ERP-системы; APS-системы; CRM-системы
Гибкость цепи поставок	Адаптивность ЦП	Адаптивность в закупках, изготовлении, поставках, возвратах товаров	Объемы закупок, изготовления, поставок, возвратов; Время выполнения заказов; Ограничение по мощностям от поставщиков и транспортных компаний	Калькуляции изделий ERP-системы
Затраты ЦП	Затраты на управление ЦП	Затраты на планирование, закупку,	Затраты на планирование, Прямые мате-	ERP-системы (модули планирования и

	Затраты проданных товаров	изготовление, поставки и возвраты; Производственные затраты	риальные затраты, расходы на оплату труда, косвенные производственные затраты	производства)
Активы	Цикл платежей Рентабельность основных средств Рентабельность оборотных средств	Просроченные платежи в закупках и продаже; Расходы на SCM; Основные средства для SCM	Нет в актуальной версии SCOR	Отчетность предприятия; ERP-системы
Доходность	Общий доход Прибыль Чистая прибыль	Нет в актуальной версии SCOR	Нет в актуальной версии SCOR	Отчетность предприятия; ERP-системы

В таблице 5.3. приведен пример анализа основных показателей 1 и 2 уровня на одном из предприятий. В таблице представлены актуальные значения показателей, средние по отрасли, средние по отрасли среди 50% и 10% лучших цепей поставок в отрасли, сравнительные значения актуальных показателей предприятия и средних значений по отрасли, а также возможность улучшения цепей поставок.

Приведем некоторые примеры эффективности внедрения SCOR:

- повышение дохода предприятия в среднем на 3% уже на начальной стадии проведения проекта за счет снижения затрат и повышения уровня сервиса
- увеличение рентабельности капитала от 2 до 6 раз в течение года после окончания проекта
- максимально эффективные инвестиции в информационные технологии
- дальнейшее увеличение дохода до 3% в год за счет наличия четких моделей ЦП, позволяющих проводить их дальнейшее улучшение.

Таблица 5.3.

Практический пример оценки эффективности цепей поставок [15, 16]

Категории оценки эффективности	Показатели 1 уровня	Актуальное значение	Среднее значение	Среднее среди лучших 50%	Среднее среди лучших 10%	Сравнительные значения	Возможность улучшения
Надежность поставок	Уровень сервиса	Нет данных	74,7 %	85%	95%	Нет данных	1,2275 млн. евро
Реакционная способность ЦП	Цикл выполнения заказа	Нет данных	10 дней	6,5 дней	3 дня	Нет данных	Повышение устойчивости поставок
Гибкость ЦП	Адаптивность ЦП	Нет данных	42 дня	26 дней	10,8 дня	Нет данных	
Затраты ЦП	Затраты на управление	15,5 %	9,5%	6,7%	3,9%	-6%	58600 евро
	Затраты проданных товаров	27%	17%	12%	7%	-10%	1,25 млн. евро
Использование капитала	Цикл платежей	197	97,9	63,8	29,7	-99	18,1 млн. евро
	Рентабельность основных средств	7%	17%	12%	7%	10%	
	Рентабельность оборотных средств	0,7%	1,5%	1%	0,5%	0,8%	
Рентабельность капитала	Общий доход	14%	31%	39%	47%	-17%	79,2 млн. евро
	Прибыль	7%	14%	19%	23%	-7%	
	Чистая прибыль	4%	5%	8%	11%	-2%	

5.2.3. SCOR и информационные системы

Многие менеджеры задают вопрос, необходимы ли для внедрения SCOR специальные информационные системы. Во многих случаях, достаточным может быть использование уже имеющихся корпоративных информационных систем ERP (SAP, Oracle), систем управления цепями поставок (*i2, Manugistics*), а также специальных систем для управления отношений с клиентами (CRM), управления отношений с поставщиками (SRM), управления складом (WMS).

Некоторые разработчики специальных приложений для управления цепями поставок (например, IBS, Business Objects) указывают прямое соответствие их систем модели SCOR. Следует также отметить появившиеся в 2005-2006 гг. информационные системы с более глубокой проработкой процессов управления цепями поставок в части аналитических блоков и поддержки принятия решения – Supply Chain Design Management, некоторые из которых в явном виде базируются на SCOR, например, e-SCOR, ADOLog, ARIS EasySCOR. Основные задачи Supply Chain Design Management состоят в следующем:

- оценка существующей цепи поставок;
- имитационное моделирование и прогноз влияния на показатели эффективности цепи поставок структурно-функционального изменения бизнес процессов цепи поставок;
- анализ альтернативных цепей поставок на основе показателей SCOR;
- определение возможностей улучшения цепей поставок;
- балансирование процессов принятия решений на различных уровнях, вплоть до оперативного управления.

SCOR развивается в соответствии с развитием управления цепями поставок. Так, если версия SCOR 1.0 (1996 г.) предназначалась для традиционных статических цепей поставок, то в версии 4.0 (2000 г.) рассматривались уже вопросы управления цепями поставок в виртуальных предприятиях, а в версии 8.0 (2006 г.) – адаптивные цепи поставок.

Контрольные вопросы

1. Контроллинг цепей поставок – это:

   а) Анализ эффективности цепей поставок

b) Оценивание эффективности цепей поставок
c) Контроль поступления товаров
d) Расчет показателей эффективности цепей поставок

2. Система сбалансированных показателей предназначена для:

a) Балансировки показателей стратегического и операционного уровней
b) Оценки только финансовой деятельности предприятия
c) Для моделирования бизнес-процессов
d) Связи причин и последствий изменения показателей эффективности

3. Система сбалансированных показателей применяется для управления цепями поставок:

a) Если нет возможности применения другой методики
b) В исходном варианте по Каплан/Нортон
c) С учетом процессов кооперации предприятий
d) С учетом процессов координации предприятий

4. SCOR – это:

a) Методика представления бизнес-процессов цепей поставок
b) Методика оценки и анализа эффективности цепей поставок
c) Многоуровневая система взаимосвязанных показателей эффективности цепе поставок
d) Название Совета по цепям поставок

5. Основными показателями SCOR являются:

a) Общие затраты цепи поставок
b) Уровень сервиса
c) Длительность производственных операций
d) Длительность цикла выполнения заказа

Для того, кто никуда не плывет,
не бывает попутного ветра.

Мишель Монтень

Успех состоит в наличие тех свойств,
которые востребованы в данный момент.

Генри Форд

Глава 6. Тенденции развития управления цепями поставок

В данной главе будут рассмотрены следующие вопросы:

- Что такое виртуальное предприятие
- В чем отличие формирования цепей поставок в виртуальных предприятиях
- Что такое гибкая цепь поставок
- Что такое адаптивная цепь поставок
- Что такое управление долгосрочным развитием цепей поставок

6.1. Определение критериев классификации различных форм управления цепями поставок

Несмотря на использование общих принципов взаимодействия и формирования «сетевых» структур, развивающиеся современные формы управления цепями поставок очень многообразны. В связи с этим некорректно говорить о цепях поставок вообще. Существует отраслевая, продуктовая, организационная и др. специфика, что вызывает необходимость классификации различных форм управления цепями поставок.

В основу подобной классификации могут быть положены такие признаки, как структура сети, степень ее открытости, принцип планирова-

ния и оперативного управления, принцип организации взаимодействий, цели сети, роль информационных технологий. В таблице 6.1. представлен пример подобной классификации, в которой для простоты рассмотрены два крайних случая: статичные цепи поставок (ЦП) и виртуальные предприятия (ВП). Между этими крайними случаями могут располагаться и другие формы управления цепями поставок, например, гибкие или адаптивные цепи поставок. На практике существуют и такие сети, которые объединяют в себе частные элементы как цепей поставок, так и виртуальных предприятий (см. табл. 6.1).

Таблица 6.1.

Ключевые критерии классификации на примере цепей поставок и виртуальных предприятий

Критерий	ЦП	ВП
Структура сети	Стабильная	Вариационная
Степень открытости сети	Низкая	Высокая
Горизонт планирования	Долгосрочный и среднесрочный	Оперативный, под проект
Цели сети	Создание системы долгосрочного взаимодействия предприятий	Гибкое реагирование на рыночные потребности
Роль ИТ	Внутрисетевая ИТ инфраструктура	Открытая ИТ инфраструктура на основе Интернет
Центр организации взаимодействий	Производитель конечного продукта	«Плавающий» центр, под проект
Конкуренция внутри сети	Практически отсутствует	Является неотъемлемым элементом
Ориентация в планировании	На выполнение объема работ согласно прогнозируемому спросу	На выполнение заказа клиента

Деление сетевых структур на два вида – цепи поставок и виртуальные предприятия по предложенным критериям (табл.6.1.) является в определенной степени условным и призвано показать, прежде всего, различия и многообразие форм управления цепями поставок. Данная классификация, безусловно, может быть расширена, например, за счет

рассмотрения гибких цепей поставок или аутсорсинговых моделей организации поставок с логистическим оператором высокого уровня.

Классическая система управления цепями поставок создается для долгосрочного сотрудничества, имеет относительно стабильную структуру сети и производственную программу (определены исполнители работ и виды производимой продукции на длительный период времени). Основной идеей управления цепями поставок является создание системы взаимодействия предприятий с использованием принципов промышленного аутсорсинга, направленной на повышение качества планирования и управления за счет единых информационных каналов, синхронизацию бизнес-процессов, совместное планирование спроса и запасов. В этой форме управления цепями поставок существуют жесткие требования к наличию информационных систем для планирования и управления, а также к одноформатности данных. К недостаткам следует отнести значительные затраты на информационные технологии, а также высокую степень зависимости от партнеров по кооперации.

Суть *виртуального предприятия* состоит в формировании информационного пространства, в котором могли бы оперативно формироваться цепи поставок под конкретный заказ клиента. При этом роль координатора заказа может перенимать любое предприятие в виртуальном предприятии. В другом варианте, координатором является одна организация, например, инжиниринговая компания. Состав партнеров (организационная структура цепи поставок) под каждый проект в виртуальном предприятии различен.

Третий тип сетей, которые объединяют в себе частные элементы как управления цепями поставок, так и виртуальных предприятий, не получил в литературе однозначного определения[1]. Между тем, именно подобное смешение элементов концепции цепей поставок и виртуальных предприятий очень часто наблюдается на практике. Формы подобного смешения различны. Это может быть цепь поставок, часть участников которой не определена долгосрочно, а меняются в зависимости от текущей ситуации (характера заказов, уровня загрузки мощностей, уровня запасов и т.д.). Другим вариантом может являться виртуальное предприятие, которое имеет ярко выраженный центр управления, но при этом участники сети также меняются оперативно. Информационные

[1] Существуют различные определения таких форм управления поставками, например, гибкие (agile, flexible) и адаптивные цепи поставок.

технологии для виртуального предприятия могут быть эффективно использованы для управления цепями поставок, как в области конфигурирования цепи поставок (структурно-функционального синтеза цепи поставок и имитационного моделирования сети), так и в области оперативного управления цепями поставок (структурно-параметрической адаптации цепи поставок, устранения «узких» мест и т.д.).

6.2. Виртуальные предприятия

6.2.1. Виртуальные предприятия - основные положения

Одной из важных тенденций развития управления поставками является развитие концепции виртуальных предприятий (ВП) [6, 26, 27, 48, 72, 92, 100, 110, 140, 164, 169, 171, 177, 178, 185, 200, 216, 228, 230, 236, 244]. В последние годы явно обозначилась тенденция к перемещению внимания исследователей с классического понимания управления цепями поставок с довольно стабильными партнерскими отношениями на структуры, основанные на более динамичном сотрудничестве.

Причиной появления концепции виртуальных предприятий является развитие и широкое распространение современных Интернет-технологий, предоставляющих новые возможности для коммуникации и сотрудничества различных автономных, географически распределенных предприятий.

Появление новых информационных технологий открывает новые возможности для организации бизнеса (в данном случае, справедлив тезис «*технология определяет организацию*»). В связи с этим все большее развитие получают такие концепции, как „Wireless Enterprises“, „Mobile Commerce“, „Virtual Information Technologies“, "Virtual Enterprise". Интернет-технологии формируют информационную инфраструктуру поддержки виртуальных предприятий. Она должна обеспечивать коммуникацию и интеграцию, совместное управление, включая моделирование взаимодействия участников и поддержку выполнения работ (рис. 6.1).

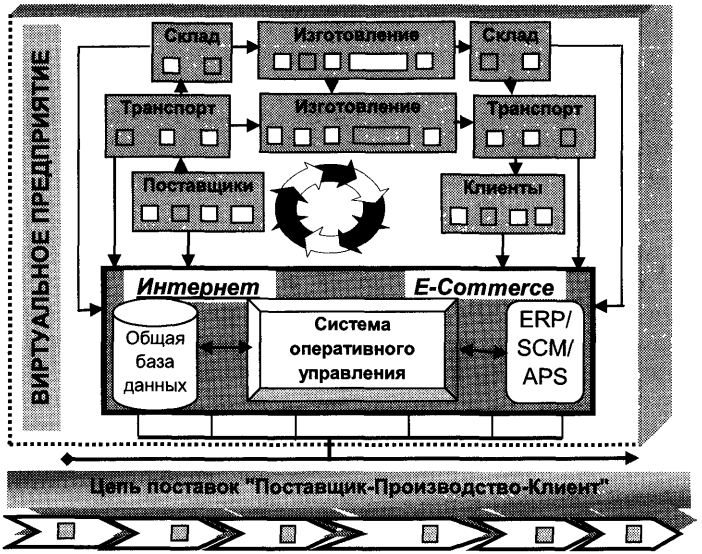


Рис. 6.1. Общая концепция виртуального предприятия

Концепция виртуального предприятия впервые появилась в литературе в конце 90-х гг. 20 в. Термин «виртуальное предприятие» был предложен по аналогии с понятием виртуальной машины из области компьютерной техники, в которой процессы реализуются с помощью различных системных ресурсов. Существуют различные интерпретации термина «виртуальное предприятие».

Мы понимаем под *виртуальным предприятием* динамическую открытую бизнес-систему, основанную на формировании юридически независимыми предприятиями единого информационного пространства с целью совместного использования своих технологических ресурсов для реализации всех этапов работ по выполнению проекта (заказа клиента) от источников первичного сырья до сдачи продукции конечному потребителю.

Виртуальное предприятия основано на формирование *единой организационно-технологической и информационной среды* за счет временного объединения ресурсов различных предприятий. На основании оперативной координации использования ресурсов предприятия способны быстро и с минимальными затратами производить конечный продукт

или услугу. Виртуальное предприятие характеризуется такими свойствами, как децентрализованность, распределенностью и наличием механизмов гибкого формирования новых организационных структур, способностью быстрой адаптации к изменяющимся требованиям рынка, координацией и взаимодействием на основе согласованного с партнерами по бизнесу управления бизнес-процессами и ресурсами.

Суть виртуального предприятия состоит в формировании единого информационного пространства, в котором могли бы оперативно формироваться цепи поставок под конкретный заказ клиента на основе гибкого привлечения ресурсов различных предприятий. При этом роль координатора заказа может перенимать любое предприятие в ВП. В другом варианте, координатором является одна организация, например, инжиниринговая компания. Состав партнеров (организационная структура цепи поставок) под каждый проект в виртуальном предприятии различен.

Виртуальные предприятия формируются на основе создания общей базы данных (БД) о предприятиях, в которой регистрируются предприятия-участники виртуального предприятия и их функциональные возможности (компетенции), а также общей базы технологических операций. Доступ к указанным базам данных осуществляется через Интернет (через специально разработанную интернет-страницу виртуального предприятия). На основе параметров заказа клиента, введенных на *интернет-странице*, и базы технологических операций определяется технология изготовления определенного продукта, после чего с учетом параметров базы данных поставщиков определяются альтернативные возможности выполнения каждой из операций технологического плана (рис. 6.2).

Далее с помощью системы *оперативного* распределения ресурсов и координации осуществляется сравнение различных вариантов цепей поставок, выбирается наилучшая конфигурация цепи поставок в соответствие с параметрами заказа клиента и производится распределение работ между отдельными исполнителями.

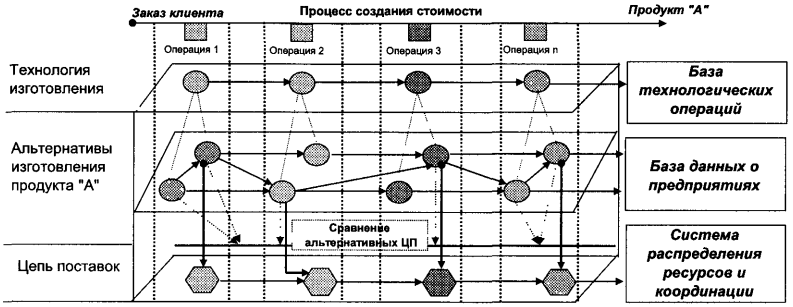


Рис. 6.2. Логика формирования цепей поставок в виртуальном предприятии

Отдельного рассмотрения требует вопрос *организационной структуры виртуального предприятия*. Общая организационная схема виртуального предприятия представлена на рис. 6.3. Следует особо заметить, что виртуальное не является юридическим лицом (юридические функции может выполнять орган координации виртуального предприятия).

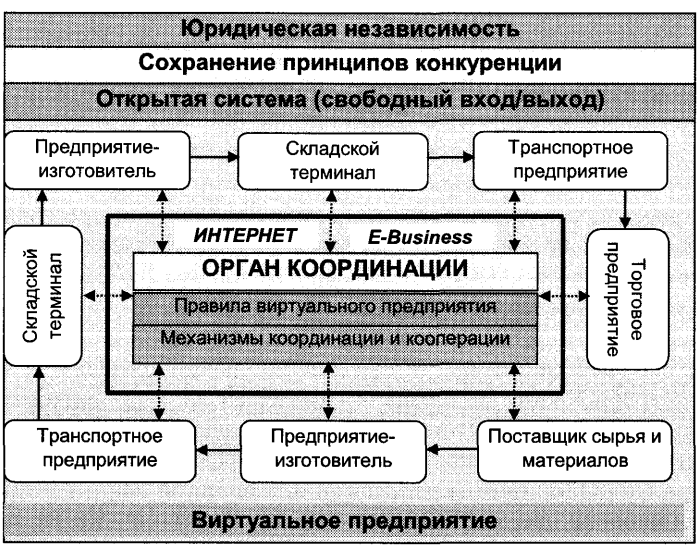


Рис. 6.3. Организационная схема виртуального предприятия

Между участниками виртуального предприятия, которые действуют на основе определенных органом координации правил, сохраняются принципы конкуренции (каждое предприятие заинтересовано в получение работы и сохраняет свою активную конкурентную роль в рамках правил виртуального предприятия). Виртуальное предприятие является открытой системой, вход в которую и выход из которой определяется самими предприятиями.

Центр координации виртуального предприятия может быть реализован в виде управляющей компании, не являющейся непосредственным участником производственно-логистического процесса, либо он может быть «плавающим», т.е. центром может становиться одно из предприятий-участников виртуального предприятия, являющееся головным исполнителем по тому или иному проекту.

При первом подходе происходит передача координирующих функций специальному органу (Координационному Совету). Его образуют либо участники данной структуры с целью организации взаимоотношений с внешней средой, создания единой информационной базы и механизмов координации, а также управления финансовыми потоками, либо такой орган создается в виде коммерческой организации и сам занимается формированием виртуального предприятия. Координационный Совет утверждает правила виртуального предприятия и механизмы координации и кооперации.

При втором подходе роль «головной» организации, которая выступает в роли координирующего центра, могут выполнять различные участники виртуального предприятия в зависимости от характера выполняемых работ. Через нее строятся отношения виртуального предприятия с внешней средой, она отвечает за распределение ресурсов, результаты деятельности и обеспечение необходимых условий функционирования виртуального предприятия.

Виртуальное предприятие представляет собой своего рода *«предприятие над предприятиями»*. В рамках виртуального предприятия может существовать множество потенциальных цепей поставок, причем одно и то же предприятие может входить в состав различных цепей поставок и виртуальных предприятий. Механизм формирования цепей поставок в виртуальном предприятии отличен от классической концепции управления цепями поставок (рис. 6.4).

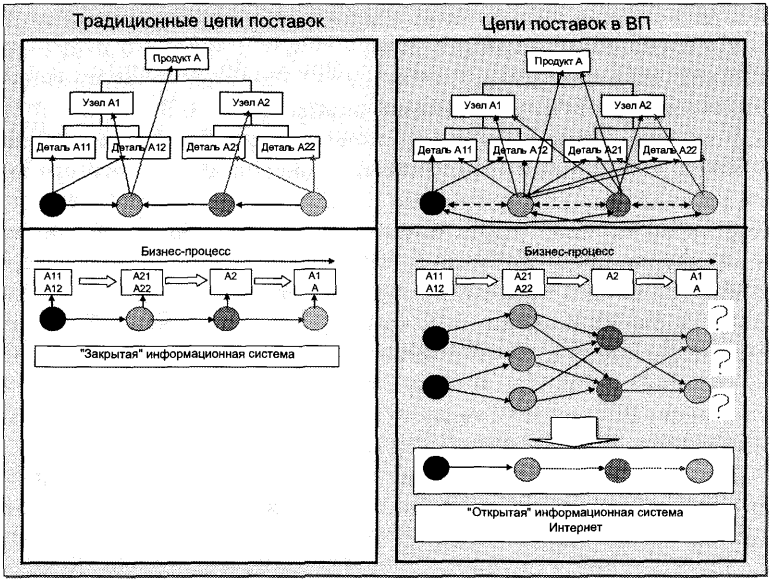


Рис. 6.4. Формирование цепей поставок в виртуальном предприятии

Цепи поставок в виртуальном предприятии формируются *динамически из множества альтернативных вариантов* под каждый проект. В виртуальном предприятии возможно использование Интернет-ресурсов координатора, например, с помощью ASP-технологии (Application Service Providing), реализующей модель аутсорсинга (предоставление клиентам необходимых Software на определенный срок на условиях аренды через Интернет). Концепция аутсорсинга позволяет избежать существенных затрат на создание и поддержание предприятиями собственной сложной ИТ-инфраструктуры.

Цепи поставок в виртуальном предприятии формируются динамически из множества альтернативных вариантов под каждый проект.

Основной целью виртуального предприятия является быстрое реагирование на рыночные требования и максимизация степени использования ресурсов предприятий. Основной экономический потенциал виртуального предприятия с точки зрения организации производства и

логистики заложен в качественно новых возможностях управления цепями поставок и процессами создания стоимости на основе концентрации большого количества ресурсов в единой базе, что позволяет быстро и гибко реагировать на рыночные изменения.

Кроме того, формирование *региональных* виртуальных предприятий может служить основой повышения экономического потенциала региона и решению социальных проблем. Это происходит за счет интеграции ресурсов и повышения эффективности их использования в рамках развития приоритетных направлений деятельности региона. Так, например, в земле Саксония (Германия) на основе координации ресурсов отдельных предприятий в области мехатроники происходит дальнейшее развитие этой отрасли и увеличение числа занятых в ней за счет увеличения количества заказов и изменений на самих предприятиях. К недостаткам ВП следует отнести отсутствие стабильного спроса и высокий уровень неопределенности и риска.

Для построения эффективной системы управления цепями поставок в виртуальных предприятиях необходимо решить следующие основные задачи:

- организационное проектирование (разработка и внедрение новых организационно-экономических схем взаимодействия предприятий),
- разработка правил и принципов взаимодействия (условия получения и размещения заказов, планирование и оперативное управление процессами, распределение прибыли, управление рисками и т.д.),
- разработка системы информационной поддержки (концепции единой информационной среды кооперационных связей).

6.2.2. Практический опыт создания виртуальных предприятий

Концепция виртуального предприятия на практике реализуется в самых различных аспектах – от Интернет-площадок на принципах электронного рынка до полномасштабных производственных и логистических систем, в которых веб-представительство выступает в роли связующего звена между покупателями, продавцами и производителями в глобальной сети Интернет. Практические реализации концепции виртуального предприятия отличаются друг от друга как по организационно-функциональному наполнению, так и по видам применяемых ин-

формационных технологий. Это дает основание говорить о концепции виртуального предприятия как о *модели ведения бизнеса*, которая на практике может быть реализована в виде целого ряда различных вариантов. Рассмотрим некоторые из практических примеров концепции виртуального предприятия.

Как и применительно к классическому управлению цепями поставок, в виртуальных предприятиях также можно выделить кооперацию в области закупок и в области производства. Виртуальные предприятия в области закупок получили название E-Procurement (электронные порталы закупок). По этой схеме работают такие гиганты автомобилестроения, как концерны Daimler Chrysler, Ford и General Motors, разработавшие единое цифровое рыночное пространство Covisint, в котором компании намереваются в будущем закупать сырье для производства автомобилей и некоторые комплектующие.

Covisint является лидирующим провайдером услуг по интеграции важной бизнес-информации и бизнес-процессов между производителями, поставщиками и покупателями в цепи поставок. Covisint представляет ценность для организаций малого, среднего, крупного бизнеса, позволяя ускорять процессы принятия решений, снижая затраты на сотрудничество с партнерами и предоставляя возможность для гораздо более мобильного обслуживания покупателей. Системная архитектура Covisint состоит из трех основных компонент: Covisint Identity Management, Covisint Connect Server, Covisint Communicate Server.

Covisint Identity Management предоставляет возможности для контроля и учета, что дает техническую поддержку поступающей информации. Covisint Connect Server сервер обмена данными обеспечивает безопасный и надежный обмен данными между партнерами по бизнесу. Он позволяет взаимодействовать, используя удобный для партнеров стиль коммуникации и посылать/получать документацию, используя удобный для всех формат. Это значительно снижает затраты на обмен информацией (на 50%). Covisint Communicate Server сервер предоставляет инфраструктуру для обмена информацией и разделения информационной для партнеров, покупателей, поставщиков. Covisint Communicate можно установить при гораздо меньших затратах, чем создание и поддержка портала внутри предприятия. Это позволяет снизить расходы на создание портала на 80% и расходы на эксплуатацию - на 50% (по данным AMR Research, сайт www.covisint.com).

Цель, которая при этом преследуется, следующая: разработать полную on-line сеть, которая объединяла бы в себе покупателей, заказывающих автомобиль, и поставщиков. Перспектива: автомобиль за 10 дней[2]. Иными словами, это означает, что покупатель заказывает новый автомобиль, информируя при этом производителя обо всех деталях, которые он желает видеть в своем новом авто: сиденьях, отделке, дизайне. Далее все поставщики комплектующих получают информацию о возникающих со стороны покупателя потребностях. Максимум через две недели после заказа покупатель может получить свой новый автомобиль. Уже сейчас есть возможность частично заказывать автомобиль в режиме on-line. Но прямой коммуникации со всеми поставщиками комплектующих еще не существует. Автомобильные концерны, например, BMW, покупают в режиме on-line исключительно стандартизированные детали. Все детали, встраиваемые в автомобиль, до сих пор не заказываются через сеть. BMW, как и концерн Volkswagen, работает только в системе электронных закупок (E - commerce).

Другим примером открытой системы для промышленной кооперации может служить Интернет-портал www.e-trade-center.com, также построенный по принципу электронного рынка. Воспользовавшись размещенной на сайте базой данных, можно найти поставщиков и клиентов, указав вид продукции, страну местонахождения партнера, тип кооперации, отрасль промышленности и сроки размещения информации в базе данных.

В Германии создан ряд систем в текстильной и легкой промышленности. Так, например, в Саксонии в августе 1998 г. на основе единой информационной платформы были объединены 800 предприятий, данные которых содержатся в общей базе данных. Был создан Web-сайт www.textil-server.de, интегрированный с виртуальным технологическим центром Саксонии. На нем содержатся помимо базы данных продукции данные о выставках, исследованиях и т. д. Также в качестве примеров таких систем можно привести сайты www.barnesandnoble.com и www.travelocity.com.

Промышленная кооперация активно развивается в рамках отношений *B2B (Business-to-Business),* когда крупные промышленные предприятия

[2] Подобные научно-исследовательские проекты довольно популярны в Европе, в частности ILIPT (5-Day-Car) или 3-Day-Car. Реальность, к сожалению, пока несколько иная – поставка нового автомобиля под индивидуальный заказ клиента длится от 3 до 8 месяцев.

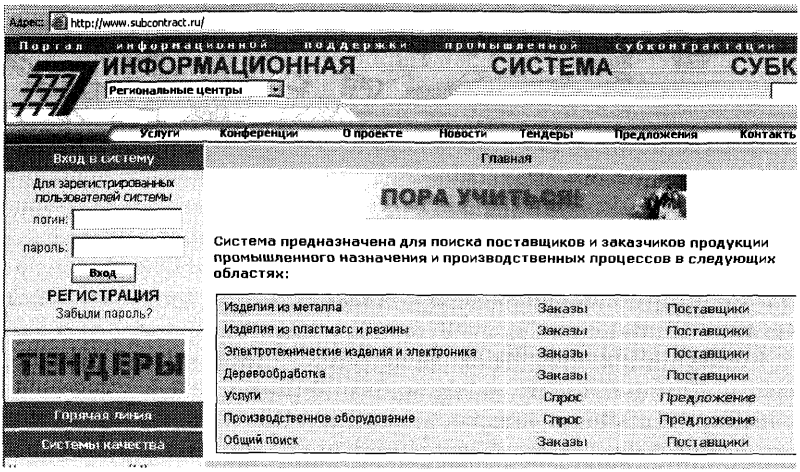
вступают в тесные кооперационные отношения с малыми и средними предприятиями, производящими для них определенные детали и комплектующие. Примеров такого типа кооперации значительное множество.

Интересен опыт управления цепями поставок в ВП в Италии. Например, в текстильной и легкой промышленности создана такая форма ВП как «Emilia Disrict». В ней большая часть заказов выполняется малыми узкоспециализированными предприятиями (до 10 занятых), которые соединены на единой информационной платформе, через которую с помощью центральной сбытовой организации ведутся контакты с внешней средой.

Концерн «Benetton» разработал на базе ИТ такую систему управления цепями поставок, что на основе координации в единой информационной среде сбытовых центров, заводов-изготовителей, поставщиков и экспедиторов процесс окраски перенесен на тот момент, когда будут известны модные цвета сезона. Это обеспечивает гибкость выполнения требований рынка и существенное сокращение затрат на хранение.

С середины 70-х г.г. XX в. в Испании, значительно отставшей от ведущих индустриальных стран по конкурентоспособности своей промышленности, началось активное внедрение механизмов управления цепями поставок. Основная идея заключалась в преодолении экономического кризиса путем загрузки испанских промышленных предприятий производственными заказами крупных транснациональных компаний (преимущественно автомобильных).

В России также существуют примеры формирования системы промышленной кооперации на основе модели виртуального предприятия. Одним из них является основание Межрегионального центра промышленной субконтрактации и партнерства [314]. Данная система содержит базу данных производственных возможностей промышленных предприятий, структурированную с использованием принятых в ЕС классификаторов и детализированных до уровня отдельного производственного процесса, а также базу данных поступающих заказов и информацию о предприятиях-заказчиках и их требованиях к потенциальным партнерам (рис. 6.5).



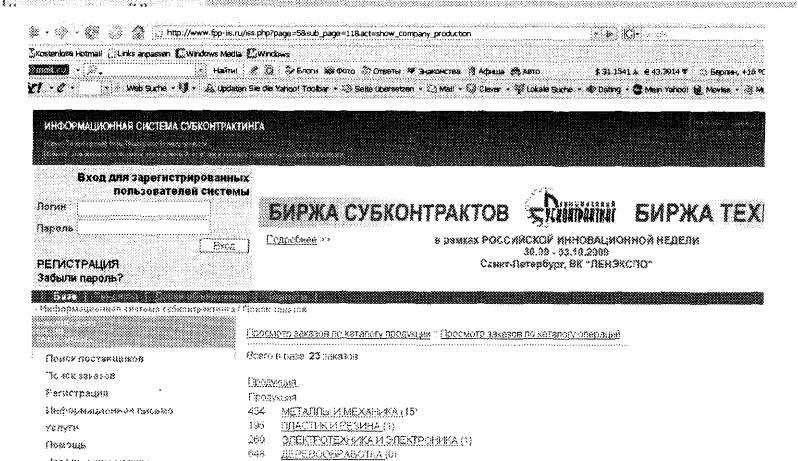


Рис. 6.5. Информационные системы субконтрактинга на сайтах www.subcontract.ru и www.fpp-iis.ru

На сайте www.subcontract.ru, базы данных объединены автоматизированной системой поиска, благодаря которой можно свободно найти поставщика, производственный заказ, разместить информацию о своем предприятии на основе имеющегося классификатора. Данный сайт является своего рода «доской объявлений», где предприятия размещают соответствующую информацию. Сайт не является ни координирующим центром, ни центром планирования и управления, т.к. эти функции лежат непосредственно на тех участниках, которые, воспользовавшись предложенной базой данных, установили партнерские отношения в рамках промышленной кооперации.

В Санкт-Петербурге усилиями Фонда Поддержки промышленности и Института Промышленного Субконтракинга созданы две информационные системы (www.fpp-iis.ru, www.spb-outsource.ru), позволяющие промышленным предприятиям региона, а также Финляндии, осуществлять взаимодействие в рамках единого информационного пространства.

6.2.3. Тенденции развития методологии виртуальных предприятий

В последние годы было проведено множество научных исследований в области виртуальных предприятий. Приведем некоторые примеры. Концепция неиерархических региональных производственных сетей (НРПС) является одной из фундаментальных тем исследований, осуществляемых в Техническом университете г. Хемниц с 1999 г. [169, 171, 185] в сотрудничестве с промышленными и транспортными предприятиями региона (земля Саксония).

Целью проекта является разработка модели виртуального предприятия, которое бы объединило фирмы малого и среднего бизнеса региона для повышения их конкурентоспособности по сравнению с крупными концернами. В рамках данного проекта была разработана концепция управления виртуальным предприятием EVCM (Extended Value Chain Management), представляющая собой как концепцию менеджемента виртуального предприятия, так и комплексную информационную систему для менеджемента виртуального предприятия. Производственная сеть в EVCM формируется за счет образования «компетенц-единиц», способных на основании координации ресурсов произвести конечный продукт, т. е. сформировать цепь поставок.

В качестве других примеров можно привести проекты Whales, Globeman и Business Architect [6]. Целью проекта Whales являлась разработка инфраструктуры для планирования и управления комплексными дистрибьюторскими организациями, работающими по принципу виртуального предприятия над широкомасштабными инженерными проектами. Globeman стремился определить принципы построения виртуальных производственных предприятий, утвердить концепцию промышленных моделей и продемонстрировать основные идеи построения виртуального предприятия. Business Architect выделил такой вид деятельности, как развитие бизнеса, который должен формулировать и комбинировать различные компетенции, искать партнеров в сети и облегчить процедуры стратегического и оперативного планирования.

Текущие исследования в области виртуальных предприятий сфокусированы на нескольких аспектах. Так, необходимо определить *теоретические и методологические основы* для исследований в области виртуальных предприятий. В предыдущих проектах было предложено множество прототипов совместного управления проектами и построения инфраструктуры виртуальных предприятий. Разработка таких прототипов являлась основным содержанием предыдущих исследований. При этом методологическим аспектам построения виртуальных предприятий уделялось недостаточно внимания. В настоящее время становится очевидным, что социально-экономические факторы играют при формировании и управление виртуальными предприятиями значительную роль. Это приводит к новому пониманию идеи виртуальных предприятий, поэтому теоретические основы виртуальных предприятий требуют детальной разработки и дальнейшего усовершенствования.

Кроме теоретических разработок, необходимо провести исследования в области *применения теории* виртуальных предприятий. В качестве инструментов для этого можно рассмотреть модели межорганизационных бизнес-процессов. Данные модели должны учитывать различные типы производства, секторы промышленности, различия в бизнес моделях, различные способы и степени аутсорсинга, наличие или отсутствие поставщиков услуг и т.д. Кроме того, средние и малые предприятия обычно испытывают трудности в применении концепции виртуальных предприятий и во вступлении в логистические сети и деловую среду. В последнем случае недостаточно просто построить модель предприятия и процессов, в нем протекающих. Необходимо построить модель пред-

приятия в условиях его деловых отношений и в тесной взаимосвязи с другими предприятиями *(модели взаимодействия)*.

Вопрос *совместного выполнения бизнес процессов* ранее рассматривался в рамках одной организации, но теперь он еще более интересен для рассмотрения в рамках виртуальных предприятий. Участники виртуальных предприятий стремятся получить конкретные решения, наилучшим образом подходящие для их конкретной ситуации. Каждое предприятие, взаимодействуя с другими предприятиями с целью достижения общей цели, настаивает на: сохранении за ним права делать выбор и принимать решения в своей области; на защите конфиденциальной информации; на предоставлении доступа к определенной информации либо тем предприятиям, которым оно доверяет, либо тем предприятиям, которым необходимо предоставлять информацию в соответствие с контрактом. Это вызывает несоответствия между необходимыми ресурсами для кооперации и тем решениями, которые лучше всего устраивают конкретных участников в конкретных условиях. При этом специальной областью исследования является вопросов управления знаниями (Knowledge Management) [151].

Наконец, в условиях обмена информацией между различными предприятиями, необходимо быть уверенным в безопасности такого обмена [280, 281]. К сожалению, сегодня такой уверенности пока нет. Поэтому одним из требований к построению виртуальных предприятий является обеспечение *безопасного протекания бизнес-процессов*. Кроме того, необходимо разработать программное обеспечение, определить методики и ресурсы для успешного применения этого программного обеспечения и систем построения виртуальных предприятий. Четыре таких проекта функционировали в 2004-2007 гг.: Athena, Digital Business Ecosystems, Ecolead и Trustcom.

В ближайшем будущем (после 2010 г.) возможно более устойчивое сотрудничество между предприятиями не только ради снижения издержек, но и с целью улучшения качества выпускаемой продукции. Следующим шагом на пути развития кооперационных отношений будет уже не решение вопроса о распределении затрат на производство между предприятиями, а решение вопроса о стимулировании такой коллективной работы и инновационной деятельности внутри логистической сети, которые не присущи отдельным независимым предприятиям. Такой уровень кооперации подразумевает, что все участники доверяют друг другу и согласны предоставлять необходимую информацию. Стоит за-

метить, что смена приоритетов с управления издержками на управление инновационной деятельностью ведет к изменениям в понятии «стоимость», которая в большей части определяется не характером технологического процесса, а позиционированием изделия.

Исследования виртуальных предприятий могут касаться еще множества вопросов. Следует отметить, что предыдущие исследования были сфокусированы главным образом на технологической стороне вопроса, а социально-экономические подходы к виртуальным предприятиям практически не рассматривались.

6.3. Гибкие (agile) цепи поставок

Многолетний опыт создания виртуальных предприятий показал, что на практике не существует ни одного виртуального предприятия, в котором были бы полностью реализованы все принципы ВП. Это связано с факторами доверия, надежности партнеров, а также дополнительными затратами на информационные технологии. Концепции виртуального предприятия реализуются на практике с определенными ограничениями. Процесс формирования виртуального предприятия не является 100% автоматическим. Информационные технологии являются лишь средой поддержки принятия решений для менеджера виртуального предприятия, позволяя «проиграть» различные конфигурации виртуального предприятия и сценарии его работы с различными участниками цепи поставок. Сами же цепи поставок в виртуальном предприятии окончательно формируются обычным способом на основе переговоров. На практике существует смешение концепций цепей поставок и виртуального предприятия.

Одним из таких смешений является концепция гибких (agile) цепей поставок [36, 37, 59, 63, 93, 132, 188]. Суть концепции гибких (agile) цепей поставок состоит в повышении уровня сервиса за счет увеличения скорости реакции на заказы потребителей и гибкости относительно продуктовой программы на основе введения определенной избыточности (высокий уровень запасов, строительство новых дистрибуционных центров вблизи клиентов и т.д.) в цепи поставок для учета неопределенности.

Суть концепции гибких (agile) цепей поставок состоит в повышении уровня сервиса за счет увеличения скорости реакции на заказы потребителей и гибкости относительно продуктовой программы на основе введения определенной избыточности (высокий уровень запасов, строительство новых дистрибуционных центров вблизи клиентов и т.д.) в цепи поставок для учета неопределенности.

В компании General Motors, например, создана система «Заказ-Доставка» (Order To Delivery – OTD), с помощью которого заказы конечных потребителей, размещенные на вэб-сайте «Buyer Power» преобразовываются в конкретные заказы технологам, которые в свою очередь через страницу «Supply Power» преобразовываются в заказы поставщикам в рамках всей цепи поставок.

Пример. DELL

Компания Dell Computer, разработала бизнес-модель для продажи компьютеров через Интернет. Когда потребители размещают свои заказы на сайте компании Dell, они могут выбрать конфигурацию своих компьютеров, включая в них разные типы мониторов, модемов, CD-ROM или оперативной памяти и микропроцессоров. После того как потребитель разместит свой заказ и оплатит компьютер, Dell заказывает у своих поставщиков соответствующие компоненты и — по прибытии заказанных компонентов — в течение нескольких часов выполняет окончательную сборку и тестирование готового продукта. По сути, у Dell отсутствуют товарно-материальные запасы. Более того, компания не заказывает у своих поставщиков никаких компонентов до тех пор, пока потребитель не оплатит соответствующий заказ (компьютер). Подобный подход обеспечивает компании Dell превосходный показатель дохода на активы.

DELL использует систему оперативного конфигурирования персональных компьютеров и ноутбуков. Клиент может выбрать базовую конфигурацию компьютера и затем на основе каталога различных дополнительных компонентов сформировать свою индивидуальную конфигурацию компьютера. Далее происходит электронное подтверждение заказа, данные заказа передаются в ERP – систему компании DELL, где формируется соответствующий план выполнения заказа, рассчитываются потребности производства и закупок и т. д. Вскоре после

этого клиент получает свой компьютер с доставкой на дом. Подобная система существует у DELL с 2002г. В Dell уровень запасов рассчитан на 4 дня вместо 30 в среднем по отрасли. Прибыль компании составила 361 млн. долларов в 2001 г. против 1,1 млрд. потерь в отрасли. В 2004 г. прибыль компании составила уже 2,6 млрд. долларов, а общий доход – более 41 млрд. долларов. Руководство DELL считает, что именно развитие управление цепями поставок сыграло решающую роль в таком успехе.

В настоящее время данные принципы реализует и множество других фирм, в частности – автомобильной промышленности. На рис. 6.6 приведен интерфейс электронного конфигуратора автомобиля Volkswagen.

Рис. 6.6. Интернет-конфигуратор автомобиля

Приведем еще несколько примеров. Из 100 000 производимых на заводе Audi в Некарзульме автомобилей только 2 полностью идентичны, на заводе Daimler Crysler в Штуттгарте – только 22 из 430 000 в год.

При этом до 75% общего спектра деталей приходится под индивидуальный заказ. В этих условиях значение эффективного управления цепями поставок трудно переоценить.

Концерн «Benetton» разработал на базе ИТ такую систему управления цепями поставок, что на основе координации в единой информационной среде сбытовых центров, заводов-изготовителей, поставщиков и экспедиторов процесс окраски перенесен на тот момент, когда будут известны модные цвета сезона. Это обеспечивает гибкость выполнения требований рынка и существенное сокращение затрат на хранение. Подобные принципы используются и другими предприятиями отрасли, такими как Zara, Adidas, Nike и многими другими. Интенсивно развиваются и цепи поставок с использованием технологий электронной коммерции (например, Amazon.com).

Пример. Zara.

Рассмотрим пример гибких цепей поставок из сферы потребительских товаров – сеть магазинов модной одежды Zara. Zara является крупнейшим испанским производителем и розничной сетью модной одежды. Для отрасли, в которой работает компания, характерен неустойчивый спрос. В 2004 г. Zara ежедневно открывала по одному магазину. В 2004 г. объем продаж компании составил 13 миллиардов евро в 2200 магазинах в 56 странах. Zara выбрала стратегию гибкой реакции на изменения спроса с поддержанием доступных цен. Если средний цикл «дизайн-продажа» в легкой промышленности составляет до 6 месяцев, Zara удалось добиться его снижения до 5-6 недель. Это позволяет обновлять ассортимент товаров в магазинах каждые 4 недели на 75 %, при этом ежедневно вводя новые модели. В результате Zara добилась значительного превосходства над конкурентами по степени удовлетворения спроса потребителей. За счет этого продукция продается по полной цене. Доля продукции, продаваемой со скидками, составляет примерно 50% от значений этого показателя у конкурентов.

Производство товаров в Zara комбинирует возможность быстрого и гибкого получения материалов в Европе (главным образом, в Испании и Португалии) и дешевого производства в Азии. Этим компания сильно отличается от конкурентов, которые в подавляющем большинстве полностью перебазировали производство в Азию. В Zara 40% производственных мощностей находятся в собственности владельца сети компании Inditex, остальные 60% получаются по аутсорсингу. Продукция с очень

нестабильным спросом производится в Европе, с более предсказуемым – в Азии. Около 40% продукции производится в течении сезона, в то время как аналогичный показатель у конкурентов не превышает 20%. Стратегия быстрой реакции на требования потребителя и отложенной дифференциации (индивидуализации) конечной продукции (Postponement) позволили компании радикально снизить затраты в запасы и ошибки прогнозирования. При этом следует отметить, что Zara произвела массивные инвестиции в информационные технологии, чтобы обеспечить максимальную актуальность информации с точек продаж. Эта информация является основой принятия решений о производстве и приобретении материалов и комплектующих. Zara использует несколько крупных дистрибуционных центров в Испании и несколько небольших центров в Латинской Америке. Время поставки «центр – магазин» не превышает двух недель.

Недостатком в концепции гибких (agile) цепей поставок является то, что создаваемая избыточность для повышения уровня сервиса приводит и к увеличению затрат.

6.4. Управление долгосрочным развитие цепей поставок - Sustainable Supply Chain Management

За последние три-четыре года (2005-2008) четко обозначилось новое направление в развитие управления цепями поставок – Sustainable Supply Chain Management – управление долгосрочным развитием цепей поставок [106, 115]. Масштабы внедрения управления цепями поставок на практике заставляют задумываться уже не только об оптимизации самих цепей поставок, но и о их роли в экономике, экологии и общественной жизни. Управление долгосрочным развитием цепей поставок включает в себя три основные группы вопросов:

- цепи поставок и жизненный цикл изделий,
- цепи поставок и экология,
- цепи поставок и общество.

Управление долгосрочным развитием цепей поставок включает в себя три основные группы вопросов: цепи поставок и жизненный цикл изделий, цепи поставок и экология, цепи поставок и общество.

Проблематика совместного рассмотрения цепей поставок, экологии и общественных интересов является чрезвычайно важной. Резкое увеличение грузоперевозок, в том числе межконтинентальных, вследствие глобализации приводит к значительному усилению нагрузки на экологические системы. Глобализация является также причиной радикального перераспределения сфер производства и потребления. Западная Европа и США освобождаются от производств, размещая их в Азии, Южной Америке и Восточной Европе. Рынки этих некогда экономически отсталых регионов стремительно растут. Все это вызывает целый комплекс новых социально-экономических проблем и ставит перед ведущими мировыми цепями поставок требования учета целого спектра социально-политических факторов.

Проблематика совместного рассмотрения цепей поставок и жизненного цикла изделий также приобретает все большее значение. Целью является рассмотрение полной цепи создания и использования продукции, включающей в себя стадии дизайна/проектирования, производства, потребления, сервиса и утилизации продукции. Цепи поставок, с одной стороны, влияют на жизненный цикл изделия, а с другой стороны, стадии жизненного цикла изделия, предшествующие и следующие после цепей поставок, влияют на эффективность решений по управлению цепями поставок. Значение интеграции цепи поставок и жизненного цикла изделий огромно.

Недавние исследования показали теснейшую взаимосвязь между привлечением клиентов и поставщиков к проектированию новых изделий и их послепродажному обслуживанию с эффективностью управления цепями поставок и финансовыми результатами компаний [33]. Более того, для многих продуктов, особенно в наукоемких отраслях, значение до- и после производственных стадий жизненного цикла изделий выше, нежели значение собственно самих цепей поставок.

Наряду с концепцией Sustainable Supply Chain Management, широкое развитие получают концепции *логистики возвратных потоков* (Reverse Logistics) [61], связанные с возвратами товаров и сервисным обслуживанием.

В России на предприятиях судо-, авиа- и машиностроения, которые имеют достаточно средств для осуществления крупномасштабных проектов, уже внедряются концепции и технологии управления жизненным циклом изделий. В российской практике наибольшее распространение получила идеология *CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life Cycle Support* – непрерывность поставок продукции и поддержки ее жизненного цикла), базирующихся на разработках в области создания систем информационной поддержки «процессов, протекающих в ходе всего жизненного цикла продукции и ее компонентов» [222].

Целью применения CALS-технологий (в русском варианте – ИПИ-технологии: аббревиатура словосочетания Информационная Поддержка Изделий) является повышение эффективности деятельности всех участников процесса создания, производства и пользования продуктом за счет ускорения процессов исследования и разработки продукции, придания изделию новых свойств, сокращения издержек и повышения уровня сервиса в процессах производства продукции, ее эксплуатации и технического обслуживания.

На основе опыта внедрения ИПИ (CALS) в промышленности США можно привести следующие количественные оценки их эффективности: прямое сокращение затрат на проектирование – от 10 до 30 %; сокращение времени разработки изделий – от 40 до 60 %; сокращение времени вывода новых изделий на рынок – от 25 до 75 %; сокращение доли брака и объема конструктивных изменений – от 23 до 73 %; сокращение затрат на подготовку технической документации – до 40; сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации – до 30 %.

CALS-идеология рассматривается как комплексная системная стратегия повышения эффективности процессов, связанных с промышленной продукцией, непосредственно влияющая на ее конкурентоспособность. Главным образом это влияние проявляется за счет непрерывно повышающихся требований к качеству и стандартизации продукции, что является условием выживания предприятий в условиях растущей конкуренции, в том числе на международных рынках. Электронное описание процессов разработки, производства, монтажа и т. д. в CALS-системах полностью соответствует требованиям международных стандартов ISO 9000, что является несомненным достоинством применения данного подхода как основы проектирования сложной виртуальной сетевой структуры.

Учитывая изначальное предназначение CALS-технологий для военно-промышленного комплекса не удивительно, что в российской промышленности они активно применяются, прежде всего, при разработке и производстве сложной наукоемкой продукции, создаваемой интегрированными промышленными структурами, включающими в себя НИИ, КБ, основных подрядчиков, субподрядчиков, поставщиков готовой продукции, потребителей, предприятия технического обслуживания, ремонта и утилизации продукции. К основным классам задач, решаемых с помощью CALS-технологий, относятся: моделирование, анализ и реинжиниринг бизнес-процессов, построение системы качества, управление данными об изделии, ведение электронных публикаций и руководств, интегрированная логистическая поддержка изделий.

Контрольные вопросы:

1. Какие критерии позволяют классифицировать различные формы управления цепями поставок?

    a) Цели сети
    b) Качество продукции
    c) Логистические затраты
    d) Структура сети

2. В виртуальном предприятии цепи поставок:

    a) Формируются динамически из множества альтернатив
    b) Формируются виртуально для снятия ответственности за поставки
    c) Формируются в рамках единой организационно-технологической и информационной среды
    d) Предназначены для создания виртуальной реальности

3. Виртуальные предприятия применяются на практике:

    a) в полном соответствии с их теорией
    b) сочетаются с управлением цепями поставок
    c) для скрытия доходов цепи поставок
    d) как дополнение управления цепями поставок

4. Гибкие цепи поставок:

   a) Предназначены для повышения уровня сервиса
   b) Предназначены для повышения гибкости относительно выпускаемой продукции
   c) Предназначены для повышения затрат цепи поставок
   d) Предназначены для повышения скорости реакции на рыночные изменения

5. Применение гибких цепей поставок на практике:

   a) Широко распространено в автомобилестроении и отрасли потребительских товаров
   b) Невозможно реализовать из-за отсутствия необходимых информационных технологий
   c) Требует инвестиций в информационные технологии
   d) Позволяет существенно повысить уровень продаж

6. Управление долгосрочным развитием цепей поставок рассматривает следующие вопросы:

   a) Цепи поставок и жизненный цикл изделий
   b) Цепи поставок и экология
   c) Цепи поставок и планирование производства
   d) Цепи поставок и общества

7. К тенденциям развития управления цепями поставок относятся:

   a) Повышение гибкости цепей поставок
   b) Использование Интернет-технологий
   c) Внедрение ERP-систем
   d) Управление долгосрочным развитием цепей поставок

Для успеха не нужно быть умнее других –
нужно просто быть на день быстрее большинства.

Лео Сциллард

Важно не то место, где мы находимся,
а то направление, куда мы движемся.

Л.Н. Толстой

Глава 7. Адаптивные цепи поставок

В данной главе представлены основы разработанной нами концепции адаптивных цепей поставок (A-SCM) [96, 231]. Концепция A-SCM основана на установлении фундаментальных взаимосвязей между базовыми концепциями управления поставками и разработки на их основе целостной концепции управления адаптивными цепями поставок. Концепция A-SCM, с одной стороны, содержит теоретические и методологические основы систематизированного представления тенденций развития реальной практики управления цепями поставок, а с другой стороны предлагает и новые технологии поддержки принятия решений, которые могут способствовать развитию адаптивных цепей поставок на практике. Практической целью управления адаптивными цепями поставок является создание комплекса методических и инструментальных средств, направленных на повышение доходности бизнеса за счет производства соответствующей спросу продукции с минимальными затратами на основе повышения гибкости, скорости реакции и адаптивности цепей поставок.

7.1. Основы концепции адаптивных цепей поставок

Необходимость развития концепции управления адаптивными цепями поставок, ее важность и актуальность обусловлены современными рыночными тенденциями, которые обусловливают новые требования к цепям поставок (см. рис. 7.1).

Рыночные тенденции :

- Ориентация на клиента
- Индивидуализация продукции
- Глобализация
- Усиление конкуренции

Требования к цепям поставок:

- Сокращение цикла поставок
- Повышение уровня сервиса
- Снижение затрат
- Повышение устойчивости

Цепи поставок должны быть:

- Гибкие
- Адаптивные
- Быстрореагирующие
- Устойчивые
- Развивающиеся

За счет:

- Координации
- Запаса устойчивости
- Модульности
- Ключевых компетенций
- Гибкости

Рис. 7.1. Необходимость развития концепции управления адаптивными цепями поставок, ее важность и актуальность

Концепция адаптивных цепей поставок основана на интеграции трех концепций: собственно управление цепями поставок (Supply Chain Management), виртуальные предприятия/гибкие цепи поставок (Agile Supply Chains) и управление долгосрочным развитием цепей поставок (Sustainable Supply Chain Management) (см. рис. 7.2).

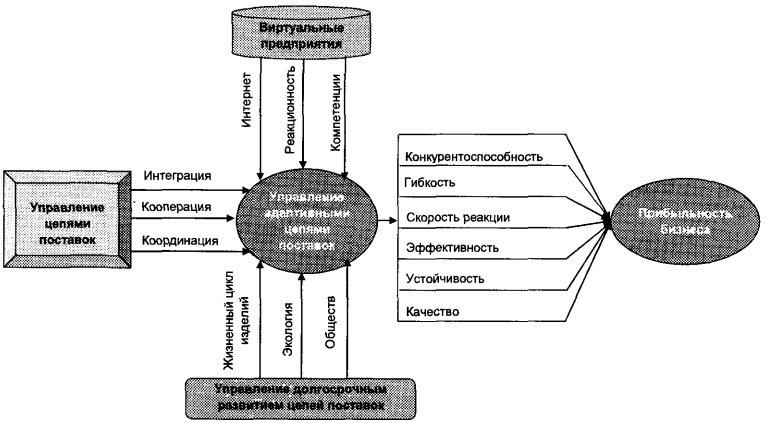


Рис. 7.2. Базовые элементы управления адаптивными цепями поставок [96]

В цепях поставок решение о принятии или отклонении заказа осуществляется исходя из имеющейся *стабильной структуры* цепи поставок. Как уже отмечалось в главе 6, в последние годы широко развивается направление повышения структурной гибкости цепей поставок с возможностью *формирования новых структур* с учетом индивидуальных характеристик заказа, изменения объемов поставок или при необходимости внесения оперативных изменений в ход выполнения уже запущенных заказов. *Основной целью* является повышение уровня сервиса за счет увеличения скорости реакции на заказы потребителей, гибкости относительно продуктовой программы, а также снижение затрат.

В большинстве случаев, предлагаемые концепции основаны на введении определенной избыточности в организационной, функциональной, информационной и технологической структурах для учета неопределенности. Эта идея основана на концепции гибких (agile) цепей поставок. Недостатком в концепции гибких (agile) цепей поставок является то, что создаваемая избыточность для повышения уровня сервиса приводит и к увеличению затрат. Тем не менее, виртуальные предприятия/гибкие цепи поставок расширяют возможности управления цепями поставок на основе создания единого информационного пространства с использованием Интернет-технологий и повышения гибкости/реакции на требования рынка на основе развития ключевых компетенций и формирования долгосрочных бизнес-альянсов.

В концепции управления адаптивными цепями поставок три ее основных компонента: управление цепями поставок, виртуальные предприятия/гибкие цепи поставок и управление долгосрочным развитием цепей поставок не противопоставляются друг другу, а дополняют друг друга. Управление цепями поставок является методологической основой интеграции (организационной: поставщики и клиенты; функциональной: межорганизационные бизнес-процессы; управленческой: стратегические, тактические и оперативные решения), кооперации и координации. Виртуальные предприятия/гибкие цепи поставок расширяют возможности управления цепями поставок на основе создания единого информационного пространства с использованием Интернет-технологий и повышения гибкости/реакции на требования рынка на основе развития ключевых компетенций и формирования долгосрочных бизнес-альянсов. Управление долгосрочным развитием цепей поставок позволяет интегрировать допроизводственные и послепродажные ста-

дии жизненного цикла изделий, а также экологические и социально-политические аспекты в управление цепями поставок.

Основными преимущества адаптивных цепей поставок по сравнению с концепциями традиционных цепей поставок и виртуальных предприятий являются:

- Гибкость, непрерывная адаптация к требованиям рынка,
- Создание интегрированного бизнес-процесса, объединяющего этапы отношений с клиентом, прогнозирования, планирования, пополнения запасов, дистрибуции и изготовления продукции,
- Непрерывный информационный обмен актуальными данными,
- Учет оперативных изменений и поддержка принятия решений в случае и отклонений нарушений в цепи поставок.

Управление адаптивными цепями поставок основано на взаимодействии трех основных движущих сил: продуктов, клиентов и поставщиков (см. рис. 7.3).

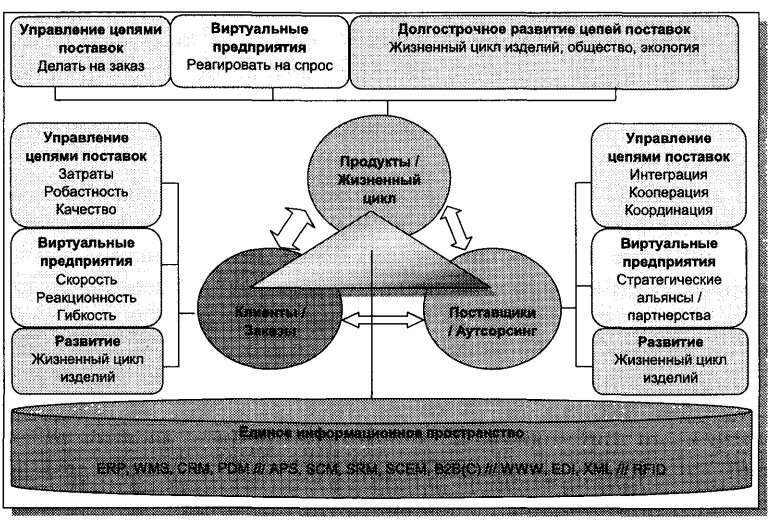


Рис. 7.3. Движущие и обеспечивающие элементы управления адаптивными цепями поставок

В концепции управления адаптивными цепями поставок три основные движущие силы: продукты, клиенты и поставщики представлены элементами управления цепями поставок, виртуальных предпри-

ятий/гибких цепей поставок и управления долгосрочным развитием цепей поставок. Кроме того, все обеспечивающие элементы взаимосвязаны друг с другом в рамках единого информационного пространства. Информационные технологии в данном случае выступают в качества четвертой, обеспечивающей движущей силы.

7.2. Определение адаптивных цепей поставок и управления адаптивными цепями поставок

Термин адаптивная цепь поставок уже встречался ранее в специальной литературе, но использовался в очень узком смысле: моделирования цепей поставок с помощью мультиагентных систем и адаптация цепей поставок в случае возникновения отклонений от плана. Рассматриваемая нами концепция значительно шире.

Управление адаптивными цепями поставок является целостной бизнес-стратегий, направленной на повышение конкурентоспособности и доходности компаний на основе производства продукции в соответствии с требованиями рынка и с минимальными затратами. Основой повышения эффективности бизнеса является повышение гибкости, увеличение скорости реакции на рыночные изменения и повышение устойчивости цепей поставок за счет введения определенной избыточности структур цепей поставок, расширенной информационной координации и непрерывного улучшения/адаптации цепей поставок.

Управление адаптивными цепями поставок является целостной бизнес стратегий, направленной на повышение конкурентоспособности и доходности компаний на основе производства продукции в соответствии с требованиями рынка и с минимальными затратами.

Адаптивная цепь поставок – это производственно-логистическая сеть, в которой множество предприятий (изготовителей, складов, дистрибуторов, 3PL и 4PL провайдеров, экспедиторов, оптовой и розничной торговли)

- взаимодействуют в области синхронизации материальных, финансовых и информационных потоков от источников исходного сырья до конечного потребителя вдоль всей цепи создания стоимости продук-

та и послепродажного обслуживания с целью своевременного обеспечения материалами, преобразования этих материалов в конечный продукт, продажи этого продукта, проектирования новых изделий и осуществления послепродажного обслуживания и утилизации продукции,

- используют все современные методы и технологии, чтобы сделать цепь поставок гибкой, быстро реагирующей на изменения рынка, устойчивой относительно влияния факторов неопределенности, эффективной и конкурентоспособной с целью повышения уровня сервиса, минимизации затрат и повышения прибыльности бизнеса.

В таблице 7.1 представлены особенности управления адаптивными цепями поставок на основе сравнения их с традиционными цепями поставок.

Таблица 7.1.

Основные этапы принятия решений в управление традиционными и адаптивными цепями поставок

Уровни принятия решений	Исходные данные	Задачи управления цепями поставок	
		Традиционные цепи поставок	**Адаптивные цепи поставок (АЦП)**
Формирование структуры ЦП Стратегический уровень (несколько лет)	Планы маркетинга (продуктовая программа) Финансовый план (цели по доходности) Стратегия координации	Сколько дистрибуционных центров, заводов и т.д., какой мощности, для какой продукции и где необходимо? Выбор поставщиков и их распределение по заводам и распределительным центрам – ***стабильные долгосрочные безальтернативные структуры***	То же, но с построением «виртуального пространства» - т.е инф. база по альтернативным поставщикам и возможностям аутсорсинга – ***динамические альтернативные структуры***
Тактическое планирование заказов в ЦП	Структура поставщиков в ЦП Структура про-	Прогнозирование спроса Планирование:	То же, но этот уровень менее ярко выраженный, т.к. АЦП ориентированы

Тактический уровень (3 месяца – 1 год)	изводственных, складских и транспортных мощностей ЦП *(данные стратегического уровня)*	производственной программы, запасов, дистрибуции, транспортировки, поставок, производства, закупок (пополнения запасов)	на быструю реакцию и гибкость относительно заказов потребителей; этот уровень трудно отделить от оперативного уровня.
Оперативное планирование и управление (регулирование) заказов Оперативный уровень (1 день – 1 неделя)	Прогноз спроса Производственная программа План дистрибуции План поставок План производства План закупок *(данные стратегического и тактического уровней)*	Планирование заказов Мониторинг ЦП Реконфигурирование и адаптация ЦП (оперативное перераспределение ресурсов, изменение сроков поставки, структурное реконфигурирование, изменение уровня запасов и т.д.) ***Решения на имеющейся структуре ЦП***	То же, но с возможностью выбора из альтернативных структур (особенно важно в случае колебаний спроса, заказов технологически новых продуктов, нарушений в процессе выполнения работ в ЦП) - *повышение гибкости и скорости реакции за счет возможности* ***решений на альтернативных структурах***

7.3. Структурно-функциональный резерв адаптивных цепей поставок

Одним из основных отличий адаптивных цепей поставок от традиционных цепей поставок является создание *дополнительного структурно-функционального резерва* из различных альтернативных поставщиков для возможности оперативного маневра с целью учета колебаний спроса, заказов технологически новых продуктов, нарушений в процессе выполнения работ в цепи поставок [255].

Если в традиционной цепи поставок решение о принятии или отклонении заказа осуществляется исходя из имеющейся *стабильной структуры цепи поставок*, то в адаптивной цепи поставок существует возможность *формирования новых структур* с учетом индивидуальных характеристик заказа, изменения объемов поставок или при необходимости внесения оперативных изменений в ход выполнения уже запущенных заказов. В адаптивной цепи поставок основной целью является повышение уровня сервиса за счет увеличения скорости реакции на заказы потребителей, гибкости относительно продуктовой программы, а также снижение затрат.

Помимо указанного выше структурно-функционального резерва, адаптивные цепи поставок основаны также на введении определенной избыточности в организационной, функциональной, информационной и технологической структурах для учета неопределенности. Эта идея основана на концепции гибких (agile) цепей поставок. Недостатком в концепции гибких (agile) цепей поставок является то, что создаваемая избыточность для повышения уровня сервиса приводит и к увеличению затрат. Особенностью же предложенной концепции адаптивных цепей поставок является именно введение структурно-функционального резерва из идеологии виртуальных предприятий в дополнение к процессно-ориентированной избыточности.

Основная идея при этом состоит в следующем: *снизить размер избыточности на этапе планирования (снизив тем самым затраты) и обеспечить тем не менее необходимый уровень сервиса за счет введения оперативного структурно-функционального резерва.*

Основная идея структурно функционального резерва цепи поставок состоит в следующем: снизить размер избыточности на этапе планирования (снизив тем самым затраты) и обеспечить тем не менее необходимый уровень сервиса за счет возможности оперативной адаптации структур и функций цепи поставок.

Создание такого резерва, безусловно, также сопряжено с определенными затратами. Но во многих случаях эти затраты ниже, чем создание значительной избыточности цепей поставок (страховых запасов, дополнительных мощностей и т.д.) на этапе планирования. Открытым на сегодняшний день остается вопрос об оценке эффективности решений нахождения оптимального баланса между (а) затратами, связанными с

избыточностью цепи поставок, (б) затратами, связанными со структурно-функциональным резервом цепи поставок и (в) уровнем сервиса цепи поставок. Эти вопросы в настоящее время получают развитие в нашей исследовательской группе.

Необходимо нахождение оптимального баланса между затратами, связанными с избыточностью цепи поставок, затратами, связанными со структурно-функциональным резервом цепи поставок и уровнем сервиса ЦП.

Адаптивные цепи поставок являются последней на сегодняшний день стадией развития управления цепями поставок, после традиционных цепей поставок и виртуальных предприятий. Традиционные цепи поставок характеризуются стабильной структурой поставщиков, «закрытыми» информационными системы и долгосрочной производственной программой. Акцент в управлении этими цепями поставок делается, прежде всего, на планирование. Вопросы оперативного управления и регулирования остаются достаточно слабо проработанными.

Адаптивная цепь поставок обладает дополнительными возможностями по адаптации к изменениям и отклонениям в процессе реализации выполнения заказов. Она отличается большей функциональной и структурной динамикой и более широким использованием Интернет-технологий, развивая тем самым идею виртуальных предприятий в части гибкости реакции на требования рынка и создания мощного единого информационно-коммуникационного пространства для участников цепи поставок. Адаптивные цепи поставок, взяв лучшее из концепций традиционных цепей поставок и виртуальных предприятий, соответствуют реалиям практического бизнеса. Цепь поставок может быть названа адаптивной, если она может адаптироваться к:

- изменениям рыночных требований и влиянию факторов неопределенности,
- оперативным изменениям и отклонениям в ходе выполнения работ в цепи поставок,
- внутренним изменениям в самой цепи поставок

за счет создания определенной избыточности для учета неопределенности, дополнительного структурно-функционального резерва формирования и перепланирования цепей поставок и расширенной информационной координации с использованием Интернет-технологий.

7.4. Практическое внедрение управления адаптивными цепями поставок

В процессе реализации управления цепями поставок на практике, менеджеры задают, по сути, одни и те же вопросы, которые приведены ниже:

- "В существующей цепи поставок мы не можем достаточно гибко реагировать на внеплановые заказы и индивидуальные технологические и экономические требования клиентов, т.к. мы не можем быстро найти возможность аутсорсинга новых компонент изделия или быстрого приобретения стандартных компонент в больших объемах".
- "Мы осознаем всю важность интеграции стадий проектирования изделий и их послепродажного обслуживания в наши цепи поставок, но не имеем ни методик, ни технологий для этого".
- "Мы готовы инвестировать в новые информационные технологии для улучшения координации с поставщиками и клиентами, но как нам определить баланс между размером инвестиций и эффектом от улучшения координации?"
- "Мы стоим перед фактом, что наши цепи поставок, спроектированные пять лет назад, не соответствуют современным рыночным требованиям".
- "Наши цепи поставок являются прибыльными, если не возникает более или менее серьезных отклонений и нарушений. Но они не являются устойчивыми и начинают быть убыточными, если происходит что-то серьезное. Фирма, которая проектировала наши цепи поставок, не предоставляет никаких методик и технологий поддержки принятия решений в случае нарушений в работе цепи поставок".

Именно улучшение этих аспектов и стало отправной точкой в развитии концепции управления адаптивными цепями поставок.

Прежде, чем перейти к описанию шагов для внедрения концепции управления адаптивными цепями поставок, мы считаем целесообразным остановиться на вопросе организационной структуры адаптивной цепи поставок (рис. 7.4).

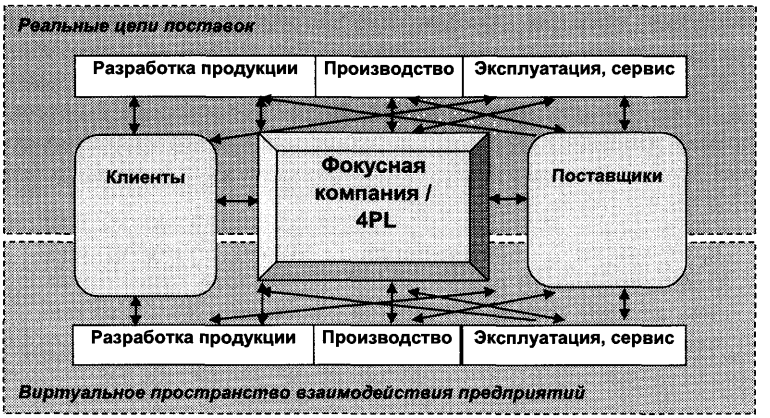


Рис. 7.4. Организационная структура адаптивной цепи поставок

Организационная структура адаптивной цепи поставок состоит из владельца цепи поставок (фокусной компании или 3PL/4PL провайдера), клиентов и поставщиков. В рамках организационной структуры адаптивной цепи поставок выделены области функционирования реальных цепей поставок и виртуальное пространство взаимодействия предприятий.

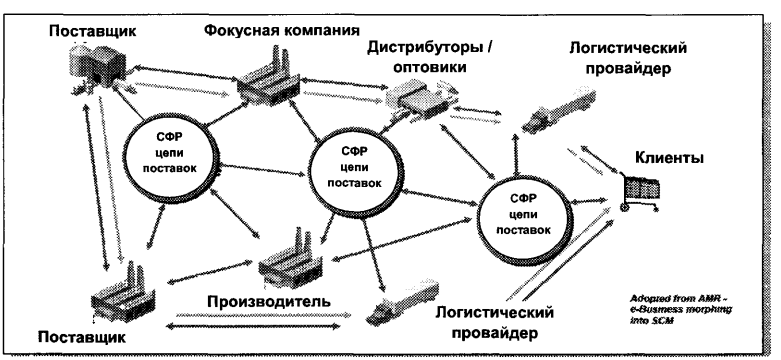


Рис. 7.5. Области функционирования реальных цепей поставок и виртуальное пространство взаимодействия предприятий

В пространстве реальных цепей поставок осуществляется взаимодействие владельца цепи поставок с клиентами и поставщиками в рамках

выполнения реальных заказов. Виртуальное пространство служит структурно-функциональным резервом (СФР) адаптации цепей поставок, а также средой совместной с поставщиками и клиентами разработки и проектирования новых изделий. В случае различных изменений, например, изменений спроса или необходимости введения/производства новых продуктов на рынок структурно-функциональный резерв активируется для адаптации цепи поставок.

Виртуальное пространство служит структурно-функциональным резервом (СФР) адаптации цепей поставок, а также средой совместной с поставщиками и клиентами разработки и проектирования новых изделий.

Рассмотрим *основные шаги* перехода к управлению адаптивными цепями поставок.

Шаг 1. Расширение имеющихся цепей поставок в направлении гибкости/виртуальности

1.1. Создание стратегических альянсов на основе ключевых компетенций для повышения структурно-функциональной гибкости цепей поставок с целью повышения скорости реакции на изменения и устойчивости цепей поставок.

1.2. Создание единого информационного пространства на основе Интернет-технологий с целью повышения эффективности межорганизационной координации.

1.3. Проектирование гибких цепей поставок, от бизнес-процессов до информационной координации.

Шаг 2. Расширение гибких цепей поставок в направлении долгосрочного развития цепей поставок

2.1. Интеграция клиентов и поставщиков в проектировании продукции (переход make-to-order → engineer-to-order → develop to order: делать на заказа → индивидуализировать на заказ → проектировать на заказ).

2.2. Интеграция послепродажных стадий жизненного цикла изделий в управление цепями поставок

2.3. Интеграция участников послепродажных стадий жизненного цикла изделий в управление цепями поставок

2.4. Создание единого информационного пространства на основе Интернет-технологий с целью повышения эффективности межорганизационной координации.
2.5 Проектирование долгосрочного развития цепей поставок, от бизнес-процессов до информационной координации.

Шаг 3. Целостная взаимная интеграция цепей поставок, виртуальности и управления долгосрочным развитием цепей поставок

При внедрении *управления адаптивными цепями поставок* необходимо особое внимание обратить на следующие аспекты:

- Уровень доверия и долгосрочность партнерств и альянсов,
- Сквозное документирование бизнес-процессов и проектов, например, на основе SCOR, ISO, SPEC и CALS-стандартов),
- Унификация данных в рамках электронных каталогов, соединенных с ERP-системой и PDM-системой.
- Интеграция ERP/APS (Advanced Planning Systems) систем в общую информационную архитектуру,
- Интеграция SCEM (Supply Chain Event Management) систем в общую информационную архитектуру,
- Максимальная простота информационной архитектуры относительно мест стыковки различных систем и обслуживания этих систем людьми для достижения максимального уровня актуальности данных и наличия необходимой информации.

На рис. 7.5 представлено *дерево целей* управления адаптивными цепями поставок. Дерево целей показывает основные движущие силы управления адаптивными цепями поставок: интеграцию, координацию, виртуальность, жизненный цикл изделий и общественные интересы. Эффективное взаимодействие этих движущих сил способно сделать цепи поставок гибкими, быстро реагирующими на изменения рынка, эффективными с точки зрения затрат, устойчивыми и производящими качественные товары для достижения максимальной прибыльности и обеспечения тем самым доходности, конкурентоспособности и долгосрочного развития бизнеса.

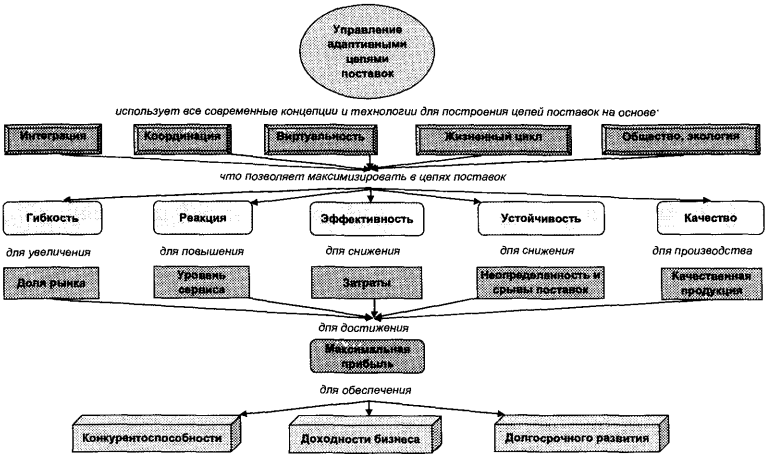


Рис. 7.5. Дерево целей управления адаптивными цепями поставок

На рис. 7.6 представлено обобщенное описание реализации адаптивных цепей поставок на практике.

Представленное на рис. 7.6 обобщенное описание реализации адаптивных цепей поставок на практике характерно для многих отраслей. Основная идея здесь состоит в следующем: часть операций в цепи поставок является стабильной, а другая часть формируется на основе выбора из нескольких альтернатив, что позволяет:

- гибко реагировать на индивидуальные требования клиентов к продукции,
- быстро запускать новые продукты на рынок,
- продолжать выполнение работ в цепи поставок даже в случае технологических или информационных сбоев и отклонений,
- сглаживать негативные последствия колебаний спроса.

Возможности использования концепции управления адаптивными цепями поставок весьма широки и актуальны для многих отраслей промышленности (в первую очередь, ориентированных на спрос индивидуальных потребителей: автомобилестроение, электротехника, легкая промышленность, потребительские товары, фармацевтическая промышленность), грузовых и пассажирских перевозок, а также провайдеров логистических услуг.

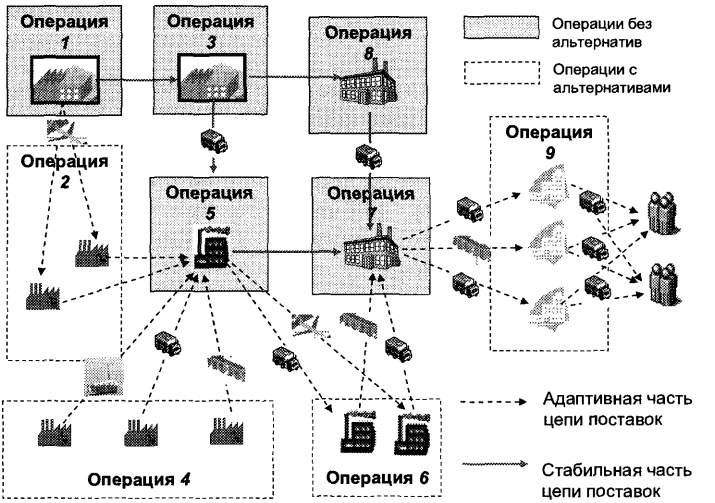


Рис. 7.6. Обобщенное описание реализации адаптивных цепей поставок на практике

Основная идея практического применения A-SCM состоит в следующем: часть операций в ЦП фиксируется и является стабильной, а другая формируется динамически на основе выбора из нескольких альтернатив, что позволяет:

- **гибко реагировать на индивидуальные требования клиентов к продукции,**
- **быстро запускать новые продукты на рынок,**
- **продолжать выполнение работ в цепи поставок даже в случае технологических или информационных сбоев и отклонений,**
- **сглаживать негативные последствия колебаний спроса.**

Особенно эффективным является построение адаптивных цепей поставок в тех цепях поставок, целью которых является максимизация уровня логистического сервиса и точности поставок. Основными предпосылками для внедрения адаптивных цепей поставок является уровень доверия между участниками цепи поставок и готовность к инвестициям в информационные технологии, а также к их ежедневной эксплуатации. Важным фактором успех внедрения адаптивных цепей поставок являет-

ся гибкость и адаптивность менеджеров компаний-участников цепей поставок.

В первую очередь, адаптивные цепи поставок предназначены для отраслей промышленности, ориентированных на спрос индивидуальных потребителей (автомобилестроение, электротехника, легкая промышленность, потребительские товары, фармацевтическая промышленность), грузовых и пассажирских перевозок, а также провайдеров логистических услуг.

Для достижения наилучших результатов в управлении цепями наиболее передовые предприятия проектируют такие цепи поставок, которые могут быстро реагировать на изменения рынка. Гибкость является одним из решающих критериев в управлении цепями поставок вследствие все возрастающих колебаний в спросе и предложении. Большинство фирм в данных решениях рассматривают затраты и скорость реакции как два конкурирующих критерия – или дешево и медленно, или дорого и быстро. Преимуществом же адаптивных цепей поставок является возможность быстрой реакции на требования потребителей и повышения уровня сервиса без значительного увеличения затрат.

Разработанная концепция управления адаптивными цепями поставок, модели и алгоритмы решения задач управления цепями поставок реализованы также в виде программных средств на основе комбинирования оптимизации, эвристик и имитационного моделирования: в специально разработанном программном продукте Supply Network Dynamics Control и широко известном в мире программном продукте AnyLogic, интегрирующем в себе различные методы имитационного моделирования: дискретно-событийное моделирование, системную динамику и агентное моделирование[1]. Данная оптимизационная среда интегрирована с ИТ-инфраструктурой управления цепями поставок, состоящей из Web-платформы, ERP системы и монитора цепей поставок. Представленная информационная архитектура относится к концепциям Supply Chain Event Management и Supply Chain Design Management.

[1] См. главы 17 и 18.

7.5. Пример реализации управления адаптивными цепями поставок в EVCM[2]

В данном параграфе развивается идея создания *дополнительного структурно-функционального резерва* из различных альтернативных поставщиков для возможности оперативного маневра с целью учета колебаний спроса, заказов технологически новых продуктов и нарушений в процессе выполнения работ в цепи поставок. Данная идея проиллюстрирована на примере концепции EVCM (Extended Value Chain Management – управление расширенной цепью создания стоимости) [171, 255].

EVCM основана на концепции неиерархических региональных производственных сетей. Цепь создания стоимости формируется за счет образования «компетенц-единиц», способных на основании координации ресурсов произвести конечный продукт, т.е. сформировать цепь поставок. В качестве компетенц-единицы может выступать как самостоятельное предприятие, так и отдельные подразделения (цеха, склады и т.д.), обладающие четко выраженными компетенциями. В основу данной концепции положены принципы построения биологических систем, заключающиеся в наследовании компетенц-единицами позитивных свойств с помощью процессов самоорганизации в различных конфигурациях виртуальной сети. Общая структура неиерархической региональной производственной сети представлена на рис. 7.7.

В концепции EVCM выделяются три основных этапа функционирования сети:

1. Формирование долгосрочного стратегического регионального альянса предприятий, в котором концентрируются доступные ресурсы в регионе,
2. Синтез множества альтернативных цепей поставок из этого множества ресурсов с учетом их актуальных показателей (загрузка, затраты, сроки поставок),
3. Синтез из множества альтернативных цепей поставок реальных цепей поставок для определенных заказов клиентов.

На этапах 1 и 2 как раз и формируется структурно-функциональный резерв цепи поставок.

---

[2] Данный параграф написан совместно с профессором Тобиасом Тайхом.

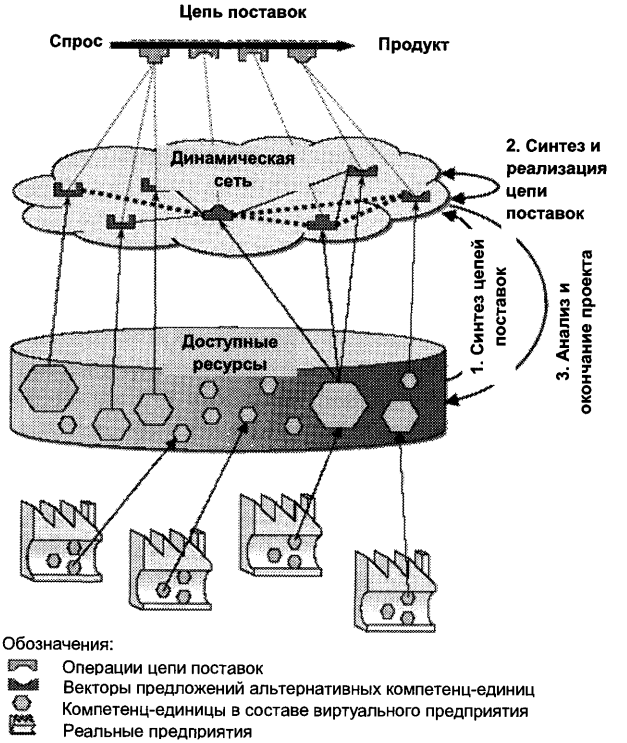
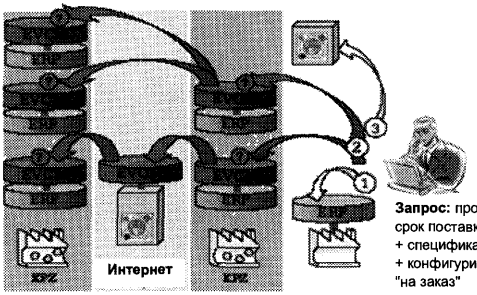


Рис. 7.7. Общая структура неиерархической региональной производственной сети [171, 185]

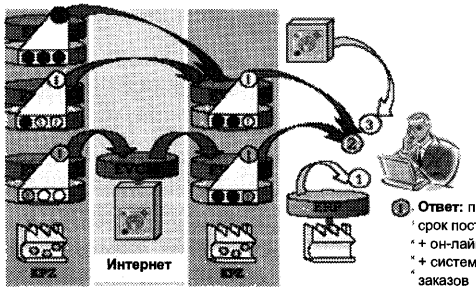
Одной из главных задач, решаемых в концепции EVCM, является разработка такой бизнес-концепции и интегрированного информационного пространства для управления процессами координации, которые бы позволили в оперативном режиме осуществлять прием заказа клиента, проверку возможности его выполнения и распределение работ по выполнению данного заказа между отдельными предприятиями-участниками цепи поставок с привлечением альтернативных поставщиков из виртуального структурно-функционального резерва ЦП.

Бизнес-концепция EVCM представлена на рис. 7.8. [171]. Логика работы EVCM такова: когда клиент размещает запрос на поставку того или иного продукта, то:

1. Определяется наличие этого продукта на складе или возможность поставки на основе имеющихся запасов в производстве (проверка доступности по методике ATP-Available-to-Promise и CTP – Capable-to-Promise),
2. В случае, если с помощью имеющейся структуры цепи поставок невозможно выполнить заказ, происходит проверка возможности привлечения альтернативных поставщиков из структурно-функционального резерва цепи поставок. Такую проверку возможно провести очень быстро (в течение нескольких минут) на основе единого информационного пространства и актуальной информации и доступных ресурсах и компетенциях.



а) Процесс обработки запроса клиента



б) Процесс принятия решения о возможности выполнения запроса клиента

Рис. 7.8. Бизнес-концепция EVCM

Возможные варианты цепи поставок представляются в виде направленного графа. Каждый вариант цепи поставок содержит корневую вершину, компетенц-единицы для выполнения определенных работ и конечную вершину. Данная модель представлена на рис. 7.9 [171].

Рисунок 7.9 показывает модель производственно-логистической сети с альтернативными вариантами построения цепей поставок (или логистических цепей – ЛЦ). На каждом шаге существуют различные альтернативы производства и транспортировки, которые необходимо оценить с помощью алгоритма.

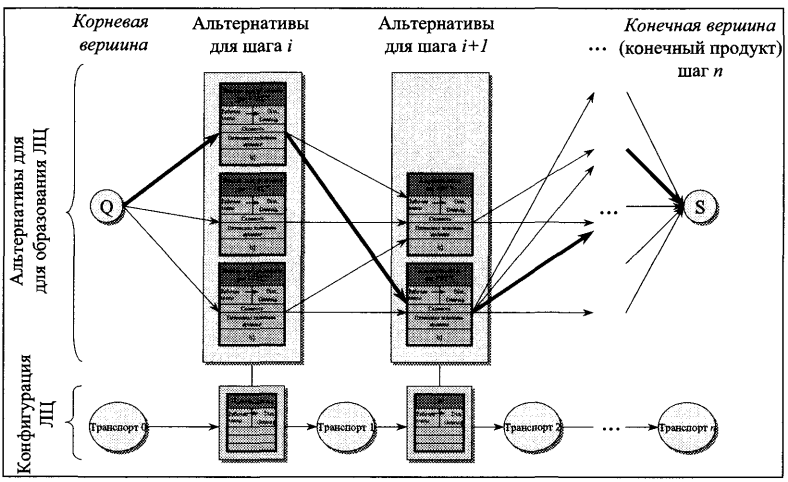


Рис. 7.9. Модель производственно-логистической сети с альтернативными вариантами построения цепей поставок

Следует отметить, что не все компетенц-единицы могут выступать в качестве альтернатив. Причинами этого могут являться несоответствия в сроках поставки и особенности кооперационных связей. Для описания каждой компетенц-единицы применяется вектор предложения, содержащий всю информацию об ее актуальных показателях. При этом отражаются как показатели внутренней деятельности компетенц-единицы, так и ее роли в общей сети (см. рис. 7.10).

Для решения проблемы выбора наилучшей конфигурации цепи поставок на основе многокритериального запроса клиента предлагается использовать метод ACO-оптимизации, который эффективно использу-

ется в настоящее время в задачах планирования маршрутов и расписаний в телекоммуникациях, что позволяет относить его к наиболее перспективным методам в области моделирования сложных производственных систем/сетей [17, 43, 171, 230]. Метод использует поведение муравьев как существ, осуществляющих коммуникации друг с другом для координации своей деятельности. Они в состоянии найти кратчайший путь от гнезда до источника питания за минимальное время (см. главу 13).

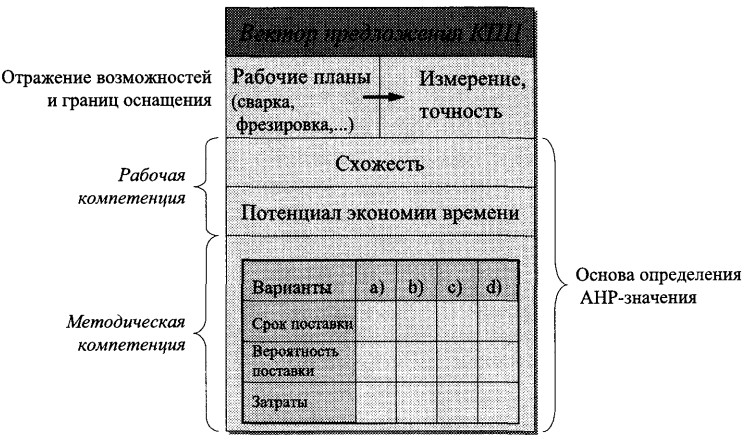


Рис. 7.10. Вектор предложения компетенц-единицы [171]

Результатом работы EVCM является решение о возможности выполнение заказа с требуемыми параметрами на основе координации ресурсов в цепи поставок. Если это возможно, то клиенту на Web-сайте выдается ответ о возможности выполнения заказа с его параметрами. Если выполнение заказа в соответствие с требованиями заказчика невозможно, то проверяются и предлагаются клиенту альтернативные возможности выполнения заказа (например, изменение срока поставки или стоимости заказа), или сообщается о невозможности выполнения заказа с параметрами, близкими к требованиям заказчика. Представленная модель является средой процессной и информационной интеграции участников цепи поставок и служит для координации кооперируемых предприятий.

В заключение остановимся на информационной составляющей EVCM (см. рис. 7.11). Информационная архитектура EVCM построена

на основе общих баз данных о предприятиях-участниках, их функциональных возможностях (компетенциях) и технологических операциях. Доступ к указанным БД осуществляется через Интернет, на специально разработанном вэб-сайте.

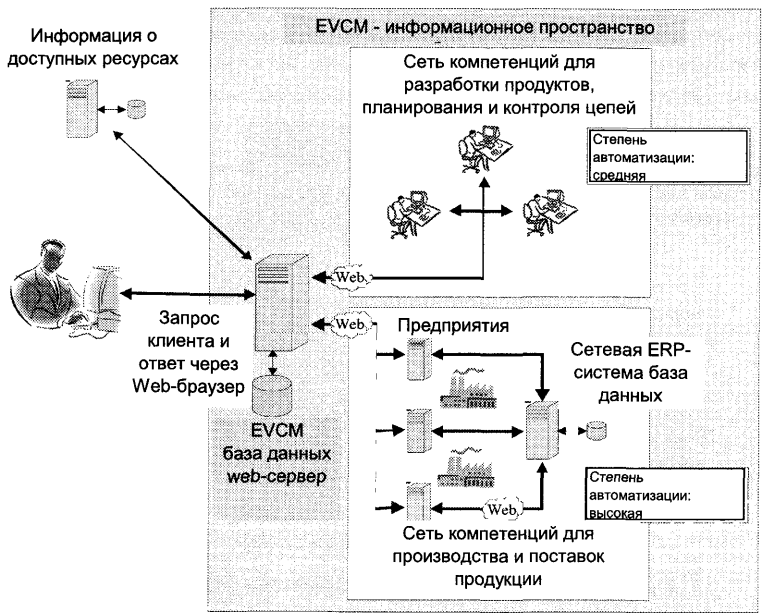


Рис. 7.11. Информационная архитектура EVCM [171]

Функциональное «ядро» EVCM составляют сетевая (т.е. доступная для всех участников цепи поставок) система класса ERP, в которой хранятся и актуализируются данные по технологии и выполнению отдельных процессов и сетевая база данных, в которой сохраняется информация об агентах-участниках цепи поставок. Именно это функциональное «ядро» отвечает за управление заказами клиентов и определение возможностей их эффективной реализации агентами цепи поставок. В настоящее время, EVCM используется в ряде производственных сетей и виртуальных предприятия, например, сети предприятий текстильной и легкой промышленности *"EURO Textil Region" (www.eurotextilregion.de)*, объединяющей более 1400 предприятий Германии, Чехии и Польши.

Контрольные вопросы

1. Какие основные концепции вошли в управлении адаптивными цепями поставок:

   a) Гибкие цепи поставок
   b) Управление цепями поставок
   c) Управление персоналом
   d) Управление долгосрочным развитием цепей поставок

2. В чем заключаются особенности управления адаптивными цепями поставок:

   a) В использовании информационных технологий
   b) В создании структурно-функционального резерва
   c) В интеграции управления цепями поставок и виртуальных предприятий
   d) В рассмотрении цепей поставок как статичных и неизменяемых систем

3. Что является движущими силами адаптивных цепей поставок?

   a) Подукты
   b) Бизнес-процессы
   c) Поставщики
   d) Клиенты

4. В адаптивных цепях поставок концепция управления цепями поставок усилена за счет:

   a) Использования Интернет-технологий по модели виртуальных предприятий
   b) Координации участников цепи поставок
   c) Интеграции до- и послепроизводственных стадий жизненного цикла изделий
   d) Повышения гибкости цепей поставок

5. Эффективность бизнеса при применении адаптивных цепей поставок повышается за счет:

   a) Повышения гибкости и скорости реакции цепей поставок

b) Повышения устойчивости цепей поставок
c) Внедрения дополнительных информационных технологий
d) Интеграции стадий разработки, производства и эксплуатации продукции

6. Структурно-функциональный резерв предназначен для:

a) Возможности оперативной адаптации структур и функций цепи поставок
b) Создания стабилизационного фонда цепи поставок
c) Повышения гибкости цепи поставок относительно производимой продукции
d) Снижения устойчивости цепи поставок

7. При внедрении адаптивных цепей поставок на практике необходимо особое внимание уделять:

a) Уровню доверия между предприятиями
b) Максимальному количеству стыковок между информационными системами
c) Унификации, стандартизации и документированию технологических и бизнес-процессов
d) Целям и стратегии управления цепями поставок

Конкурируют не предприятия,
а цепи поставок.

Мартин Кристофер

Важно не то место, где мы находимся,
а то направление, куда мы движемся.

Лев Николаевич Толстой

ЧАСТЬ II

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК НА ПРАКТИКЕ

Вторая часть книги посвящена вопросам построения системы управления цепями поставок на практике. В ней рассматриваются следующие вопросы:

- Основные этапы внедрения управления цепями поставок на практике
- Изменение организационного мышления при управлении цепями поставок
- Что такое интеграция, координация и взаимодействие
- Что такое процессы
- С помощью каких методов можно идентифицировать и оптимизировать ключевые бизнес-процессы цепей поставок
- Какие существуют стратегии координации цепей поставок
- Как выбрать подходящую стратегию координации
- Роль информационных технологий для управления цепями поставок
- Информационные технологии для SCM и области их применения
- Практические аспекты внедрения информационных технологий для управления цепями поставок.

Взаимосвязь подсистем – начало согласия.

Спиноза

Кто не знает, куда идет,
вероятно, придет не туда.

Лоренс Питер

Глава 8. Основные этапы построения системы управления цепями поставок на практике

Данная глава является вводной ко второй части книги. В ней представлен обзор основных этапов построения системы управления цепями поставок на практике и их взаимосвязь. Каждый из этих этапов будет подробно рассмотрен в главах 9-12.

Процесс построения системы управления цепями поставок состоит из трех *основных блоков*:

Блок 1. Идентификация и описание цепей поставок.

Любой проект по построению системы управления цепями поставок необходимо начинать с ответа на следующий вопрос: *«Что такое мои цепи поставок?»*.

У каждого предприятия уже имеется определенная практика отношений с клиентами, поставщиками и внутрифирменного взаимодействия собственной структурой. Поэтому на первом этапе необходимо идентифицировать уже имеющиеся процессы с позиций управления цепями поставок.

Несмотря на все многообразие возможный вариантов структур цепей поставок, можно выделить 5 основных областей, совокупный анализ которых позволит идентифицировать цепи поставок и выявить их структуры: конкуренция, поставляемая и закупаемая продукция, производство и экспорт-импорт (см. рис. 8.1).

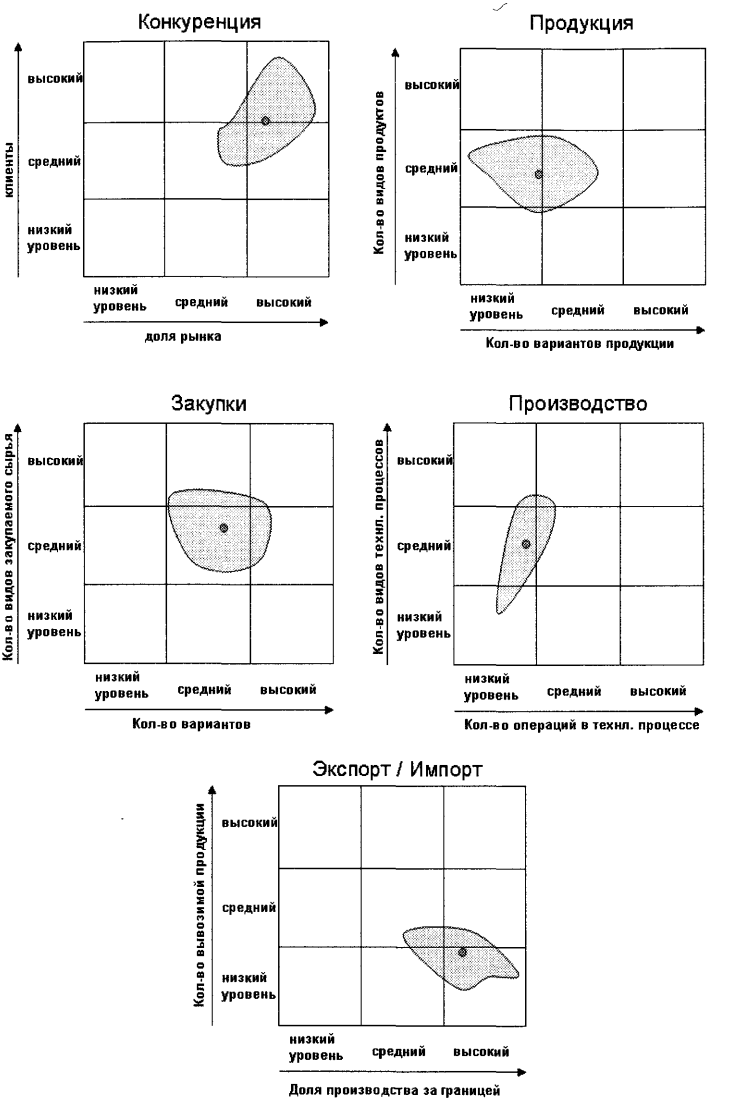


Рис. 8.1. Области идентификации цепей поставок

В каждой из областей выделено по два ключевых идентификатора:

- конкуренция: доля рынка и количество клиентов,
- поставляемая продукция: количество видов продукции и вариантов в каждом виде,
- закупаемая продукция: количество видов закупаемой продукции или материалов и вариантов в каждом виде,
- производство: количество технологических процессов и операций в каждом процессе (глубина производства) и
- экспорт-импорт: доля производства за границей и доля вывозимой продукции.

Сначала определяется место предприятия в каждой из пяти указанных областей, а потом происходит агрегирование полученных данных и получение рекомендаций по структуре цепи поставок. На рис. 8.2 представлено несколько примеров цепей поставок различных отраслей.

В настоящее время управление цепями поставок активно развивается в авиастроении, автомобилестроении, фармацевтики, телекоммуникациях, текстильной и легкой промышленности, у логистических провайдеров и в дистрибуционных центрах, в сфере товаров массового потребления (FMCG), розничной торговле, строительстве, здравоохранении, пищевой промышленности, в сфере высоких технологий.
В каждой их отраслей управление цепями поставок имеет свои акценты. Так, например, в автопроме наибольшее значение имею вопросы балансирования потребностей рынка и производственных мощностей, а также управление затратами в цепи поставок. Для FMCG сектора ключевыми являются вопросы поставок «без запасов», гибкости и использование мобильных ИТ. Для розничной торговли и легкой промышленности наиболее важными являются аспекты аутсорсинга, риска, взаимодействия и логистики возвратных потоков (reverse logistics). В авиастроении наибольшее значение придается этапу эксплуатации и сервису ЦП.

Нами разработана оригинальная методика экспресс-идентификации цепей поставок на основе агрегированного анализа пяти матриц (см. рис. 8.1). Данный экспресс-анализ требует последующего более глубокого детального анализа, но он задает так называемое «первое приближение». При идентификации цепей поставок важно помнить, что наряду с рассмотрением межорганизационных бизнес-процессов

необходима и синхронизация работы различных служб внутри предприятия.

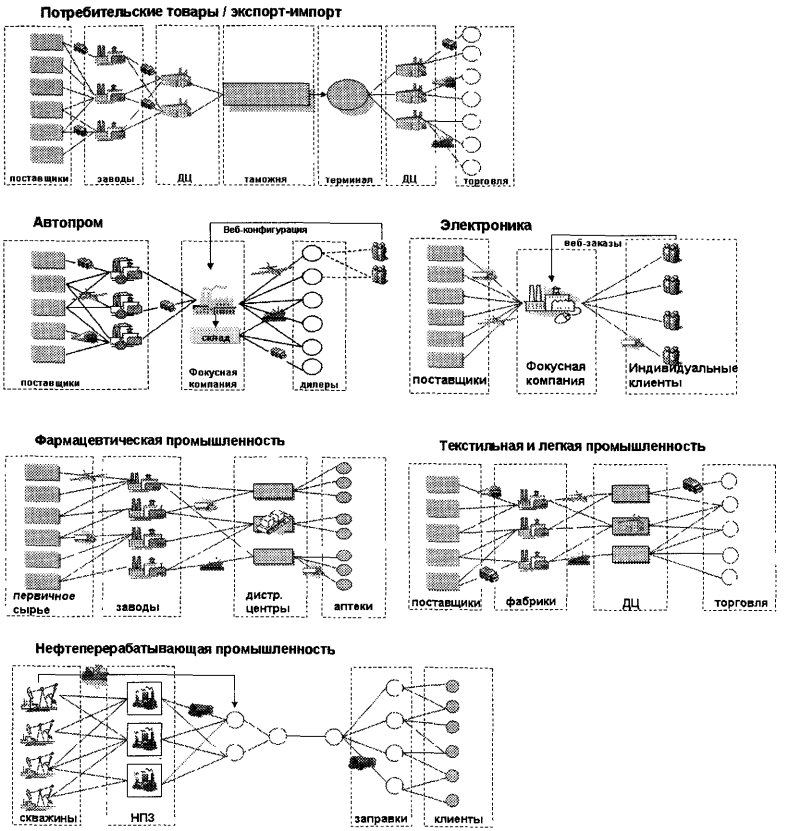


Рис. 8.2. Примеры цепей поставок различных отраслей

Блок 2. Анализ цепей поставок.

После описания цепей поставок необходимо провести их анализ. Основной целью анализа имеющихся цепей поставок является ответ на вопрос: *«Насколько эффективны мои цепи поставок?»*. Для ответа на этот

вопрос необходимо проанализировать расходы, связанные с функционированием цепей поставок, и доходы бизнеса.

Целью такого анализа является определение «узких мест» цепей поставок. Под «узкими местами» понимаются в данном случае источники излишних расходов и причины недополученных доходов, например:

- недополученный доход от продаж продукции вследствие низкого уровня сервиса, недостаточной точности поставок и ошибок прогнозирования спроса;
- излишние затраты вследствие высокого уровня запасов, высоких накладных и трансакционных издержек в закупках, складировании и сбыте, а также недостаточной степени использования производственных и логистических мощностей.

Для подобного анализа необходима комплексная модель цепи поставок, позволяющая детально проанализировать всю совокупность затрат и источников дохода, связанных с цепями поставок. Основой данного этапа может служить SCOR-модель в сочетании с другими методами контроллинга и моделирования бизнес-процессов.

Блок 3. Повышение эффективности бизнеса на основе построения системы управления цепями поставок.

Описав наши цепи поставок и проанализировав их, можно приступать к оптимизации цепей поставок, т.е. собственно построению системы управления цепями поставок. На данном этапе основным является вопрос: *«Что нужно сделать, чтобы повысить эффективность цепей поставок?»*. Для построения эффективной системы управления цепями поставок существует целый комплекс мер, который условно модно разделить на четыре *основных этапа* (см. рис. 8.3) [111]:

- организация межфирменных отношений взаимодействия;
- моделирование и реинжиниринг ключевых бизнес-процессов;
- разработка принципов построения и структуры системы интегрированного управления и координации цепей поставок;
- разработка концепции информационных технологий для управления цепями поставок.

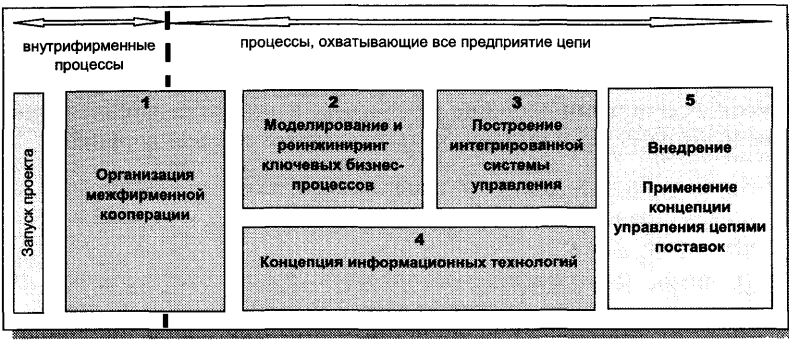


Рис. 8.3. Основные этапы построения системы управления цепями поставок на практике [111]

Построение системы управления цепями поставок состоит из четырех основных этапов: организация взаимодействия предприятий; реинжениринг ключевых бизнес процессов; создание системы координации цепей поставок; разработку концепции информационных технологий для управления цепями поставок.

Организация межфирменных отношений взаимодействия направлена на создание партнерских отношений между предприятиями-участниками цепи поставок, а также на изменение организационного мышления внутри предприятия в разрезе управления цепями поставок. На этапе организации системы управления цепями поставок решается комплекс задач, связанный с интеграцией внутрифирменных бизнес-процессов, установлением договорных отношений между предприятиями, выбором формы организации кооперационных и координационных отношений, выработкой системы целей кооперации и координации, определением ролей, ответственности и правил взаимодействия.

Этап *моделирования и реинжениринга ключевых бизнес-процессов* направлен на создание информационного портрета цепей поставок. Задачами данного этапа является выявление и описание межорганизационных бизнес-процессов с помощью специальных инструментальных средств моделирования бизнес-процессов. Помимо применения инструментальных средств моделирования, важной составляющей данного этапа является применение специальных методик, позволяющих

вскрыть источники формирования бизнес-процессов, определить их узкие места и произвести целенаправленное улучшение (реинжиниринг). С учетом сложности и неопределенности в цепях поставок особое значение приобретают вопросы оценки устойчивости бизнес-процессов относительно определенных классов возмущений, а также разработки механизмов перехода на альтернативную траекторию выполнения бизнес-процесса в случае отклонений от планового состояния. Важным элементом данного этапа является также разработка инструментальных средств для моделирования и оптимизация цепей поставок.

Целью этапа *разработки системы координации цепей поставок* является создание комплексных моделей планирования и оперативного управления цепями поставок. Решаемые при этом задачи состоят в выборе стратегии и создании концептуальных моделей управления цепями поставок, а также в постановке и формализации типовых задач управления цепями поставок. При создании комплексных моделей интегрированного управления цепями поставок особое значение приобретает системный учет факторов неопределенности с использованием специальной системы показателей, а также разработка методов решения задач планирования и управления цепями поставок с учетом их особенностей.

Этап разработки концепции *информационных технологий* является завершающим в построении системы управления цепями поставок. Создание единого информационного пространства (ЕИП), т.е. среды интегрированного планирования и управления всей цепью поставок, координации и коммуникации участников цепи поставок является важнейшей составляющей концепции управления цепями поставок. К основным составляющим единого информационного пространства для управления цепями поставок относятся система планирования (Supply Chain Planning) и оперативного управления (Supply Chain Execution). Тенденциями развития информационных технологий для управления цепями поставок является разработка систем класса E-SCM для работы с интернет-технологиями, а также обеспечение взаимодействия между различными классами систем, используемых различными участниками цепи поставок (Interoperability Tools).

В следующих главах этой части книги рассмотрим каждый из вышеназванных этапов построения системы управления цепями поставок на практике подробно.

Контрольные вопросы

1. Основными этапами построения системы управления цепями поставок на практике являются:

   a) Организация взаимодействия предприятий
   b) Проектирование транспортной инфраструктуры цепи поставок
   c) Внедрение информационных технологий
   d) Моделирование технологических процессов

2. Последовательность этапов построения системы управления цепями поставок на практике:

   a) Информационные системы, реинжиниринг бизнес-процессов, организация взаимодействия предприятий, система управления запасами
   b) Организация взаимодействия предприятий, реинжиниринг бизнес-процессов, система координации, информационные системы
   c) Организация взаимодействия предприятий, информационные системы, реинжиниринг бизнес-процессов, планирование производства
   d) Реинжиниринг бизнес-процессов, информационные системы, система координации, финансовое планирование

3. Этап разработки концепции информационных технологий для управления цепями поставок:

   a) Является отправной точкой в построении системы управления цепями поставок
   b) Эффективен после реинжиниринга бизнес-процессов
   c) Эффективен после разработки концепции интегрированного управления
   d) Завершает проект, т.к. является самой затратной частью проекта

Всякая перемена, даже к лучшему,
всегда сопряжена с неудобствами.

Ричард Хукер

Глава 9. Организация взаимодействия предприятий в цепях поставок

В данной главе будут рассмотрены следующие вопросы:

- Что необходимо менять в организации бизнеса при переходе к управлению цепями поставок
- Как взаимосвязаны категории кооперации, интеграции, координации и взаимодействия в цепях поставок
- Какие существуют варианты организации взаимодействия предприятий в цепях поставок
- Из каких этапов состоит организация взаимодействия предприятий в цепях поставок
- В чем заключаются преимущества взаимодействия предприятий в цепях поставок
- Каковы риски взаимодействия предприятий в цепях поставок

9.1. Изменения организационного видения бизнеса

Управление цепями поставок, прежде всего, направлено на межорганизационный уровень взаимодействия. Однако для успешного внедрения управления цепями поставок чрезвычайно важными являются вопросы внутрифирменной организации.

То, что управление цепями поставок изначально предполагает рассмотрение межорганизационных бизнес-процессов, часто приводит к широко распространенному заблуждению о том, что внутри самого предприятия ничего менять не нужно. Это не так!

Эффективность управления цепями поставок зависит не только от межорганизационных бизнес-процессов и информационных технологий. Эти бизнес-процессы и технологии обслуживаются людьми, менеджерами служб маркетинга, закупок, сбыта, планирования, производ-

ства, склада. Без управления цепями поставок, интересы этих служб зачастую конфликтуют, а эффективность оценки их деятельности осуществляется исходя из локального рассмотрения каждой конкретной службы. Внедрение управления цепями поставок предполагает синхронизацию не только отношений с поставщиками и клиентами, но и работы указанных выше служб предприятия.

То, что SCM изначально предполагает рассмотрение межорганизационных бизнес процессов, часто приводит к широко распространенному заблуждению о том, что внутри самого предприятия ничего менять не нужно. Это не так! Внедрение управления цепями поставок предполагает синхронизацию не только отношений с поставщиками и клиентами, но и работы различных служб внутри предприятия.

Важным понятием в организации системы управления цепями поставок является *интеграция*. Под интеграцией в цепях поставок понимается совокупность каналов и связей внутри предприятия и между партнерами в цепи поставок. Здесь нам представляется необходимым комплексно представить все основные категории, характеризующие уровень совместной работы предприятий в цепи поставок, а именно кооперации, интеграции, координации и взаимодействия (см. табл. 9.1).

Интеграция является связующим звеном между кооперацией и координацией. Высшим же достижением в управлении цепями поставок является состояние взаимодействия, основанное на совместном планировании бизнеса, технологическом сотрудничестве, координации и интеграции процессов в цепях поставок.

Поясним взаимосвязь категорий кооперации, интеграции, координации и взаимодействия в цепях поставок на примере. Если Ваше предприятие устанавливает договорные отношения с поставщиком на длительный срок, то речь идет о кооперации. Возникающие при этом каналы связи (информационные, например, факс, электронная почта или ERP-системы и физические, например, транспортная связь) называются интеграцией. Если же Вы начинаете использовать эти каналы для регулярного информационного обмена (например, передаете поставщику данные о прогнозах спроса или об уровне запасов поставляемых им материалов) или контроля движения грузов на интеграционном канале (например, с помощью RFID технологий), то речь уже идет о координа-

ции. И, наконец, если Вы подключаете поставщика уже на ранних этапах разработки своей новой продукции к процессу проектирования или разрабатываете с ним совместные бизнес-планы, то речь идет о взаимодействию.

Таблица 9.1.

Основные категории, характеризующие уровень совместной работы предприятий в цепи поставок

Категория	Содержание	Уровень управления цепью поставок
Переговоры на открытом рынке	Поставки на основе коммерческих предложений	Низкий
Кооперация	Формирование договорных отношений с поставщиками и клиентами на основе долгосрочных контрактов	Средний
Интеграция	Формирование системы каналов и связей внутри предприятия и между партнерами в цепи поставок	Средний
Координация	Создание системы информационного обмена между всеми участниками цепи создания стоимости в рамках интеграционных каналов и связей для своевременного предоставления актуальной, достоверной, точной и полной информации о спросе и поставках с целью синхронизации использования ресурсов и принимаемых людьми решений	Высокий
Взаимодействие	Совместное планирование бизнеса, технологическое сотрудничество, координация и интеграция процессов	Высший

На сегодняшний день, большинство цепей поставок находятся на стадиях кооперации и интеграции, около 15-20% – на стадии координа-

ции, и лишь считанные единицы (лидеры мировой экономики) достигли уровня взаимодействия. Лучшие примеры цепей поставок регулярно публикует AMR Research (TOP 25 Supply Chains).

Большинство цепей поставок находятся на стадиях кооперации и интеграции, около 15-20% на стадии координации, и лишь единицы достигли уровня взаимодействия.

Приведем несколько практических рекомендаций, которые имеют важное значение для построения системы управления цепями поставок:

1. Необходимо понимать, что на практике ни одна цепь поставок не строится «с нуля». Цепи поставок существуют у всех промышленных, транспортных, логистических и торговых компаний. Предприятия встают перед проблемой внедрения управления цепями поставок с уже имеющейся практикой отношений с клиентами, поставщиками, собственной структурой. И речь идет, в первую очередь, об улучшении и рационализации уже имеющихся процессов с позиций управления цепями поставок.
2. Внедрение управления цепями поставок – это новое для предприятия явление, о деталях и оценке эффективности которого на предприятии практически никто не знает.
3. При внедрении управления цепями поставок изменения затрагивают многие сложившиеся группы сотрудников и организационные связи, которые модифицируются.
4. В результате внедрения управления цепями поставок могут произойти изменения в организационной структуре и распределении функций между службами и отделами, что может также сказаться на улучшении показателей работы одних и ухудшении других. Например, введение дополнительных запасов на одном из участков цепи поставок увеличит затраты на этом участке и снизит рентабельность, но в целом приведет к снижению общих затрат в цепи поставок. Поэтому руководству необходимо пересмотреть методы оценки результативности отдельных подразделений с точки зрения эффективности работы всей цепи поставок.
5. В результате внедрения управления цепями поставок неизбежно возникнут новые организационные схемы, которые приведут не только к конфликтам, но и к положительным эффектам, связанных с развитием межфункциональных связей. Безусловно, конфликты интересов маркетинга, дистрибуции, планирования, производства и закупок не-

избежны. Цели маркетинга по максимальному уровню сервиса и продаж конфликтуют с целями производства и дистрибуции. Большинство производственных процессов построены с учетом времени изготовления и минимизации затрат и не учитывают влияние уровня запасов и мощностей товарораспределения. Управление цепями поставок является именно тем инструментом, с помощью которого может быть достигнута интеграция различных функций и структурных подразделений.

6. Анализ данных по цепям поставок потребует изменений в отчетности, оперативных документах и организации информационных потоков, т.к. данные, необходимые для анализа одного из участков цепи поставок, собираются из различных источников.

Необходимо понимать, что на практике ни одна цепь поставок не строится «с нуля». Цепи поставок существуют у всех промышленных, транспортных, логистических и торговых компаний. Предприятия встают перед проблемой внедрения управления цепями поставок с уже имеющейся практикой отношений с клиентами, поставщиками, собственной структурой. И речь идет, в первую очередь, об улучшении и рационализации уже имеющихся процессов с позиций эффективного управления цепями поставок.

Все указанные выше аспекты требуют изменений в организационном парадигме бизнеса. С одной стороны, необходимо устранить стены и барьеры между отделами и службами своей компании, а с другой – обеспечить эффективное взаимодействие и интеграцию с партнерами по бизнесу. Ниже приведем примеры основных изменений в организационном мышлении видения бизнеса, основанные на данных нескольких реальных проектов управления цепями поставок [10, 118].

Таблица 9.2.

Изменения парадигмы бизнеса при управлении цепями поставок

Парадигма бизнеса до управления цепями поставок	Парадигма бизнеса при управлении цепями поставок
Ориентация на поставщиков и собственное производство	Ориентация на клиентов
Производство на склад	Производство по фактическому спросу
Страховые запасы	Координация и информационный обмен
Локальная оптимизация транспортировки, производства, запасов	Оптимизация все цепи поставок
Функциональное мышление	Процессное мышление
Экономия на расходах, штрафы за невыполнение обязательства по поставкам	100% соблюдение сроков поставок
Оптимизация загрузки мощностей	Гибкость и удовлетворение потребностей клиентов
Оперативное планирование на основе среднесрочных планов	Оперативное планирование по фактическому потреблению
Постоянная нехватка нужных материалов	Контроль наличия и запасов материалов
Оптимизация прямых затрат	Оптимизация совокупных затрат
Оптимизация использования тары	Формирование партий на основе поставок JIT/JIS
Максимизация объемов	Оптимизация цикла выполнения заказа
Конкурируют отдельные предприятия	Конкурируют цепи поставок

Как видно из таблицы 9.2, построение системы управления цепями поставок является серьезнейшей организационной задачей, которая, прежде всего, требует мужества внесения изменений в свой бизнес, наличия «гибких» менеджеров и исполнителей, а также неуклонной воли в реализации значительных изменений на предприятии.

9.2. Организация взаимодействия в цепях поставок

Построение системы управления цепями поставок начинается с организации межфирменной кооперации. Эта фаза направлена на создание партнерских отношений между предприятиями-участниками цепи поставок. На фазе организации системы управления цепями поставок решается комплекс задач, связанный с установлением договорных отношений между предприятиями, выбором формы организации кооперационных отношений, выработкой системы целей кооперации, определением ролей, ответственности и правил взаимодействия [47, 64, 66, 98, 111, 156].

В построении отношений межфирменной кооперации с точки зрения крупного предприятия выделяют две модели, которые в литературе получили название американской и японской [311, 314]. Американская модель основана на взаимодействии большого числа заказчиков и исполнителей. Основным критерием отбора исполнителей заказа служит предлагаемая цена. Такая система существует в тесной связи с развитым малым предпринимательством, инновационной активностью фирм-исполнителей, доступностью лизинговых отношений для субконтракторов и т.п. Для американской модели отношения между заказчиком и исполнителем строятся в рамках одного конкретного заказа и не рассчитаны на долгосрочную перспективу. Широкое предложение со стороны исполнителей позволяет заказчику выбрать наилучший вариант для исполнения своего заказа.

Обычно крупное автомобилестроительное предприятие имеет 2-2,5 тыс. субконтракторов. Такие гиганты американского автомобилестроения, как Chrysler, Ford и General Motors, изготавливают самостоятельно чуть больше 1/3 комплектующих. Остальные комплектующие поставляются в рамках договоров подряда. Развитию американской модели промышленной кооперации в сфере малого и среднего бизнеса способствовала не только либеральная экономическая политика, но и система государственных заказов, в частности для оборонного сектора.

Японская модель характеризуется ранжированием предприятий-субконтракторов в зависимости от располагаемых производственных мощностей и уровня технологии. В Японии сложилась многоуровневая система управления цепями поставок: контрактор передает заказ нескольким субконтракторам, которые в свою очередь сотрудничают с

субконтракторами более низкого уровня. Крупное японское автомобилестроительное предприятие имеет в среднем 300-400 субконтракторов.

С субконтракторами первого уровня устанавливаются прямые долгосрочные отношения. Такие гиганты японского автомобилестроения, как Nissan и Toyota, самостоятельно производят чуть больше 1/4 используемых комплектующих, получая остальные по субконтрактным заказам. Критериями отбора субконтракторов служат, в первую очередь, не цены, а качество, техническая совместимость изделий, надежность партнеров.

Обычно контракт заключается на период выпуска определенной модели изделия и продлевается в будущем, если партнер удовлетворяет заказчика. Что касается цены, то японские контракторы отказались от идеи ее сбивания путем организации конкурентной борьбы между субконтракторами.

Особенностью японской модели промышленной кооперации является тесная производственно-техническая интеграция крупных заказчиков и более мелких исполнителей. Японская модель кооперации позволяет сформировать отраслевые и межотраслевые кластеры, что является ее несомненным преимуществом перед американской моделью.

Японские автомобильные концерны предпочитают долгосрочные тесные отношения с большим количеством поставщиков и лишь к небольшому количеству поставщиков обращаются «от случая к случаю». В США ситуация прямо противоположная.

Анализируя две представленные модели промышленной кооперации, эксперты пришли к выводу, что автомобильная промышленность Японии в сравнении с автомобильной промышленностью США имеет на 300-600 долл. больший выигрыш на произведенный автомобиль (эти цифры подтвердились и для филиалов японских компаний за рубежом).

Организация договорных отношений в системе управления цепями поставок осуществляется, как правило, в виде двух основных форм:

- прямые договорные отношения между контрактором (головным предприятием) и субконтракторами-участниками цепи поставок (характерно для производств с малым количеством технологических переделов и относительно невысоким уровнем требований к качеству производимой продукции, примером может служить швейное производство);

- иерархическая структура отношений (контрактор имеет договорные отношения только с ограниченным количеством субконтракторов первого уровня – 1st Tier). Субконтракторы первого уровня строят собственную систему отношений с поставщиками материалов и субконтракторами. Такая форма организации системы субконтрактных отношений характерна для производств продукции высоких переделов с повышенным уровнем требований к качеству. Наиболее ярким примером могут служить автосборочные предприятия.

Кроме того, применяются различные смешанные формы организации системы субконтрактных отношений, что наиболее характерно для периода становления рынка субконтрактов в переходном периоде.

9.3. Шансы и риски стратегии взаимодействия

Основные этапы построения системы взаимодействия предприятий представлены на рис. 9.1.

Рис. 9.1. Основные этапы построения системы взаимодействия предприятий

Применительно к фазам принятия решения о кооперации/координации и выборе партеров наибольшую актуальность приобретают вопросы *организационных* рисков. На стадиях планирования работ и реализации особое значение имеет рассмотрение *операционных рисков*. При построении стратегии видения бизнеса предприятия неиз-

бежно сталкиваются не только с новыми возможностями, но и с новыми потенциальными опасностями. В связи с этим, особое значение в рассмотрении проблемы организации кооперационной системы взаимодействия предприятий приобретают вопросы *шансов и риска*. Особенность проблемы шансов и риска в системе кооперации связана с высоким уровнем неопределенности цепи поставок.

Рассмотрим преимущества и недостатки взаимодействия (см. табл. 9.3)

Таблица 9.3.

Общие преимущества и недостатки взаимодействия

	Преимущества	Недостатки
Риск	Распределение рисков между участниками цепи поставок	Опасность одностороннего использования кооперации Зависимость от партнеров Опасность потери "ноу-хау" Прозрачность маркетинговой стратегии для конкурентов
Затраты	Снижение затрат как результат эффекта масштаба и снижения трансакционных издержек	Расходы на ИТ Длительный срок принятия решений Расходы на реинтеграцию
Результат	Ускоренное освоение рынка Развитие стандартов и лидирующей позиции в системе	Необходимость коллегиального согласования Отсутствие возможности одностороннего использования конкурентного преимущества
Ресурсы	Усиление финансового потенциала Улучшение оснащения имуществом Рост уровня квалификации работников Пополнение технических "ноу-хау"	"Связанные" ресурсы для кооперационного проекта

К основным шансам (преимуществам) кооперации относятся возможность быстрого освоения новых рынков, сокращение затрат, трансфер технологий и ноу-хау, дополнительные инвестиционные возможно-

сти, возможности разделения рисков среди партеров в цепи поставок. К основным рискам (недостаткам) кооперации относятся увеличение зависимости от партеров по бизнесу, риск утраты ноу-хау и конкурентных позиций. Влияния перечисленных выше свойств зависит от организационной формы кооперации.

Причина возникновения организационных рисков в системе кооперации связана с различными принципами корпоративного управления участников цепи поставок, различными целями и задачами ведения бизнеса, различными финансовыми циклами компаний («clockspeed»-эффект) и т.д. Таким образом, кооперация не только способствует разделению рисков между участниками цепи поставок и снижению неопределенности, но и индуцирует создание новых рисков, связанных с взаимодействием предприятий.

Общепринятая схема учета факторов риска при организации системы управления цепями поставок состоит из 4 этапов [30, 47, 60, 64]: идентификация рисков, оценка рисков, выработка управленческих решений по снижению риска, разработка системы мониторинга риска.

Рассмотренные в данном параграфе вопросы учета факторов риска связаны с организационными аспектами системы кооперации. Существует и другая группа рисков – процессная, связанная с этапами синтеза и функционирования цепи поставок. Учет факторов риска этой группы осуществляется на этапе планирования цепи поставок и выполнения работ в ней. Подробно данная проблематика будет рассмотрена в главах 15 и 16.

9.4. Аутсорсинг[1]

При построении системы координации предприятие встает перед задачей выбора – производить самому или получать со стороны – «Делать или покупать» (Make or buy). Для того, чтобы верно подойти к процедуре оценки финансовых показателей (затрат), используется концепция «Совокупная стоимость владения» – TCO (Total Cost of Ownership) [204]. Данная методика позволяет оценить совокупные затраты по вла-

[1] Данный параграф написан совместно с к.э.н. В.Е. Толкачевой

дению определенным сложным объектом на протяжении определенного временного интервала.

Для оценки нефинансовых факторов при принятии решения об аутсорсинге (риски, шансы, угрозы, преимущества и т.д.) обычно применяется метод экспертных оценок [97, 205]. Схематично это показано на рис. 4.2.

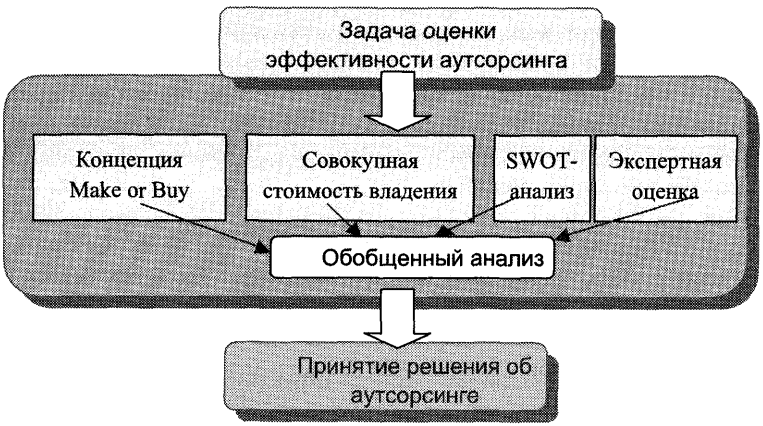


Рис. 4.2. Обобщенная схема интегрированного подхода к обоснованию решения об аутсорсинге

Для решения задачи об аутсорсинге применяется интегрированный подход, который состоит из нескольких этапов и включает в себя следующие процедуры (см. рис 4.3):

1. Оценка финансовых факторов (затрат) в случае аутсорсинга и в случае собственного производства. Расчет по двум вариантам производится в табличной форме с указанием различных затрат (в соответствии с концепцией ТСО) на протяжении определенного временного интервала. Проводится дисконтирование и дефлирование денежных потоков. В итоге получаем два показателя: So – итоговый денежный поток при аутсорсинге, Sp – итоговый денежный поток при собственном производстве.
2. Оценка нефинансовых факторов при различных вариантах получения комплектующих. Оценка осуществляется в два приема. Сначала выявляются возможные риски, шансы, угрозы, преимущества при аут-

сорсинге и собственном производстве с помощью модифицированной матрицы SWOT-анализа. Затем проводится экспертная оценка степени влияния выявленных факторов на деятельность предприятия. В результате проведенной оценки определяются два индекса (по вариантам аутсорсинга и собственного производства): Io – итоговая экспертная оценка предпочтительности аутсорсинга, Ip – итоговая экспертная оценка предпочтительности собственного производства.

3. Выбор решения в пользу аутсорсинга либо в пользу собственного производства. На этом этапе ЛПР, опираясь на результаты полученных оценок, принимает решение, руководствуясь схемой, представленной на рис. 4.3.

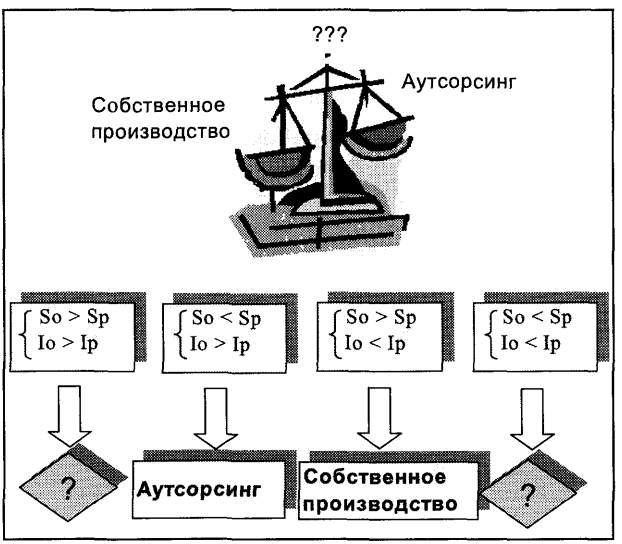


Рис. 4.3. Варианты решений по аутсорсингу

Перейдем к экспертной оценке нефинансовых факторов. Согласно предлагаемому подходу, их выявление производится с помощью модифицированного SWOT анализа. SWOT-матрица для рассматриваемого случая имеет вид (рис. 4.4).

Аутсорсинг

S	W
- нет необходимости вкладывать значительные средства в собственное производство; - возможность концентрации на ключевых компетенциях фирмы; - получаемые комплектующие высокого качества и обходятся дешевле.	- риск срыва поставок - необходимость дополнительного контроля качества поступающих комплектующих - риск раскрытия конфиденциальной информации, know-how и др.
O	**T**
- возможность более гибкого производства в соответствии с изменениями потребностей рынка; - возможность значительного увеличения объема производства; - возможность "превратить" конкурентов в партнеров; - возможность диверсификации рисков.	- угроза недобросовестности поставщиков; - появление множества дополнительных внешних неконтролируемых факторов; - угроза изменения целей и стратегий партнера, которые не соответствуют целям фирмы.

Собственное производство

S	W
- отсутствие риска срыва поставок; - отсутствие риска раскрытия конфиденциальной информации; - возможность непосредственно контролировать процесс производства.	- необходимость вложения средств в организацию дополнительного подразделения; - нет возможности сконцентрировать внимание на ключевых компетенциях, ухудшение контроля.
O	**T**
- отсутствие влияния внешних факторов со стороны поставщиков; - возможность оперативно управлять производственным процессам: изменять ассортимент, конструкцию изделий и др. - отсутствие обязательств по контракту.	- отсутствие возможности быстро реагировать на изменяющиеся тенденции рынка; - нет возможности диверсифицировать риски; - отсутствие кооперации как конкурентной стратегии;

Рис. 4.4. Матрица SWOT-анализа аутсорсинга и собственного производства

Оценку степени влияния указанных факторов целесообразно осуществить с помощью метода экспертных оценок. Баллы присуждаются в диапазоне от –3 (наихудшее влияние) до +3 (наилучшее влияние) пятью экспертами, определяется среднее значение по каждому показателю, а затем они суммируются по каждому варианту.

В заключение этой главы следует отметить, что фаза организации вхождения компании в систему управления цепями поставок является чрезвычайно важной. Предприятия, становясь участников цепи поставок, выбирает определенную стратегию ведения бизнеса, а именно кооперационную стратегию. Это решение вызывает необходимость изменений в компании. Поэтому на данном этапе очень важно правильно сформулировать цели кооперационной стратегии, выбрать соответствующую форму организации кооперационных отношений, тщательно проанализировать шансы и риски, возникающие вследствие участия предприятия в цепи поставок.

После того, как решение о выборе кооперационной стратегии ведения бизнеса принято, необходимо осуществить интеграцию предприятий в цепь поставок. Данный процесс включает этапы реинжиниринга бизнес-процессов, разработки системы координации и единого информационного пространства цепи поставок. Этим вопросам посвящены следующие разделы второй части книги.

Контрольные вопросы

1. Организационный этап построения системы управления цепями поставок является важным, т.к.
    a) Залог успеха цепи поставок состоит в высоком уровне доверия между участниками цепи поставок
    b) Определяет правила взаимодействия предприятий в цепи поставок
    c) От него зависят решения по оптимизации бизнес-процессов
    d) Является наиболее затратным в проекте построения системы управления цепями поставок.

2. Какие существуют варианты взаимодействия между фокусной компанией и поставщиками:
    a) Прямые договора с поставщиками всех уровней цепи поставок
    b) Долгосрочные договора с поставщиками
    c) Договора с поставщиками первого уровня (1st Tier)
    d) Краткосрочные договора с поставщиками

3. К основным этапам организации взаимодействия предприятий относятся:

   a) Выбор партнеров в цепи поставок
   b) Анализ шансов взаимодействия предприятий
   c) Разделение рынка между участниками цепи поставок
   d) Анализ рисков взаимодействия предприятий

4. К основным преимуществам взаимодействия предприятий относятся:

   a) Снижение затрат
   b) Повышение гибкости и скорости реакции цепи поставок
   c) Прозрачность маркетинговой стратегии для конкурентов
   d) Развитие «лучших практик»

5. К основным рискам взаимодействия предприятий относятся:

   a) Опасность потери «ноу-хау»
   b) Повышение зависимости от других участников цепи поставок
   c) Снижение трансакционных издержек
   d) Информационная открытость предприятия

6. К основным организационным изменениям на предприятии при управлении цепями поставок относятся:

   a) Переход к процессному управлению
   b) Оптимизация производительности труда
   c) Переход к ориентации на клиента
   d) Снижение информационной открытости предприятия

7. Расположите по возрастанию уровни совместной работы предприятий в цепях поставок:

   a) Интеграция, взаимодействие, кооперация, координация
   b) Интеграция, координация, взаимодействие, кооперация
   c) Взаимодействие, кооперация, координация
   d) Кооперация, интеграция, координация, взаимодействие

Предприятие, лишенное стандартных писаных инструкций,
неспособно к неуклонному движению вперед.

Г. Эмерсон

Глава 10. Управление бизнес-процессами

Переход от функционального мышления к процессному является основой управления цепями поставок. Бизнес-процессы в российской практике часто связывают с автоматизацией управленческой деятельности и внедрением информационных технологий. Неудачи в попытках внедрения информационных технологий в управлении не в последнюю очередь обусловлены недооценкой подготовительного этапа и, в частности, недооценкой значимости комплексной модели бизнес-процессов.

Фаза моделирования и реинжиниринга ключевых бизнес-процессов направлена на создание информационного портрета системы цепей поставок. Задачами данного этапа является выявление и описание межорганизационных бизнес-процессов с помощью специальных инструментальных средств моделирования бизнес-процессов [65, 326]. Эти средства и методы обладают различными возможностями и предназначением, особенности которых будут проанализированы ниже в этой главе.

В данной главе рассматриваются следующие основные вопросы:

- Что такое процессы
- Какие существуют возможности оптимизации процессов
- Что такое анализ, описание и оценка процессов
- Основные методики и инструментальные средства моделирования бизнес-процессов
- Основные этапы реализации улучшения процессов на практике

10.1. Процессы и их оптимизация: основные понятия и категории

Под процессом (*лат.: procedure* – двигаться вперед) понимают ход событий, их течение и развитие. Процесс описывает содержательную и логическую последовательность функций, необходимых для создания (изготовления) объекта в определенном специфицированном состоянии. Процесс имеет входные и выходные параметры. Ни один из процессов не существует автономно, процессы взаимосвязаны с другими параллельными, последующими и предыдущими, подчиненными и вышестоящими процессами.

Оптимизация процессов заключается в нахождении их наилучшего состояния или совокупности состояний. Критериями оптимизации процессов в цепях поставок являются затраты, объем продаж, уровень сервиса, качество, гибкости, скорость реакции, оборотные средства, уровень запасов и многие другие (см. SCOR-модель).

Процессы характеризуются результативностью и эффективностью. Под *результативностью* понимается достижение процессом определенной цели, а под *эффективностью* – выполнение процесса с минимальным использованием ресурсов. *Оптимальный процесс* является одновременно и результативным, и эффективным. Например, в случае цели удовлетворения потребности клиента в поставке определенного продукта в течении 48 часов, процесс является результативным, если клиент получил продукт в течении 48 часов. Этот же процесс является эффективным, если поставка выполнена нами с минимальными затратами, независимо от времени выполнения заказа. Если же поставка выполнена в течении 48 часов и с минимальными затратами, то процесс является оптимальным.

Приведем основные критерии, характеризующие оптимальные процессы: эффективность, результативность, управляемость, детерминированность, атомарность, гибкость, устойчивость, документированность и способность к постоянному улучшению.

Основными *резервами оптимизации процессов* в цепях поставок являются:

- Конфигурирование процессов (неудовлетворение потребностей рынка, слишком долгое время реакции, излишняя сложность процессов, процессы изолированы и не являются сквозными),

- Планирование процессов (недостаточная мощность процесса, слишком долгое время реакции, закупки слишком больших партий «впрок»),
- Оперативное управление процессами (слишком большой объем заказов, неясность приоритетов заказов, высокие затраты на устранение нарушений в процессах),
- Реализация процессов (разный уровень квалификации сотрудников, несоблюдение документации на выполнение процессов, неоднозначность оценки реализации процессов).

На каждом из этих уровней существуют и более детальные резервы оптимизации (например, применение систем Kanban, оптимизация переналадок технологического оборудования, прямые поставки на сборочную линию, применение Six Sigma и т.д.).

Для *оценки затрат в процессах цепей поставок,* как правило, используется методика совокупных затрат на владение (TCO – Total Cost of Ownership). В основе данной методики лежит определение затрат на поставки от поставщиков исходного сырья до пункта конечного потребления. В первую очередь, речь идет о материальных, транспортных и складских затратах. Существуют и другие методики, например метод оценки совокупных затрат, основанный на соотнесении мест затрат отдельным блокам затрат в управлении цепями поставок или метод затрат материального потока, основанный на определении затрат на основе анализа потоков добавленной стоимости [10].

Как уже отмечалось выше, предприятия встают перед проблемой внедрения управления цепями поставок с уже имеющейся практикой отношений с клиентами, поставщиками, собственной структурой. И речь идет, в первую очередь, об улучшении и рационализации уже имеющихся процессов с позиций эффективного управления цепями поставок. Ключевыми здесь являются вопросы идентификации и моделирования бизнес-процессов, которые будут рассмотрены в следующем параграфе.

10.2. Моделирование бизнес-процессов

10.2.1. SCOR (Supply Chain Operation Reference-Model – референтная модель операций цепей поставок)[1]

Модель SCOR была специально разработана для реализации управления цепями поставок. Это было вызвано необходимостью создания методики моделирования цепей поставок и одинакового понимания лежащих в основе этого метода процессов с последующей их оценкой. Создание стандартизированной модели процессов было инициировано Советом по цепям поставок (Supply Chain Council – SCC).

Целью совета SCC является разработка и техническое описание стандартных моделей процессов (SCOR: Supply Chain Operation Reference) и обмен информацией между предприятиями, включенными в цепь поставок. С помощью SCOR-моделей должны быть созданы единые, сравнимые и приспособленные для оценки модели процессов внутри цепи поставок. SCOR описывает процессы управления цепочками поставок и сравнивает их с данными бенч-маркинга (сравнение с эталоном) и функциями программного обеспечения. В качестве вспомогательного средства SCOR располагает инструкциями, стандартизированной терминологией и общими показателями для проведения бенч-маркинга цепей поставок.

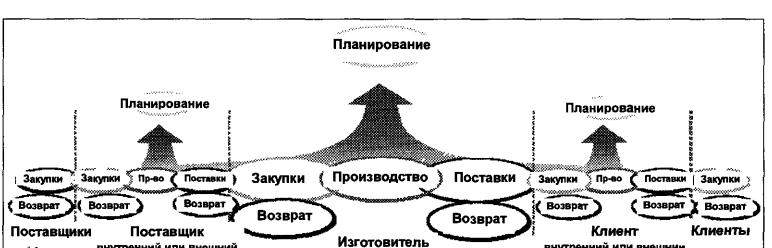


Рис. 10.1. Макроуровень SCOR-модели

[1] Рекомендуемая литература по SCOR – см. § 5.2.

Модель SCOR имеет трехуровневую структуру. В модели первого уровня принципиально различаются следующие основные виды деятельности и процессы: планы (все подготовительные виды деятельности по процессу, определение ресурсов, объединение требований служб снабжения, производства и размещение, планирование использования мощностей вплоть до распределения заказов), снабжение (описание процессов приобретения, получения, проверки и предоставления поступающих материалов), производство (все производственные процессы, начиная с требований на сырье и его получение, само производство вплоть до монтажа и упаковки), поставка (определение спроса, управление заказами и процесс сбыта, включая управление складами и транспортом) и обратные потоки[2] (return).

Эти основные процессы описываются более детально на следующих уровнях. Так, на втором уровне происходит дифференциация по 30 категориям «типовых» процессов, которые затем на третьем уровне конфигурируются с помощью элементов процесса с учетом отраслевых стандартных рекомендаций.

SCOR-модель позволяет определить процессы в цепи поставок на оперативном уровне в виде ограниченных частных процессов и задокументировать как временную и логическую последовательность производственных циклов выполнения заказов, так и оперативные базисные показатели. В таком виде наглядные процессы представляют собой основу для взаимопонимания партнеров и создают возможность для анализа таких факторов как время и издержки.

SCOR является описательной моделью, которая позволяет предприятию осуществить структурированный вход в проект создания цепи поставок (уровень 1), смоделировать настоящие и будущие цепи поставок на уровне бизнес-процессов и обеспечить сравнение каждого их элемента с данными бенч-маркинга (уровни 2/3), а также подготовить основу для реализации процессов с помощью конкретных ИТ.

---

[2] Изучение обратных потоков, т.е. следующих в противоположном направлении по отношению основного материального потока, например, возвраты товаров вследствие брака, ресайклинг и др., является получающей все большее развитие отдельной областью исследований, получившей название логистики возвратных потоков (reverse logistics) [61].

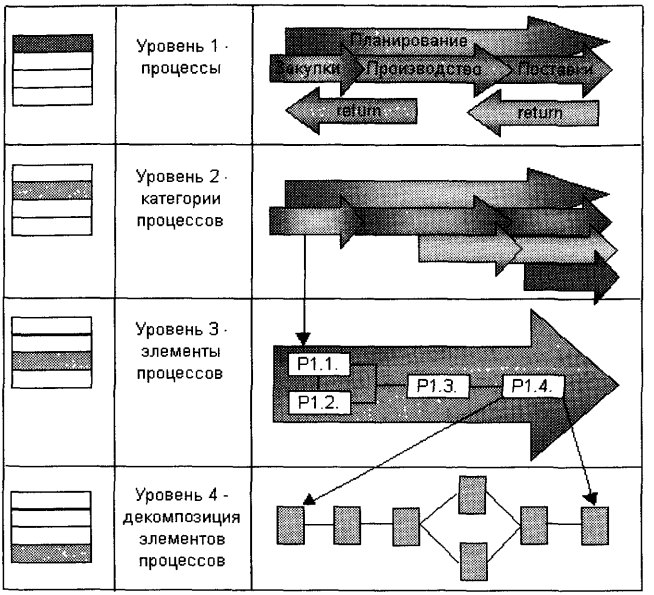


Рис. 10.2. Уровни представления процессов в SCOR-модели

В SCOR-модели выделяют 5 макро-групп бизнес-процессов:

- P – планирование
- S – получение материалов
- M – изготовление
- D – поставки
- DR – возвратные поставки

В каждой из этих групп происходит декомпозиция бизнес-процессов (см. рис. 10.3). К основным группам бизнес-процессов в SCOR относятся:

- P1 – Планирование цепи поставок
- P2 – Планирование получения материалов
- P3 – Планирование изготовления
- P4 – Планирование поставок

- P5 – Планирование возвратных потоков (рекламации товаров, утилизация продукции)
- EP – Запуск плана в работу

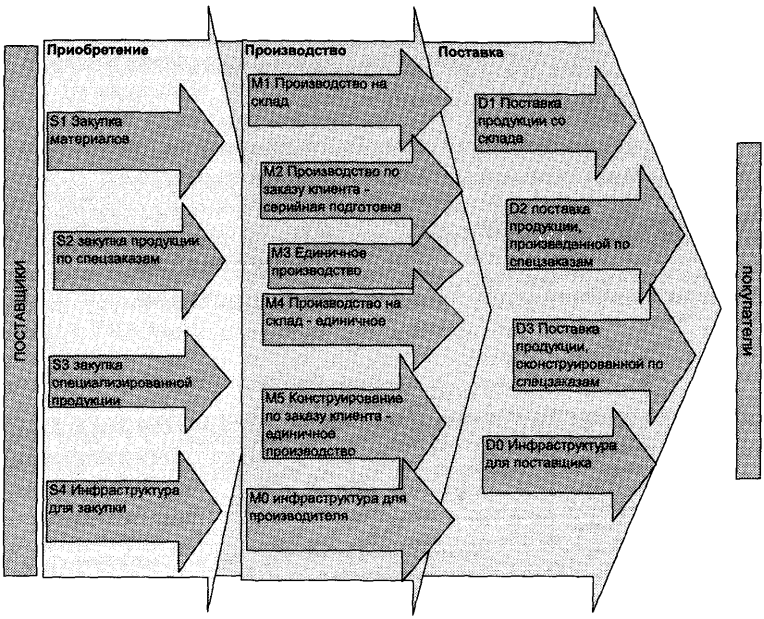


Рис. 10.3. Основные элементы 2 уровня SCOR

- S1 – Получение материалов для складирования
- S2 – Получение материалов по схеме «изготовления на заказ»
- S3 – Получение материалов по схеме «конструирования на заказ»
- ES – Запуск процесса получения материалов

- M1 – Изготовление на склад
- M2 – Изготовление на заказ
- M3 – Изготовление по конструированию на заказ
- EM – Запуск процессов производства

- D1 – Поставка продукции на склад
- D2 – Поставка продукции на заказ
- D3 – Поставка продукции по конструированию на заказ

- D4 – Поставка в розничную торговлю
- ED – Запуск поставок

- DR1 – Возвратная поставка бракованной продукции
- DR2 – Возвратная поставка гарантийной продукции
- DR3 – Возвратная поставка избыточной продукции
- ER – Запуск процессов возвратных поставок

Эти процессы далее описываются более детально на третьем уровне. Пример описания процесса в SCOR представлен на рис. 10.4.

Рис. 10.4. Пример описания процесса «Планирование цепи поставок» в SCOR [SCOR 7.0]

Основная ценность SCOR с точки зрения моделирования бизнес-процессов заключается в наличии стандартизированных бизнес-

процессов цепей поставок на разных уровнях детализации, стандартизированная система показателей для оценки выполнения бизнес-процессов, определение источников данных для расчетов показателей эффективности и информационных потоков в бизнес-процессах, а также описание «лучших практик» по управлению бизнес-процессами.

К недостаткам SCOR следует отнести, прежде всего, ориентированность на отдельное предприятие как объекта моделирования, а не на всю цепь поставок, а также ограничение моделирования на процессы планирования и реализации «идеальных» процессов (отсутствие фаз контроля и изменений) наряду с рассмотрением главным образом лишь транспортно-логистической составляющей цепи поставок (отсутствие процессов конструкторско-технологической подготовки работ и послепроизводственных стадий эксплуатации и сервиса). Также следует отметить, что четвертый уровень бизнес-процессов – собственно их реализация – находятся вне пределов модели SCOR.

10.2.2. ARIS (Architecture of Information Systems – архитектура информационных систем)

Разработка концепции ARIS началась в середине 80-х гг. в Институте экономической информатики в университете г. Саарбрюкен (Германия) под руководством профессора A.-W. Scheer [137, 138]. С момента опубликования первого издания «Architektur integrierter Informationssysteme – ARIS» в 1991 г. идея документирования бизнес-процессов с помощью стандартных программных продуктов на основе разработки их моделей нашла широкое применение на практике.

Успешное развитие ARIS было во многом обусловлено широко распространенным в тот период идеям построения организации на принципах реинжиниринга бизнес-процессов. На их основе разработанная A.-W. Scheer методология моделирования бизнес-процессов, основанная на идеях оптимизации организационных изменений в рамках BPR, сохранения базы знаний организации, использования документации процессов для сертификации по ISO 9000, определения затрат процессов и использования моделей для внедрения новых ИТ нашла широкий отклик и поддержку множества предприятий.

Во многом это было связано с сотрудничеством A.-W. Scheer с SAP/R3. Ему удалось убедить руководство SAP, что внедрение и экс-

плуатация такой многофункциональной системы, как R3 требует надлежащей поддержки со стороны предпроектного моделирования процессов. Такая поддержка была реализована с помощью набора модулей ARIS for R/3, с помощью которых реализуется документирование и анализ результатов проекта. Начало использования ARIS в проектах SAP во многом определило дальнейшее развитие и повышение значимости методологий моделирования процессов.

Архитектура методологии ARIS представляет четыре типа моделей, отражающих различные аспекты исследуемой системы:

- организационные модели, представляющие структуру системы (иерархию организационных подразделений, должностей и конкретных лиц, многообразие связей между ними и их территориальное размещение),
- функциональные модели (иерархия целей с совокупностью необходимых для их достижения «деревьев» функций),
- информационные модели, отражающие структуру информации, необходимой для реализации всей совокупности функций системы и
- модели управления, представляющие комплексный взгляд на реализацию деловых процессов в рамках системы. Графически такой подход может быть представлен следующим образом (рис. 10.5).

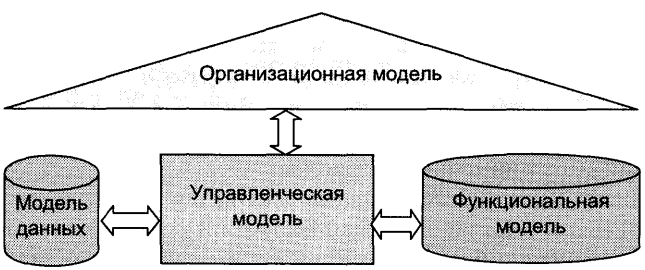


Рис. 10.5. Взаимосвязь типов моделей, используемых в ARIS-архитектуре [137, 138]

Другой особенностью методологии ARIS, обеспечивающей целостность разрабатываемой системы, является использование различных уровней описания, что поддерживает теорию жизненного цикла системы, существующего в сфере информационных технологий. В ARIS используется трехфазовая модель жизненного цикла.

На уровне определения требований разрабатываются модели, описывающие то, что должна делать система – как она организована, какие деловые процессы в ней присутствуют, какие данные при этом используются. На уровне проектной спецификации разрабатывается концепция информационной системы, которая на третьем уровне преобразуется в физическое описание конкретных программных и технических средств. Это заключительный этап проектирования систем, за которым следует этап физической реализации (программирования).

В концепции ARIS был впервые сформулирован системный подход к предпроектной стадии внедрения ИТ на основе моделирования бизнес-процессов, ориентированного на их стандартизацию, документирование и улучшение. Реализация данного подхода нашла отражение в виде разработки специальных приложений, обеспечивающих автоматизацию моделирования бизнес-процессов, возможности их анализа, контроля и корректировки.

10.2.3. IDEF (Integration Definition for Function Modeling – интегрированное функциональное моделирование)

Другим подходом к решению задач комплексного обследования предприятий и моделирования сложных систем явилась разработка стандартов и методологии семейства IDEF, позволяющих эффективно отображать и анализировать модели деятельности подобных систем [117, 118, 272]. При этом широта и глубина обследования процессов в системе определяется самим разработчиком, что позволяет не перегружать создаваемую модель излишними данными.

К семейству IDEF можно отнести стандарты IDEF0 (методология функционального моделирования), IDEF1 (методология моделирования информационных потоков внутри системы, позволяющая отображать и анализировать их структуру и взаимосвязи), IDEF1X (методология построения реляционных структур и баз данных), IDEF2 (методология динамического моделирования развития систем, построенные на базе «раскрашенных сетей Петри» (CPN – Color Petri Nets); IDEF3 (методология документирования процессов, происходящих в системе, которая используется, например, при исследовании технологических процессов на предприятиях), IDEF4 (методология построения объектно-

ориентированных систем и IDEF5 (методология онтологического исследования сложных систем).

Наиболее часто на практике используется методология функционального моделирования IDEF0, в основе которого лежат понятия функционального блока (Activity Box), интерфейсной дуги (Arrow), декомпозиция (Decomposition) и глоссария (Glossary). Функциональный блок графически изображается в виде прямоугольника (рис. 10.6) и представляет собой некоторую конкретную функцию в рамках рассматриваемой системы.

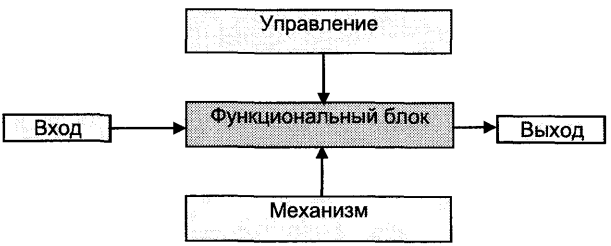


Рис. 10.6. Структура функционального блока [117]

По требованиям стандарта каждый функциональный блок должен иметь свой уникальный идентификационный номер, а его название должно быть сформулировано в глагольном наклонении. Каждая из четырех сторон функционального блока имеет своё определенное значение (роль): управление (например, технологический план), вход (полуфабрикат), выход (готовый продукт) и механизм (цех, рабочий).

Интерфейсные дуги (потоки или стрелки) соответствуют элементу системы, который обрабатывается функциональным блоком или оказывает иное влияние на функцию, отображенную данным функциональным блоком. Каждая интерфейсная дуга должна иметь свое уникальное наименование (Arrow Label) и быть оборотом существительного. В зависимости от того, к какой из сторон подходит данная интерфейсная дуга, она носит название «входящей», «исходящей» или «управляющей». Обязательное наличие управляющих интерфейсных дуг является одним из главных отличий стандарта IDEF0.

Принцип декомпозиции применяется при разбиении сложного процесса на составляющие его функции. При этом уровень детализации процесса определяется непосредственно разработчиком модели. Деком-

позиция позволяет постепенно и структурировано представлять модель системы в виде иерархической структуры отдельных диаграмм, что делает ее менее перегруженной и легкой для восприятия. В процессе декомпозиции функциональный блок подвергается детализации на другой диаграмме. Важно отметить, что в каждом случае декомпозиции функционального блока все интерфейсные дуги, входящие в данный блок, или исходящие из него фиксируются на дочерней диаграмме. Этим достигается структурная целостность IDEF0 – модели.

10.2.4. UML (Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования)

Разработка UML (Unified Modeling Language) связана с именами J. Rumbaugh, I. Jacobson и G. Booch [18, 121, 133, 264]. Разработка языка UML началась в компании Rational в 1995 году с объединения методов G. Booch и развивавшейся в то время техники OMT (Object Modeling Technique). В 1997 году созданная общими усилиями многих компаний спецификация языка была принята группой OMG (рабочей группой по развитию стандартов объектного программирования).

Язык UML был специально разработан для распределенной, параллельной и связанной среды и основан на объектно-ориентированном подходе. Он хорошо подходит для соединения сетей различных систем, обладая при этом необходимой гибкостью и способностью к адаптации. Использование единой модели UML, лежащей в основе как программного кода, так и схем баз данных, позволяет разрабатывать профиль моделирования баз данных, который дает возможность разработчику сконструировать логическую модель информации и модель таблиц физической базы данных, полученную на основе этой информации.

Важной особенностью методологии UML является поддержка моделирования систем реального времени. Изменения в любой из функциональных областей отражаются во всех относящихся к ней взаимосвязанных объектах. При разработке систем, использующих реляционные базы данных, на основании диаграммы классов создается физическая модель базы данных для хранения данных объектов постоянных классов. Все решения, связанные с построением объектно-ориентированной модели программной системы, здесь должны быть завершены. В течение стадии реализации, модели, созданные на стадиях проектирования

системы, переводятся в исходный код 3GL или 4GL языков программирования и разрабатывается база данных системы.

Особенность UML заключается в том, что он оптимизирован для применения при разработке программных систем, что дает возможность максимально ускорить разработку программных продуктов и заметно улучшить качество получаемой системы. Кроме того, объектно-ориентированный подход позволяет легко включать в систему новые объекты и исключать устаревшие без существенного изменения жизнеспособности системы.

10.2.5. Стандарт ISO/IEC 15288 «Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем»[3]

Стандарт ISO/IEC 15288 «Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем» официально введен в действие в Российской Федерации с 1.01.06 г. (ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288). Требования, изложенные в стандарте, направлены на создание интегрированной среды, единой структуры для совершенствования связей и кооперации между хозяйствующими сторонами. Например, он обеспечивает процессы приобретения (закупки) и поставки системы, включая оценку и совершенствование процессов. Существуют отличия от терминологии, которая «на слуху». ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 классифицирует процессы жизненного цикла систем в составе 4 групп следующим образом: процессы предприятия, процессы соглашения, процессы проекта, технические процессы.

Практически для всех процессов жизненного цикла предполагается идентификация и установление рисков, которые самым существенным образом влияют на результативность системы. Подход, изложенный в стандарте, может быть использован как основа для определения методов, методик, инструментальных средств и обучения персонала. Рассматриваемые процессы жизненного цикла систем характеризуются терминами целей и результатов, которые описывают итоги функционирования. Логическим развитием этого международного стандарта явля-

[3] Данный параграф подготовлен на основе материалов проф., д.э.н. А.Г. Некрасова

ется появление в ближайшем будущем еще 2-х гармонизированных международных стандартов, связанных с управлением услугами:

- ISO/IEC 20000-1:2005 «Управление услугами. Часть 1. Общие положения и словарь;
- ISO/IEC 20000-2:2005 «Управление услугами. Часть 2. Практическое руководство».

Для деятельности логистических операторов, любых организаций, предоставляющих услуги, эти международные стандарты будут являться не только полезными, но и стратегически необходимыми.

10.2.6. Методология комплексного моделирования бизнес-процессов «КОМПАС»[4]

Главным недостатком рассмотренных выше средств и методов моделирования процессов является то, что они позволяют лишь формализовать описание бизнес-процессов, но не дают возможности для системного формирования функциональных структур и оптимизации бизнес-процессов. Следует также заметить, что внедрение ИТ на отдельном предприятии и создание новой интегрированной информационной среды над уровнем предприятия связаны с различными проблемами и задачами. Поэтому с учетом всех положительных аспектов концепций ARIS, IDEF, UML и SCOR необходима разработка специальной методологии комплексного моделирования процессов при проектировании ЦП.

Методология комплексного моделирования бизнес-процессов «КОМПАС» разработана с целью создания общей логики распознавания и анализа бизнес-процессов сложных производственно-логистических систем и обеспечивает получение комплексных моделей этих систем с требуемой степенью детализации.

Суть методологии «КОМПАС» состоит в формировании комплексной модели цепи поставок в виде взаимосвязанных составных частей. Функциональная, организационная и информационная модели составляют *базовую модель (БМ)*, которая для конкретных целей анализа

[4] Данный параграф написан совместно с проф., д.т.н. А.В, Архиповым

может быть дополнена другими моделями (регламентная, контроллинга, критериальная) [228, 230].

При этом устанавливаются два принципиальных условия: функциональный подход к анализу процессов и иерархический подход к описанию объектов. При разработке базовой модели мы исходим из того, что деятельность любого экономического субъекта представляет собой синтез организационно-технологической и информационной сфер. Именно этим обусловлен выбор набора моделей для БМ.

Действительно, существует некоторый набор объективно обусловленных функций управления цепями поставок (например, закупки, складирование, сбыт), определяющих деятельность цепи поставок. Для выполнения этих функций необходимы организационные единицы, которые осуществляют внутренние и внешние информационные коммуникации.

Исходным пунктом для построения модели верхнего уровня (макроуровень или семантический уровень) является выявление основных функций исследуемой системы. На основании функциональной модели, которая дает общее представление о моделируемой системе, появляется возможность построения организационной и информационной моделей. Дальнейшее построение базовой модели заключается в декомпозиции элементов моделей макроуровня. Осуществляется трехуровневая декомпозиция каждой из трех вышеупомянутых моделей, позволяющая выявить элементарные (рабочие) процессы и определить необходимые для их выполнения ресурсы. Логика декомпозиции моделей представлена на рис. 10.7.

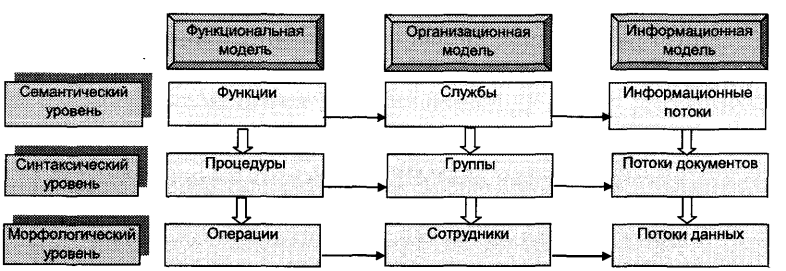


Рис. 10.7. Схема построения базовой модели

Триада, образующая базовую модель, является фундаментом построения интегрированной модели цепи поставок. Она позволяет перей-

ти к построению расширенной бизнес-модели цепи поставок, в которую входят регламентная модель, модель контроллинга и критериальная модель. Следует особо заметить, что построение этих моделей является возможным лишь после построения базовой модели.

Модели бизнес-процессов без учета функции затрат являются малоэффективными, в связи с чем в настоящее время все большее внимание уделяется их взаимодействию с процессами контроллинга. Построение чрезвычайно важной модели контроллинга также облегчается использованием данных базовой модели. По сути, модель мест возникновения затрат вытекает из организационной модели, совокупность же моделей БМ в сочетании с регламентной моделью позволяют определить виды затрат, носители же затрат берутся из продуктовой программы и сборочных спецификаций. Модель контроллинга также может быть построена на нескольких уровнях иерархии. Критериальная модель может быть построена по различным принципам и с использованием различных критериев, наиболее полно отражающих эффективность функционирования цепи поставок. Взаимосвязь моделей и логика построения комплексной модели представлена на рис. 10.8.

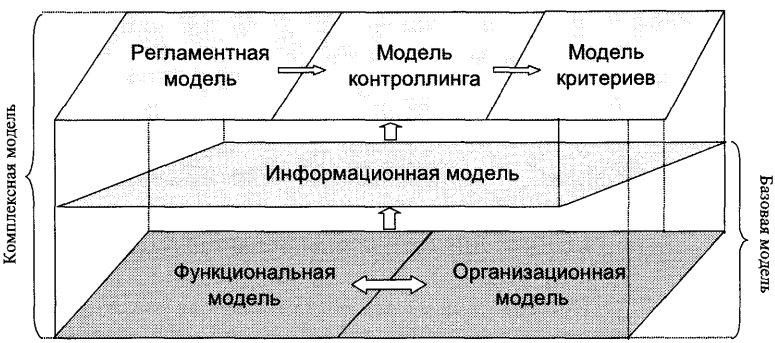


Рис. 10.8. Структура и логика построения комплексной модели цепи поставок

Бизнес-модель предоставляет все необходимые данные для построения математической модели процесса. Совокупность же базовой модели и бизнес-модели представляет собой комплексную модель. Анализ и описание процессов и функциональных структур с помощью рассмотренных выше шести моделей позволяет в полной мере отразить все ха-

рактеристики процессов: функции, исполнителей, информационные потоки, регламенты, затраты и критерии эффективности.

Анализ и описание процессов и функциональных структур с помощью рассмотренных выше шести моделей позволяет в полной мере отразить все характеристики процессов: функции, исполнителей, информационные потоки, регламенты, затраты и критерии эффективности. На рис. 10.9. представлена общая схема комплексной модели процесса.

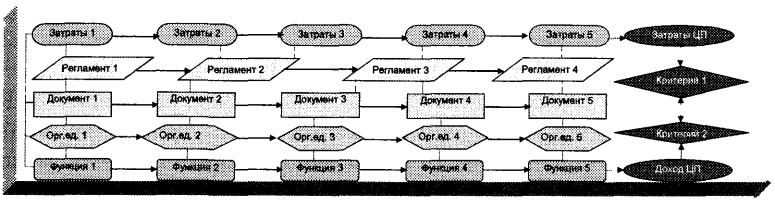


Рис. 10.9. Общая схема комплексной модели процесса

Моделирование цепей поставок начинается с определения общих функций логистики и производства, совокупность которых и назовем функциональной моделью цепи поставок на макроуровне (рис. 10.10).

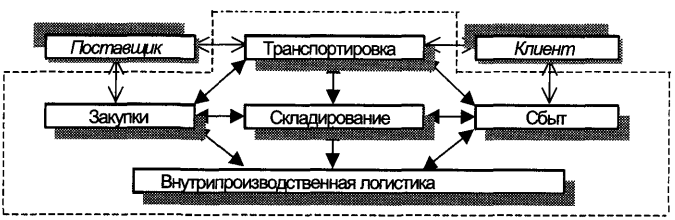


Рис. 10.10. Функциональная модель цепи поставок на макроуровне

На основании подобного функциональной модели можно определить организационные единицы, составляющие цепи поставок и выполняющие определенные функции, совокупность которых назовем организационной моделью цепи поставок на макроуровне (см. рис. 10.11).

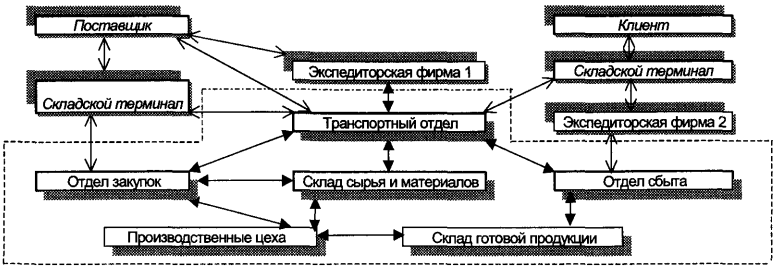


Рис. 10.11. Организационная модель цепи поставок на макроуровне

Учитывая, что при управлении цепями поставок важна не только синхронизация материальных потоков, но и информационная интеграция, для построения базовой модели цепи поставок необходимо получить сведения о структуре и объемах данных, циркулирующих между отдельными звеньями цепи поставок, внутри каждого звена, а также входящих в цепь из внешних объектов, т.е. описать информационные каналы и потоки в цепи поставок.

Далее можно перейти к рассмотрению второго (синтаксического, содержащего общие правила) уровня моделей. Функциональная модель цепи поставок на синтаксическом уровне для стадии производства (изготовления) продукции может быть представлена в следующем виде (см. рис. 10.12). Отдельные прямоугольники данной схемы соответствуют макрофункциям на рис. 10.10.

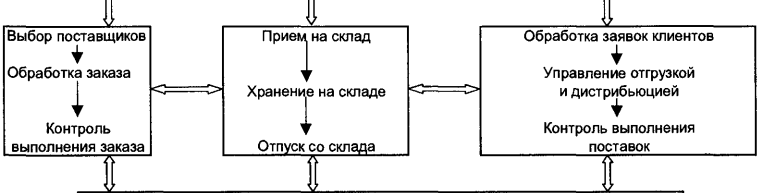


Рис. 10.12. Функциональная модель цепи поставок на синтаксическом уровне

На основании данных модели синтаксического уровня можно перейти к построению функциональной модели цепи поставок на морфологическом (содержащем элементарные правила и отношения) уровне. На основании построения функциональной модели цепи поставок на морфологическом уровне можно построить организационную модель цепи поставок, т.е. определить все необходимые ресурсы и их структуру. Далее происходит построение информационной модели цепи поставок, на основании которой можно определять требования к базе данных и необходимой функциональности информационных систем.

Помимо применения инструментальных средств моделирования, важной составляющей данного этапа является применение специальных методик, позволяющих вскрыть источники формирования бизнес-процессов, определить их узкие места и произвести целенаправленное улучшение (реинжиниринг). С учетом значительной степени сложности и неопределенности в цепях поставок особое значение приобретают вопросы оценки *устойчивости бизнес-процессов относительно определенных классов возмущений,* а также разработки механизмов перехода на альтернативную траекторию выполнения бизнес-процесса в случае отклонений от планового состояния.

В заключении рассмотрим два примера. На рис. 10.13 приведен пример карты описания бизнес-процесса «Управление отгрузкой и дистрибьюцией».

Наименование процесса	**Уровень иерархии 2**
Управление отгрузкой и дистрибьюцией	
Цель процесса	
Обеспечить выполнение заявок клиентов в соответствии с требованиями	
Главное решение	
Выбор способов доставки продукции клиентам	
Предшествующий процесс данного уровня иерархии	**Последующий процесс данного уровня иерархии**
Обработка заявок на сбыт	Контроль выполнения заказа
Процесс высшего уровня иерархии	**Процессы нижнего уровня иерархии**
Сбыт	Описание в разрезе клиенты / склады Составление плана загрузки складов Оформление заданий на транспортировку Составление плана отгрузки со склада Анализ возможности выполнения заявки клиента
Регламент процесса	
Положение об отделе сбыта	
Критерии эффективности	
Готовность к поставке = кол-во заявок вып. в срок / общее кол-во заявок	

Входные документы	**Откуда**	**Выходные документы**	**Куда**
Портфель заказов Заявки клиентов Структура складов План производства	Планирование Клиенты Сбыт Планирование	План отгрузки Задание на трнспортировку План загрузки складов	Склад ГП Отдел транспортировки Складские терминалы

Места возникновения затрат	
.....	
Поставщик	**Клиент**
.....	.....
Ответственный за процесс / владелец	**Соответствие стандарту ISO**
Отдел сбыта	ISO.....

Рис. 10.13. Пример карты описания бизнес-процесса «Управление отгрузкой и дистрибьюцией»

На рис. 10.14 приведен пример реинжиниринга бизнес-процесса цепи поставок «Выполнение заказа клиента»

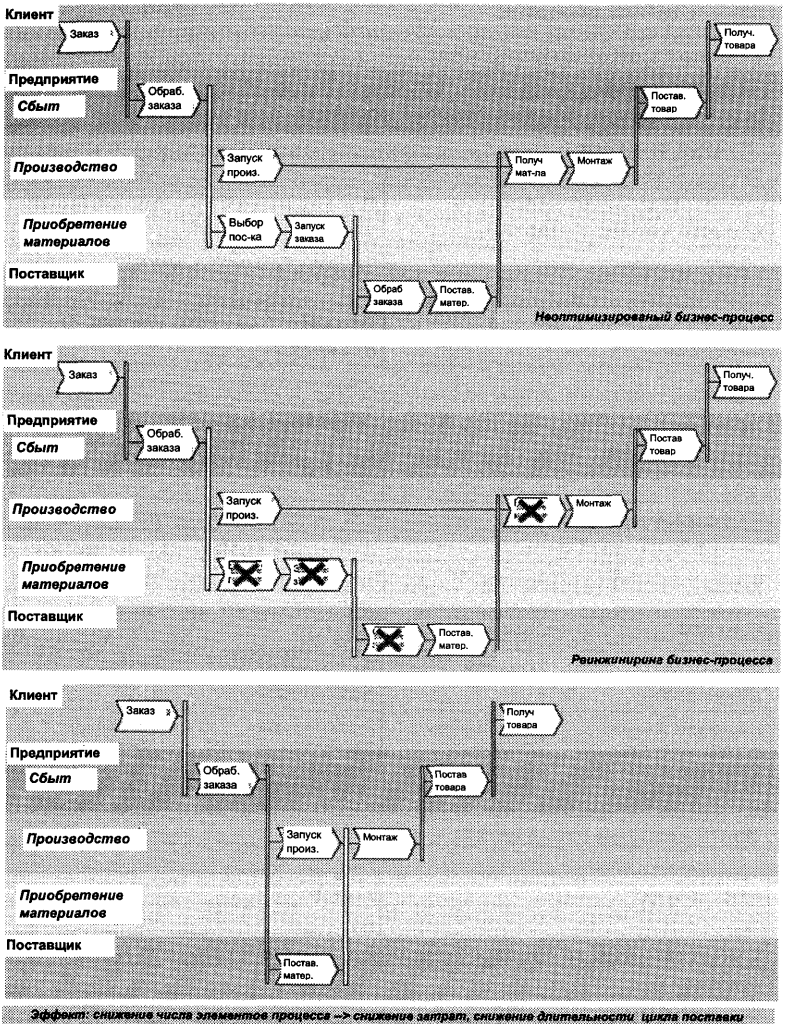


Рис. 10.14. Пример реинжиниринга бизнес-процесса цепи поставок «Выполнение заказа клиента»

10.3. Реализация улучшения процессов на практике (на примере SCOR)

Основные фазы SCOR-проекта направлены на реинжиниринг бизнес-процессов, проведение бенч-маркинга и анализа наилучших примеров цепей поставок, а также создание в результате собственной референтной модели цепи поставок. Ниже приведены основные этапы проекта внедрения SCOR [15,16]:

1. Организационная подготовка на предприятии к проведению проекта, достижение компромисса между различными отделами, создание на предприятии команды единомышленников для реализации задуманного проекта (1 неделя).
2. Анализ цепей поставок конкурентов (2-4 неделя)
3. Анализ и улучшение материальных потоков, согласование стратегий конкурентного поведения и цепей поставок, а также материальных и информационных потоков (5-11 неделя)
4. Анализ и улучшение организации работ и информационных потоков (12-17 неделя)
5. Оценка предложенных изменений в финансовом выражении и реализация изменений (до 6 месяцев).

Необходимость анализа и реинжиниринга бизнес-процессов неоспорима. Проблемы лежат в области как методик внедрения, так и применимости некоторых положений самих западных моделей для российских предприятий. Начнем с проблем внедрения. Многие отечественные предприятия уже имеют опыт работы с консалтинговыми фирмами по реинжинирингу бизнес-процессов и внедрения информационных систем, в частности, ERP-систем.

Опыт показал, что на наших предприятиях очень сложно систематизировать необходимые данные и документацию для описания бизнес-процессов. Поэтому затраты времени и сил на внедрение SCOR будут выше, чем на западе. К тому же внедрение SCOR потребует и определенной модернизации информационных технологий на предприятии. Сама же методика SCOR содержит ряд показателей, которые никогда не рассчитывались на отечественных предприятиях и которые, на наш взгляд, и в самой методике недостаточно четко прописаны (например, адаптивность цепи поставок). Да и где взять оценку цепей поставок конкурентов и средние значения по отрасли (в России, в отличии от

США, пока нет таких компаний, как PMG (Performance Management Group, предоставляющих подобную информацию за 5000 долларов)? Потенциально внедрение SCOR позволит описать бизнес-процессы цепей поставок, измерить их эффективность и определить источники улучшения цепей поставок. Но реально нужно осознавать весь объем подготовительных работ по сбору информации и внутрифирменной реорганизации на работу в SCOR (средний бюджет внедрения SCOR в Европе составляет около 500 тысяч евро).

Контрольные вопросы

1. К основным средствам моделирования бизнес-процессов относятся:

    a) ARIS
    b) RFID
    c) SCOR
    d) ERP

2. Средствами моделирования бизнес-процессов, разработанными специально для цепей поставок, являются:

    a) UML
    b) IDEF
    c) SCOR
    d) XML

3. Основными процессами макроуровня SCOR модели являются:

    a) Планирование
    b) Регулирование
    c) Изготовление
    d) Анализ

4. Недостатками SCOR модели являются:

    a) Многоуровневое построение
    b) Ориентирование на отдельное предприятие, а не цепь поставок в целом

c) Отсутствие учета до- и послепродажных стадий жизненного цикла изделий
d) Отсутствие инструментария для контроля и управления изменениями бизнес-процессов

Общими недостатками всех средств моделирования бизнес-процессов цепей поставок являются:

a) Отсутствие инструментария для оптимизации бизнес-процессов
b) Стандартизированное описание бизнес-процессов
c) Различные формы представления описания бизнес-процессов
d) Отсутствие инструментария для выявления и анализа устойчивости бизнес-процессов

Основными элементами базовой модели в методике «КОМПАС» являются:

a) Информационная модель
b) Транспортная модель
c) Функциональная модель
d) Организационная модель

К элементам реинжиниринга бизнес-процессов относятся:

a) Ликвидация «лишних» элементов бизнес-процессов
b) Сокращение длительности выполнения бизнес-процессов
c) Снижение затрат на выполнение бизнес-процессов
d) Определение критериев оценки эффективности выполнения бизнес-процессов

Оптимальный процесс – это:

a) Результативный процесс
b) Эффективный процесс
c) Результативный и эффективный процесс
d) Процесс с минимальным временем выполнения

9. Основными критериями оптимизации процессов в цепях по ставок являются:

   a) Минимизация затрат
   b) Максимизация уровня сервиса
   c) Максимизация длительности цикла поставки
   d) Максимизация скорости реакции цепи поставок

Вы можете получить «Форт-Т» любого цвета,
при условии, что этот цвет будет черным.

Генри Форд

Глава 11. Построение системы интегрированного управления и координации цепей поставок

В данной главе будут рассмотрены следующие основные вопросы:

- Какие существуют стратегии интегрированного управления и координации цепей поставок
- Как реализуются концепции JIT «Точно-во-время» и JIS «Точно-в-последовательности» в промышленности на практике (на примере завода Фольксваген)
- Какие существуют стратегии интегрированного управления и координации цепей поставок, ориентированные на торговлю
- Чем отличаются и где применяются концепции QR, ECR и CPFR
- Какие существуют стратегии пополнения запасов на основе ответственности поставщиков
- Чем отличаются и где применяются концепции Kanban и VMI
- Практические рекомендации по выбору стратегии интегрированного управления и координации цепей поставок

11.1. Стратегии интегрированного управления и координации цепей поставок

К основным стратегиям интегрированного управления и координации цепей поставок *на уровне отношений предприятия с поставщиками и клиентами* относятся:

- JIT (Just-In-Time) – точно вовремя,
- JIS (Just-In-Sequence) – точно в последовательности,
- VMI (Vendor-Managed Inventory) - запасы, управляемые клиентом,
- Kanban с ответственностью поставщиков,

- ECR (Efficient Consumer Response) – эффективное клиентоориентированное реагирование,
- QR (Quick Response) – быстрое реагирование.

К основным стратегиям интегрированного управления и координации цепей поставок *на уровне цепи поставок* относятся:

- CPFR (Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment) – совместное планирование, приобретение и прогнозирование,
- SCEM (Supply Chain Event Management) – управление событиями в цепях поставок,
- SCMo (Supply Chain Monitoring) – мониторинг цепей поставок.

Данные стратегии кооперации изначально представляли собой информационную интеграцию предприятий с целью синхронизации и актуализации данных о потребностях и запасах в цепи поставок. Но уже первые проекты показали, что одной информационной интеграции недостаточно – старые бизнес-процессы и модели планирования не были приспособлены для реализации интегрированного информационного пространства. В связи с этим в настоящее время фокус переместился с уровня информационных технологий в функционально-организационную плоскость.

Всю совокупность стратегий интегрированного управления и координации цепей поставок можно разделить на две группы:

- стратегии, ориентированные на производство,
- стратегии, ориентированные на торговлю

Всю совокупность стратегий интегрированного управления и координации цепей поставок можно разделить на:

- **Взаимодействие предприятия с поставщиками и клиентами и взаимодействие во всей цепи поставок;**
- **Стратегии, ориентированные на производство и ориентированные торговлю.**

11.2. Стратегии, ориентированные на производство

11.2.1. JIT (Just-In-Time) – точно вовремя

Все современные технологии координации цепей поставок основаны на синхронизации бизнес-процессов участников цепи поставок с использованием информационных технологий. Впервые данный принцип был применен в концепции *Just in Time (JIT)* (точно вовремя).

В связи с этим представляется целесообразным кратко рассмотреть ее основы. JIT (точно вовремя) впервые был внедрен в японском автомобильном концерне Toyota. Целью концепции является осуществление закупок и поставок в соответствии с актуальными потребностями. Концепция Just in Time получила широкое распространение в 60-е гг. XX века.

Just in Time основана на синхронизации объемов и качества поставок в соответствии с оперативными потребностями производства. Ключевыми элементами Just in Time являются интегрированная обработка информации, сегментация производства и поставок, синхронизированных с производством. Концепция Just in Time нашла применение главным образом в автомобильной промышленности. Одной из основ JIT является классификация материалов, поставляемых по концепции Just in Time, которая представлена в таблице 11.1.

Таблица 11.1.

Комбинированный анализ изделий в концепции Just in Time

Признак классификации	Содержание
XYZ	Классификация продуктов по точности прогнозирования
ABC	Классификация продуктов по соотношению цена – количество
LMN	Классификация продуктов по физическому объему

Как показывает практика, для концепции Just in Time в первую очередь подходят материалы ALX (см. рис. 11.1).

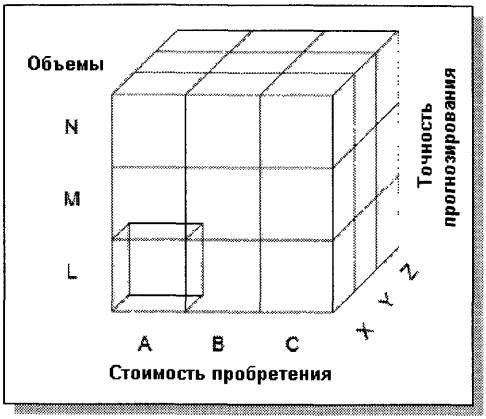


Рис. 11.1. Матрица анализа структуры изделий концепции для концепции Just in Time

Эффективность концепции Just in Time заключается в возможности снижения времени производственного цикла до 60%, повышения производительности до 30%, снижения уровня запасов до 40%, снижения затрат на контроль качества до 25%, сокращения складских площадей до 15%.

11.2.2. JIS (Just-In-Sequence) – точно в последовательности (на примере компании Фольксваген)[1]

Требования современного рынка, связанные с индивидуализацией продуктов и единичным/мелкосерийным производством, ставят перед предприятиями новые задачи управления поставками «точно вовремя». Так появилась концепция JIS Just-in-Sequence (точно в последователь-

[1] Немецкий материал данного параграфа подготовлен директором по логистике компании Фольксваген Саксония в период внедрения концепции «Производство в партнерстве» д-ром Вернером Олле. Концепция «Производство в партнерстве» получила Немецкий логистический приз в 1998 г. Полная версия данного материала представлена в [283]

ности). Концепция Just-In-Sequence – точно в последовательности – является расширением JIT. Ее суть состоит в том, что комплектующие поставляются не только точно вовремя, но и согласно заданной фокусной компанией последовательности выпуска конечного изделия (например, согласно чередованию партий автомобилей различной комплектации на сборочном конвейере).

Применение принципов JIT и JIS (Just-in-Sequence) позволило таким гигантам рынка, как Toyota, Ford, Volkswagen значительно повысить эффективность управления логистикой и производством. Например, компания Johnson Controls является субконтрактором компании Ford и может принять заказ на изготовление автомобильного сиденья и исполнить этот заказ в течение четырех часов. Компания Volkswagen Sachsen в Саксонии (Германия) реализовало логистическую концепцию, в рамках которой в радиусе 10 километров от сборочного завода создан кластер субпоставщиков, что позволило, во-первых, в полной мере реализовать концепции Just-in-Time и Just-in Sequence (чередование партий Golf и Passat), во-вторых, снизить глубину производства до 30 %, в третьих – существенно улучшить основные логистические показатели эффективности. Именно на сочетании JIT и JIS основана представленная в этом параграфе логистическая концепция компании Фольксваген Саксония «Производство в партнерстве». Для того, чтобы наилучшим образом понять сущность и эффективность JIT и JIS, рассмотрим пример.

Ключевая логистическая стратегия ООО Фольксваген Саксония (Volkswagen Sachsen GmbH)

Построение концепции «Производство в партнерстве» началось на заводе Volkswagen Sachsen GmbH в середине 1992 и в настоящее время является одним из лучших в Германии образцов логистических стратегий в области поставок материалов в фокусную компанию – сборочный завод Фольксваген. Поставка материалов на сборочный завод состоит из двух основных частей:

- Поставка 32 готовых модулей: по 16 для каждой из моделей «Golf» и «Passat» - в оперативно задаваемой сборочным заводом последовательности с расположенных в близи сборочного завода поставщиками модулей и в соответствии с тактировкой сборочной линии,

- Поставка остальных покупных деталей с расположенных вблизи сборочного завода логистических провайдеров, которые складируют эти детали, формируют необходимые партии поставок в соответствии с оперативными заявками сборочного завода и частично выполняют функции предварительного монтажа в соответствии с тактировкой сборочной линии.

Такой подход изменяет все производство, как свидетельствует рисунок 11.2.

Рис. 11.2. Логистическая концепция сборочных цехов B6/ A5, завод в г. Мозель

Изготовление в соответствии с заданными последовательностями и формирование соответствующих партий поставок внешними логистическими провайдерами приводят к тому, что две трети всех покупных деталей поставляются на сборочный завод в Мозель в соответствии с оперативными изменениями последовательности производства разных моделей автомобилей. Поставщики модулей и логистические провайдеры несут ответственность за поставку до этапа, когда его модуль или деталь поступает в сборочный цикл. Сотрудники сборочного цеха – четыре сотрудника в смену – выполняют лишь контролирующие функции.

Такая концепция основана на тщательном планировании, информационных технологиях, надежных партнерах и инновативной логистике, предполагающей высокую точность и ответственность. Но началом по-

строения является именно ментальная инновативность, т.е. готовность передать ответственность внешним партнерам и ограничить себя лишь ключевыми компетенциями.

Целевые постановки модульной стратегии

В модульной стратегии объединяются стратегические цели производства и логистики. Целью производства является повышение гибкости процессов и повышение эффективности и производительности. Целью логистики является обеспечение производства необходимыми материалами с оптимизацией запасов, по возможности без применения складов на основе концепций Just-in-Time-Konzepte и Just-in-Sequence с одновременным снижением логистических затрат и повышением уровня логистического сервиса. Модульная стратегия делает возможным достижение этих целей.

На заводе Фольксваген Саксония были определены 16 модулей продукта для аутсорсинга (см. рис. 11.3). За счет этого было снижено время сборки на треть, а глубина производства составила менее 20%. Но модульная стратегия привела и к повышению сложности логистики, что вызвало необходимость поиска новых решений для учета многовариантности продукции и поставок.

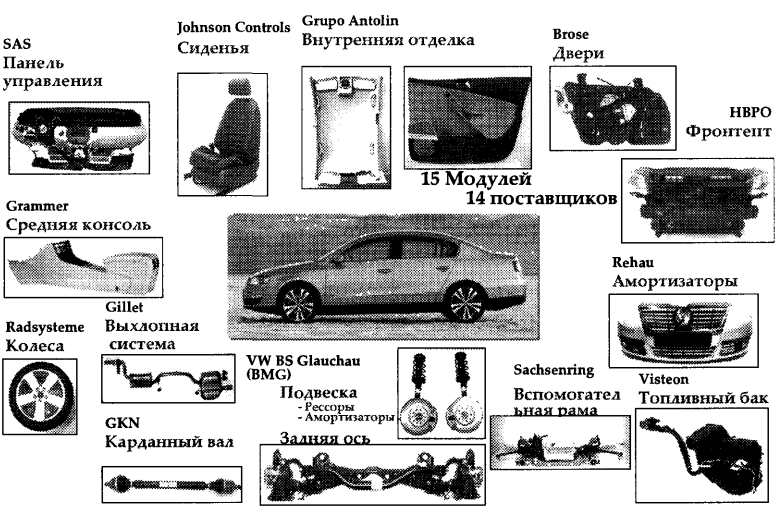


Рис. 11.3. Модульная стратегия Volkswagen Sachsen

Поставщики – больше, чем внешнее приобретение модулей

Современные тенденции производства, известные под терминами «production sharing» (разделение производства) и «responseability sharing» (разделение ответственности) играют важную роль и в современной логистике. Поставщики модулей, известные также как системные поставщики, являются больше чем поставщиками продукции. Они несут полную ответственность за поставки и качество продукции. Модули поступают на сборочную линию *без контроля качества.* Системные поставщики выполняют весь комплекс логистических процессов: закупают самостоятельно более 5000 деталей, обрабатываю заказа сборочного завода, преобразуют эти оперативные заказы в собственные планы производства и логистики. Системные поставщики ответственны также и за управление тарой, транспортировку и поставку своих модулей на соответствующий этап сборочного цикла собственными средствами механизации. Системные поставщики ответственны и за инновации в свои модули, их развитие и соответствие современных требованиям.

Для поддержки модульной стратегии реализуется также географическая стратегия. Системные поставщики располагаются в одной промышленной зоне вблизи сборочного завода (удаленность не более 10 километров).

Фактор «время» как измеритель логистических процессов

В концепциях JIT/JIS фактор «время» играет ключевую роль. Логистическое управление временем основано на так называемом «запасе времени», т.е. периодом между поступлением лакированного кузова автомобиля на сборочную линию и достижением этим кузовом того участка сборочной линии, где к нему должен быть монтирован соответствующий модуль. За этот период времени поставщик должен организовать и выполнить все процессы поставки модуля. Запас времени на ликвидацию возможных нарушений минимален.

Данная концепция наглядно показан на примере панели управления, изготавливаемой и поставляемой фирмой SAS на рис. 11.4. У компании SAS есть 200 минут для выполнения заказа. Запуск кузова в 8:00 вызывает следующую последовательность действий, которая представлена в таблице 11.2.

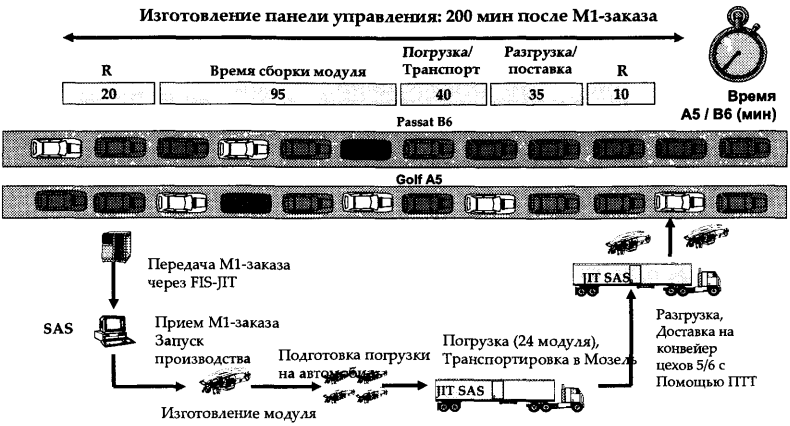


Рис. 11.4. JIT-реализация компанией SAS: панель управления для B6/ A5

Таблица 11.2.

Бизнес-процесс поставки модуля в концепции JIS

8.00	Запуск лакированного кузова на конвейер в соответствии с заказом клиента; формирование документации на автомобиль и передача данных в компанию SAS.
8.01	Прием и обработка данных в SAS, запуск производства панели управления для индивидуального заказа клиента – этот процесс повторяется каждые две минуты для всех новых кузовов, входящих на конвейер
8.02 до 9.35	Изготовление 24 панелей управления, время изготовления одной панели – 45 минут, включая контроль качества
9.36 до 9.55	Механизированная погрузка 24 панелей управления на специальный трейлер
9.56 до 10.15	Транспортировка на завод в г. Мозель, удаленность 3 км.
10.16 до 10.35	Стыковка трейлера со специальным местом разгрузки и разгрузка
10.36 10.50	Доставка панелей управления с помощью подъемно-транспортной техники к соответствующему участку и вмонтирование модуля в автомобиль.

В идеальном случае процесс поставки модуля длится 170 минут. Резерв 30 минут предназначен для устранения возможных нарушений

(информационные сбои, погрузка/разгрузка, производство). Если время 200 минут будет превышено, сборочная линия постепенно останавливается. Это затрагивает и всех других поставщиков. Насколько важным является соблюдение установленных временных рамок, показывают следующие цифры: 45 поставок панелей управления ежедневно (в три смены), до 200 поставок ежедневно других модулей другими поставщиками, около 240 поездок грузовых автомобилей всех системных поставщиков.

Целевые постановки провайдеров логистических услуг

Одновременно с введением модульной стратегии происходила и реструктуризация деятельности провайдеров логистических услуг с целью создания системных логистических провайдеров. Начав с обычного экспедиторского склада в 1992 г., объем и охват услуг были существенно расширены. В настоящее время объем логистических услуг, представляемый компанией Sachsentrans/BMG (предприятие группы Schnellecke-Gruppe), состоит из четырех основных частей:

- работа с общим объемом деталей в крупногабаритной таре (GLT) на общей складской площади или в малогабаритной таре (KLT) с помощью автоматизированной системы складирования,
- формирование партий с учетом последовательностей (около 30 различных объемов деталей) для различных участков сборочной линии и предварительный монтаж (около 25 других объемов деталей),
- полная ответственность за процессы - от поступления товара, складирования, транспортировки до поставки на сборочную линию,
- определение потребностей в поставках частей на сборочную линию непосредственно на участках поставки деталей на сборочной линии.

Такой объем работ является искусством «высшего пилотажа» и может быть выполнено только системным логистическим провайдером (рисунок 11.5).

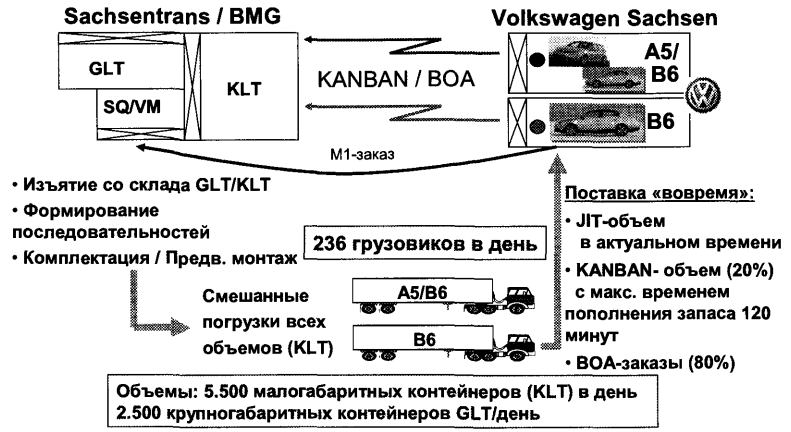


Рис. 11.5. Системный подход к предоставлению логистических услуг

Логистический провайдер, как и поставщики модулей, получает информацию о потребностях непосредственно со сборочного конвейера фокусной компании. Т.к. запрашиваемые детали (партии которых формируются исходя из последовательности запуска кузовов в производство) используются на различных участках сборочной линии, провайдер должен работать одновременно с приблизительно 30 различными интервалами времени. Для других деталей потребность определяется по методике KANBAN[2] , причем потребность в деталях определяют и передают со специальных радиоуправляемых терминалов сотрудники логистического провайдера. Максимальное время пополнения запаса, как правило, составляет 120 минут. Сигнал о потребности запускает процессы изъятия со склада, комиссионирования и предварительного монтажа у расположенных в радиусе 7 км от фокусной компании подразделений логистического провайдера. Так, например, уже через 5 секунд после передачи исходного сигнала запускается процесс изъятия мате-

[2] Потребность в деталях на сборочной линии по методике KANBAN определяется исходя из *фактического потребления деталей* на каждом рабочем месте. На практике это выглядит так: специальные персонал на велосипедах ездит по цеху, отслеживает уровень потребления деталей (на специальных табличках на рабочих местах или же по порожней таре) и передает информацию о необходимости пополнения запаса. В методике BOA потребность в деталях определяется исходя из *планов производства.*

риала на автоматическом складе. О комплексности деятельности логистических провайдеров свидетельствуют следующие цифры: 5000 крупногабаритных и 3000 малогабаритных контейнеров в день, которые доставляются на сборочную линию 235 ездками грузовых автомобилей.

Максимальная эффективность логистики – формирование логистических сетей

Подобная стратегия формирования и управления процессами на основе взаимодействия с поставщиками модулей и логистическими провайдерами является основой *максимальной эффективности логистики, которую можно охарактеризовать одним показателем: результат, полученный клиентом, т.е. высокая устойчивость поставок и высокий уровень сервиса с оптимальными затратами.*

Здесь может возникнуть вопрос: предприятие, на 100 процентов зависящее от поставок внешних партнеров (при общем количестве поставок около 450 в день), является чрезвычайно подверженным различным сбоям и нарушениям. Многолетний опыт работы свидетельствует об обратном. С 1999 основной логистический показатель – доступность материалов - находится на высочайшем уровне 99%. Это означает, что по причине отсутствия необходимых материалов сборочная линия простаивает в среднем 2 минуты за 24 часа работы.

Именно тесное взаимодействие предприятий и их объединение в производственно-логистическую сеть позволяет эффективно реагировать на различные сбои и нарушения. Высочайший уровень доступности материалов и надежности поставок достигнут не за счет увеличения затрат, а за счет построения гибких бизнес-процессов. Если в среднем по автомобильной промышленности в Германии доля логистических затрат составляет 10-11% от оборота, то на заводе Фольксваген Саксония этот уровень составляет менее 4%, что является одним из лучших показателей в Европе. Такой результат является и следствием эффективного логистического контроллинга.

Ниже кратко приведены другие факторы, способствующие максимальной эффективности логистики в Фольксваген Саксония:

- процессное структурирование логистики на предприятиях с интеграцией в службах логистики функций закупок, производственной техники, контроля качества, управления производством, информационных систем, дистрибуции;
- минимизация запасов, по возможности отсутствие складов;

- стандартизированные форматы данных о материалах и деталях;
- развитие информационных и коммуникационных технологий (системы VIVA для полной визуализации процесса изготовления автомобиля и MTV для информирования о потребностях в модулях и деталях);
- доки для разгрузки модулей и деталей закреплены за каждым поставщиком.

«Производство в партнерстве» – логистическая концепция завода Фольксваген Саксония – является в определенной степени и конкурентной стратегией, ориентированной на лучшие мировые практики. В рамках концепции достигнуты выдающиеся логистические результаты, обеспечивающие максимальный уровень обеспечения производства материалами и своевременный выпуск автомобилей. Достигнутое существенное повышение логистической эффективности наглядно характеризуется снижением логистических затрат в расчете на один автомобиль на 40%, несмотря на повышение технологической сложности автомобилей. Успехи фокусной компании положительно сказываются и на поставщиках, формирующих экономический потенциал региона.

В ближайшем будущем, предприятия должны будут выполнять не только традиционные цели (затраты, качество, уровень сервиса), но и дополнительные цели, в первую очередь гибкость и скорость. Формированию производственно-логистических сетей, позволяющих, с одной стороны, оптимизировать уровень сервиса и затраты, а с другой – повысить гибкость и скорость, вне всяких сомнений принадлежит будущее.

11.3. Стратегии пополнения запасов на основе ответственности поставщиков

В практике управления цепями поставок можно выделить две стратегии пополнения запасов, основанных на ответственности поставщиков за своевременность поставок и наличие необходимых материалов в нужное время в нужном месте:

- KANBAN с ответственностью поставщиков и
- VMI (Vendor-Managed Inventory) – запасы, управляемые поставщиком.

11.3.1. KANBAN с ответственностью поставщиков

KANBAN с ответственностью поставщиков является современным этапом развития концепции KANBAN, разработанной в компании Toyota в 50-70-е гг. 20 в. Потребность в деталях на сборочной линии по методике KANBAN определяется исходя из *фактического потребления деталей* на каждом рабочем месте. На практике это выглядит так: работник ездит по цеху, отслеживает уровень потребления деталей (на специальных табличках на рабочих местах или же по порожней таре) и передает информацию о необходимости пополнения запаса.

Основными данными на KANBAN картах являются: номер и наименование детали, чертеж; вид тары, количество единиц детали в единице тары; данные о производителе и потребителе; номер карты, дата. На современных производствах бумажные карты KANBAN часто заменяются на электронные карты.

Основными данными на KANBAN картах являются: номер и наименование детали, чертеж; вид тары, количество единиц детали в единице тары; данные о производителе и потребителе; номер карты, дата.

Целями KANBAN является снижение запасов и повышение уровня наличия необходимых материалов. В производстве на основе применения KANBAN удается повысить гибкость на сборочных линиях и снизить время производственного цикла. KANBAN является децентрализованной концепцией планирования потребности в материалах, позволяющий существенно снизить затраты на планирование обеспечения материалами и управлять производством и запасами на основе фактического потребления материалов, а не на основе идеальных планов.

Предпосылками для успешного использования KANBAN являются:

- серийное и массовое производство,
- возможность прогнозирования потребления материалов,
- стандартизация деталей и материалов,
- возможность быстрой переналадки оборудования,
- мотивация и квалификация сотрудников.

KANBAN с ответственностью поставщиков предполагает выполнение всех работ по отслеживанию фактического потребления деталей/материалов и передаче информации о необходимости пополнения

запасов непосредственно поставщиком. Для этого заключаются «рамочные» договора, в которых оговаривается общее количество поставок, время поставок и требования к качеству поставок, а также технологии изготовления и цены. В объеме этих «рамочных» договоров осуществляются поставки уже по фактической необходимости в деталях. Переход к KANBAN с ответственностью поставщиков должен осуществляться постепенно, начиная с перевода 10-12% деталей на «Pull-принцип». В отдельных случаях (для С–материалов), возможно применение KANBAN и при единичном/мелкосерийном производстве.

11.3.2. VMI (Vendor-Managed Inventory) – запасы, управляемые поставщиком.

В концепции *VMI (Vendor-Managed Inventory)* ответственность за пополнение запасов последующего звена цепи поставок переносится на предшествующее звено цепи поставок. Впервые VMI был применен для пополнения запасов потребительских товаров в сети WallMart.

В классической системе (Pull-принцип) поставщики получают заказы от клиентов (предприятий-изготовителей). В системе VMI клиенты и поставщики синхронизируют информационные потоки о потребностях и запасах. На основе текущей информации о потребностях и запасах клиента поставщик самостоятельно определяет сроки и количество поставок, т.е. использует принцип «выталкивания» (Push-принцип).

Как и в KANBAN с ответственностью поставщиков, в концепции VMI ответственность за наличие необходимых материалов лежит на поставщиках. Поставщик сам определяет время и объем поставок исходя из данных об уровне запасов и прогнозах потребления товаров. Для достижения эффекта от использования концепции VMI необходимо как внедрение соответствующих информационных технологий, так и реинжиниринг бизнес-процессов и методов планирования. Отдельно должны рассматриваться вопросы надежности партнеров.

Примеры внедрения VMI в корпорации Hewlett Packard, Spartan Stores, Clariant Inc., Ace Hardware показали возможность снижения уровня запасов на 40%, доведения уровня сервиса до 95-99%, повышения степени использования мощностей до 40%, а также снижения затрат на транспортировку с 7% до 2,5% от себестоимости продукции [67].

К числу наиболее известных информационных систем для VMI следует отнести SupplyOn Inventory Collaboration (совместная разработка Bosch, Continental, Siemens VDO Automotive, ZF и SAP), SAP APO, Manugistics, INFLUE, SupplyWEB (Infor) и PipeChain.

Исследования для автомобильной отрасли показали, что KANBAN с ответственностью поставщиков эффективен при небольшом числе поставщиков, небольшой удаленности поставщиков и регулярных циклах поставок. VMI эффективен практически во всех случаях, но требует значительно большей организационной подготовки и более высокого уровня доверия и надежности поставщиков и потребителей.

Ответ на вопрос, какую стратегию применять: VMI или KANBAN с ответственностью поставщиков, зависит от многих факторов. Так, например, исследования для автомобильной отрасли показали, что KANBAN с ответственностью поставщиков эффективен при небольшом числе поставщиков, небольшой удаленности поставщиков и регулярных циклах поставок. VMI эффективен практически во всех случаях, но требует значительно большей организационной подготовки и более высокого уровня доверия и надежности поставщиков и потребителей.

11.4. Стратегии, ориентированные на торговлю

11.4.1. QR (Quick Response) – быстрое реагирование

Концепция Quick Response (быстрое реагирование) была разработана в середине 80-х гг. в текстильной и швейной отрасли США. Импульсом для зарождения концепции послужил тот факт, что, несмотря на эффективно работающие отделы предприятий этой отрасли, их деятельность в целом была малоэффективной. Выходом из сложившейся ситуации послужило целостное рассмотрение цепи поставок и создание системы обмена информацией между всеми участниками цепи поставок.

В качестве такой единой информационной концепции выступила концепция *Electronic Data Interchange (EDI)* – электронного обмена данными. Сутью концепции EDI является электронный, базирующийся на одноформатности данных обмен информацией между предприятиями. Основными преимуществами EDI являются:

- отсутствие многократного переучета одних и тех же данных,
- снижение объемов работ, выполняемых «вручную»,
- ускоренный обмен информацией.

В соединении с точной маркировкой штрих-кодами концепция EDI является базой концепции Quick Response. Индивидуальный штрих-код позволяет посредством его обычного сканирования выявить, например, место фактического пребывания партии продукта, количество возвратов продукции по причине брака и т. д.

Таким образом, концепция QR позволяет осуществлять мобильный обмен информацией между производителем и продавцом с помощью их информационно-технологического объединения. QR обеспечивает быстрое реагирование предприятий на изменения предпочтений потребителей.

11.4.2. ECR (Efficient Consumer Response) – эффективное клиентоориентированное реагирование

Концепция ECR (Efficient Consumer Response) тесно связана своим происхождением с другими стратегиями координации цепей поставок, прежде всего – с концепциями JIT и QR. Кроме того, она затрагивает такие концепции, как Continuous Replenishment, Cross Docking, концепция синхронизации производства и интеграции поставщиков [183]. ECR представляет собой сплав концепций, которые должны способствовать «кооперативной оптимизации цепи поставок – от предприятия-производителя и предприятия-продавца до покупателя».

ECR ориентирована прежде всего на оптимизацию каналов дистрибьюции и сокращение затрат, не связанных с процессом создания стоимости. ECR также подразумевает внедрение соответствующих информационных технологий, реинжиниринг бизнес-процессов и методов планирования. Внедрение ECR позволяет добиться снижения запасов в дистрибуционных центрах до 40%, улучшение использования транс-

портных мощностей до 20%, снижение сроков выполнения заказов клиентов и процессных затрат до 50% [183].

Исходным пунктом разработки концепции ECR является тот факт, что лишь потребитель, чьи потребности удовлетворены, является «хорошим» потребителем. Поэтому очень важным является знание потребностей потребителя, чтобы впоследствии иметь возможность «поставить нужный продукт в нужном количестве в нужное время в необходимом количестве в конкретно указанное место». Следствием этого подхода является необходимость перехода от Push-концепции, согласно которой производство и торговля являются противоположностями, к интерактивной, управляемой спросом Pull-концепции.

Согласно Push-принципу, производство и торговля «толкают» свои товары в точку продаж – вне зависимости от того, каковы потребности покупателя. Pull-принцип, наоборот, заключается в том, что покупатель «притягивается» к точке продаж.

Для получения точного знания о потребностях потребителя неизбежна интеграция информационной цепи – предпосылкой для нее является тесная кооперация производства и торговли. В концепции ECR особую роль играют кооперация и переработка информации, особенно между областями маркетинга и логистики.

Координация в концепции ECR охватывает следующие основные области (таблица 11.3).

Таблица 11.3.

Координация в концепции ECR

Сфера деятельности	Содержание
Маркетинг	Category Management – управление категориями (объединение нескольких товаров в конкретную группу товаров), Efficient Store Assortment – эффективный подбор ассортимента товаров, Efficient Promotion – эффективное продвижение товара к конечному потребителю, Efficient Product Introduction - эффективное введение нового продукта.
Логистика	Efficient Replenishment – эффективное размещение товаров

Координация в логистике (область поставок) подразумевает, прежде всего, Efficient Replenishment - эффективное размещение товаров и возможна относительно трех аспектов:

Таблица 11.4.

Интеграция и координация в логистике в концепции ECR

Подход	Содержание
Интеграция информационных потоков	Преследует цель создания т. н. «локальных решений», когда партнеры в цепи поставок используют различные информационные технологии для обработки информации. Это подразумевает обработку всех заказов «вручную», не исключается и передача информации в бумажном виде. Возникающие при этом затраты и потери времени должны быть снижены посредством интеграции отдельных информационных систем. Целью этой интеграции является возможность беспрепятственного извлечения всеми партнерами – участниками цепи поставок сохраненной информации об интересующих их действующих лицах. Для этого все данные должны храниться централизованно, а обрабатываться децентрализованно.
Эффективное структурирование (преобразование) потоков товаров	Подразумевает структурирование комиссионирования, оборота, хранения и транспортировки товаров. Затем проводится совокупный анализ «мест стыковки» и находятся пути их улучшения. Таким образом можно управлять временем поставки и путями комиссионирования.
Реструктурирование существующих заказов и запасов	Целостное понимание систем поставок и снабжения, которые генерируются посредством торгового поручения на покупку с помощью стандартизированных и действующих длительное время процессов поставок и размещения. Предпосылкой для этого является трансферт реальных данных о продажах из непосредственной точки продаж к месту производства товара, где эти данные вызывают автоматические поставки с учетом фактического спроса.

Одним из ярких примеров использования концепции ECR является фирма L' Oreal, использующая фокусированную кооперацию с целью увеличения доли присутствия своих товаров в магазинах. Оптимизация

доли присутствия своих товаров в магазинах было для фирмы важнейшим стратегическим кооперационным проектом. Так решают проблему непрерывного обновления ассортимента и возникающих при этом расходов на планирование предприятия-производители косметики L'Oreal Paris, Jade Maybelline N.Y. и Garnier.

Пример. DM.
Одной из первых внедрила стратегию ECR немецкая сеть розничной торговли потребительскими товарами *dm*. С 2001 г. предприятие использует информационную систему с использованием Интернет. Поставщики уже утром получают информацию о продажах за предыдущий день. Они также могут просмотреть данные по покупкам товаров конкурентов и даже проанализировать чеки отдельных покупок. Помимо возможности своевременной реакции на изменения объемов продаж и быстрого пополнения запасов, поставщики могут оценить эффективность той или иной рекламной компании, заранее проинформировать изготовителей о необходимости увеличения мощностей для производства определенных видов продукции и т.д. Аналогичные системы внедрили или внедряют практически все крупные торговые сети, например, Tesco в Великобритании.

11.4.3. CPFR ("Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment") – совместное планирование, прогнозирование и приобретение материалов

Понятие Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) – совместное планирование, прогнозирование и пополнение запасов – тесно связано с концепцией ECR и рассматривается как результат ее дальнейшего развития и совершенствования [4, 141]. Концепция CPFR поддерживается Ассоциацией межиндустриальных торговых стандартов (Voluntary Interindustry Commerce Standards Association – VICS). Крупнейшие американские концерны «Wal-Mart» и «Warner-Lambert» одними из первых интегрировали концепцию CPFR в свои бизнес-процессы. Позднее к ним присоединились «Heineken USA» и «Procter&Gamble».

В отличие от ECR-проектов, ориентированных исключительно на сферу торговли, в концепции CPFR рассматриваются не только маркетинговые и логистические процессы, но также и такие процессы, *как совместное планирование, прогнозирование и кооперативное управление.*

CPFR направлена на повышение качества и актуальности данных. Основными элементами CPFR-модели VICS-Ассоциации является Продавец (Seller) и Продавец (Buyer), вступающих в кооперацию с целью качественного удовлетворения потребностей Клиента

Основное отличие CPFR от ECR состоит в расчете прогнозов потребностей и поставок, которые постоянно актуализируются. У участников цепи поставок появляется возможность сравнения текущих и плановых значений параметров выполнения работ и адекватной адаптации собственных планов. CPFR как стратегия управления цепями поставок является наиболее перспективной: 35% предприятий готовы работать на базе CPFR – стратегии, 19% уже внедрили ее.

Кооперационные и координационные отношения предприятий подразделяются на 4 основные группы (см. табл. 11.5).

Таблица 11.5.

Кооперационные отношения в концепции CPFR

Вид деятельности	Содержание
1. Strategy &Planning (Стратегия и планирование)	Определение и описание процессов взаимодействия Определение спектра продуктов и их позиционирование Разработка стратегических планов
2. Demand & Supply Management (Управление спросом и поставками)	Определение методов прогнозирования спроса и осуществления поставок
3. Execution (Исполнение)	Расчет оперативных заказов Подготовка и завершение заказов Прием товаров и складирование Осуществление трансакций Оплата
4. Analysis (Анализ)	Анализ выполнения планов Расчет результатов Расчет ключевых индикаторов деятельности (KPI) Предложения по корректировке планов

Основное отличие CPFR от ECR состоит в расчете прогнозов потребностей и поставок, которые постоянно актуализируются.

По сравнению с моделью SCOR, в процессной модели CPFR представлены *практические шаги для реализации кооперации* (см. рис. 11.7.)

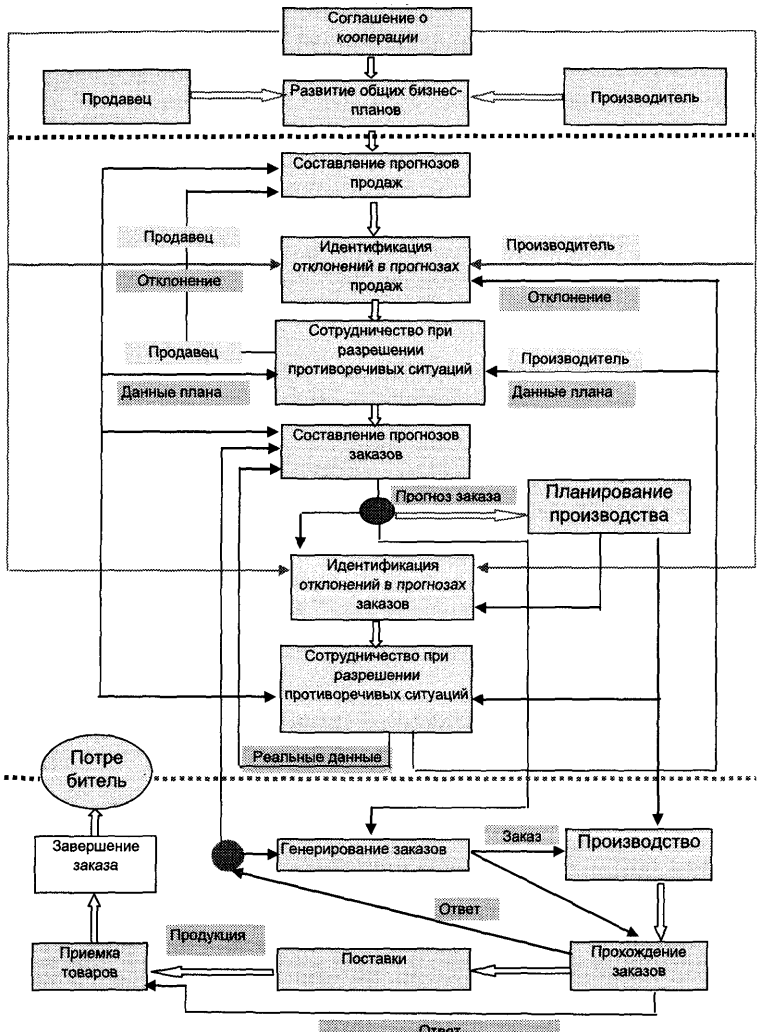


Рис. 11.7. Процессная модель CPFR-концепции

Суть процессной модели CPFR – объединение всех партнеров с целью тесного сотрудничества, основанного на предоставляемых обеими сторонами ресурсах и информации. После того, как определены цели и условия кооперации, начинается этап совместного прогнозирования. Составляется прогноз продаж исходя из требований общих бизнес-планов. Далее составляется календарный план «исключительных событий», таких как, например, избыточное или недостаточное число филиалов, маркетинговые акции, внедрение новой продукции, т. е. событий, которые могут повлиять на продажу продукции. На этом этапе спланированные процессы и прогнозы переходят в практический бизнес-процесс и начинается процесс поставок.

Пока отклонения от прогнозов не затрагивают выполнение бизнес-процессов, потребности в заказах на поставку существуют автономно и планы не изменяются на заданном временном отрезке. В случае существенных отклонений от прогнозов сотрудники получают информацию от производителя и начинается сотрудничество для решения проблем.

Ключевые достоинства CPFR состоят в:

- едином для всех партнеров прогнозирование спроса потребителей;
- координации сотрудничества производителя и продавца от прогноза продаж до решения проблем, возникающих в бизнес - процессах;
- динамическом подходе к решению проблемных ситуаций;
- гарантированных поставках продукции от продавцов и производителей, базирующихся на общем прогнозировании.

В P&G решение CPFR становится центральным при взаимодействии с торговыми партнерами. CPFR позволяет им работать с компаниями розничной торговли, обмениваясь с ними своими планами, что дает фирме возможность более тщательно подходить к процессу планирования и к выполнению каждодневных операций. P&G использует систему CPFR компании Syncra Systems. Передача данных по сети защищена с помощью программного обеспечения Cyclone Commerce.

В рамках модернизации цепи поставок производителя товаров для сада и огорода компании Scotts Company, имеющего 10 региональных представительств, было установлено новое программное обеспечение с целью интеграции свыше 50 унаследованных систем в одну, объединяющую базовые функции, такие как дистрибуция и производство. Компания также интегрировала в систему ERP информацию из внешних пунктов продаж с помощью системы интеграции данных предприятия.

За счет упрощения операций и укрепления связей с торговыми партнерами компания сократила суммарный объем запасов в цепи поставок на 30%. Теперь Scotts готова эффективно использовать эти приложения вместе с системой CPFR для того, чтобы реализовать интерактивную цепь поставок со своими партнерами.

CPFR достаточно широко используется ведущими поставщиками при организации интерактивных коммуникаций со своими торговыми партнерами. Технологии, использующиеся для поддержки движения товаров от производителя через дистрибьютора к розничному магазину, отличаются высокой сложностью и столь же высокой ценой. Такие сети сотрудничества на базе Web-технологий могут практически мгновенно выдавать информацию, позволяющую, по мнению экспертов, сэкономить тысячи долларов за счет *сокращения наличия нужных товаров в нужном месте*. Более того, цепи поставок постепенно движутся по направлению к своду открытых стандартов, получившему название Global Commerce Initiative, который позволит поддерживать взаимодействие между многочисленными поставщиками и торговыми организациями на глобальном уровне, а не в пределах частной цепи поставок.

Несмотря на то, что внедрение CPFR имеет многие преимущества, широкое распространение эта система пока получила только у крупных поставщиков потребительских товаров. Одна из главных проблем CPFR заключается в необходимости синхронизации большого количества данных и, следовательно, особых требованиях к информационным технологиям. Еще более важной проблемой является уровень доверия предприятий в цепи поставок.

Одна из главных проблем CPFR заключается в необходимости синхронизации большого количества данных и, следовательно, особых требованиях к информационным технологиям. Важной и значимой проблемой является уровень доверия предприятий в цепи поставок.

У CPFR есть и ряд технических недостатков. Информационные системы для CPFR относятся по большей части ориентированы на ограниченное число поставщиков и торговых организаций, имея архитектуру «точка-точка». Но если со временем они станут глобальными системами синхронизации данных, базирующимися на открытых стандартах, то приобретут исключительную практическую значимость.

11.5. Практические рекомендации по выбору стратегии интегрированного управления и координации

На основе проведенного выше анализа основных концепций интеграции и координации цепей поставок предоставляется возможность их классификации относительно ряда ключевых критериев (см. табл. 11.6).

Таблица 11.6.

Классификация основных концепций координации цепей поставок

Критерий	JIT	QR	ECR	CPFR
Отрасль	Автомобилестроение	Текстильная	Торговля	Торговля
Отдел предприятия	Отдел логистики	Отдел логистики	Отдел логистики и маркетинга	Отдел логистики
Расходы на организацию	От незначительных до средних	Средние	От средних до высоких	Высокие
Расходы на ИТ	От незначительных до средних	Высокие	Высокие	Средние
Степень кооперации	Средняя	Высокая	Высокая	Очень высокая
Кто несет риск	Поставщик	Общий	Общий	Общий
Динамика, гибкость	Незначительная	Средняя	Высокая	Очень высокая
Горизонт времени	Оперативный	Тактико – оперативный	Тактико - оперативный	От стратегического до оперативного

Для того, чтобы стратегии координации были успешно реализованы, необходимо подчинять их определенной *технике кооперирования*. Что понимается под техникой кооперирования? Тот, кто хочет кооперировать, должен, прежде всего, давать себе отчет в том, в каких областях или функциях сотрудничество с другим предприятием может привести

к экономической выгоде и росту конкурентоспособности. Предприятия должны быть способными обосновать свои потребности в кооперации.

При окончательном выборе партнера по кооперации необходимо рассмотреть следующие ключевые моменты:

- нужно провести «просвечивание» потенциального партнера по кооперации, особенно в отношении его финансовой надежности,
- документы о юридической форме собственности, предъявляемые кооперирующими предприятиями друг другу, должны быть похожи по содержанию,
- предприятия - партнеры должны быть одинаково сильными и динамичными,
- должны быть детально согласованы соответствующие исполнители, руководящие принятием управленческих решений для каждой из сторон,
- количество участников кооперации должно быть в пределах 2-5 предприятий.

После того, как поиск партнеров по кооперации завершается, предприятия должны определить область и экономические цели сотрудничества, а также установить бизнес – план и временные рамки для кооперации. Вышеперечисленные положения можно объединить понятием «планирования кооперации».

В завершение, нужно еще раз определиться с решением таких организационных вопросов, как, например, порядок функционирования и области действий, ответственность за принятие управленческих решений и доверие, правовая форма сотрудничества, распределение затрат и прибыли при практическом осуществлении кооперации и пр.

После проведения анализа и оценки исходной ситуации и разработки стратегии взаимодействия следует этап внедрения кооперационных отношений. Последующие этапы менеджмента и контроллинга кооперации направлены на оперативный мониторинг взаимодействий и устранение несоответствий (улучшение взаимодействий). Следует еще раз подчеркнуть, что ключевыми факторами успешной координации является *взаимное доверие и компетентность* участников цепи поставок.

Контрольные вопросы

1. К стратегиям интеграции и координации цепей поставок на уровне «предприятие – поставщик» относятся:

   a) SCEM
   b) JIT
   c) JIS
   d) VMI

2. Стратегия Just-in-Sequence:

   a) Учитывает точность поставок в определенные места на сборочной линии
   b) Не предполагает использование информационных технологий
   c) Учитывает последовательность запуска различных вариантов изделий на сборочной линии
   d) Учитывает фактическое потребление продукции в розничной торговле

3. К стратегиям пополнения запасов на основе ответственности поставщиков относятся:

   a) ERP
   b) ECR
   c) VMI
   d) QR

4. В стратегии CPFR реализуются следующие функции:

   a) Стратегическое конфигурирование цепи поставок
   b) Прогнозирование спроса
   c) Управление запасами
   d) Планирование выполнения заказов в цепи поставок

5. Для эффективной реакции на изменения фактического потребления продукции в розничной торговли применяются стратегии:

   a) JIT

b) CPFR
c) ECR
d) Kanban

6. Для совместного прогнозирования спроса в цепи поставок применяются стратегии:

a) ECR
b) VMI
c) CPFR
d) APS

7. В концепции CPFR:

a) Ответственным является отдел логистики
b) Риск разделяется между участниками цепи поставок
c) Очень высокие расходы на информационные технологии
d) Незначительные требования к уровню доверия в цепи поставок

Информация, которая у Вас есть, не та,
которую Вам хотелось бы получить.

Информация, которая Вам
на самом деле нужна, Вам недоступна.

Законы информации Спенсера

Глава 12. Информационные технологии для управления цепями поставок

В данной главе будут рассмотрены следующие основные вопросы:

- История развития информационных технологий для управления цепями поставок
- Какова роль информационных технологий в управлении цепями поставок
- Какие существуют виды информационных технологий для управления цепями поставок
- Сущность, назначение и эффективность ERP-систем
- Как провести проект внедрения ERP-системы и выбрать подходящую функциональность
- Сущность, назначение и эффективность APS-систем
- В чем заключаются особенности применения APS-систем
- Информационные технологии для мониторинга цепей поставок
- В чем заключаются особенности применения SCEM-систем
- Как построить комплексную информационную инфраструктуру цепи поставок

12.1. Роль и виды информационных технологий в управлении цепями поставок

Информация играет ключевую роль в координации бизнес-процессов в цепях поставок. Информационные потоки связывают участников цепи

поставок, различные функции и задачи управления цепями поставок, а также уровни принятия решений при управлении цепями поставок. Например, для планирования производственного расписания используется информация о спросе на продукцию. Уровень запасов существенно влияют на время выполнения заказа в цепи поставок. Информация об оперативных изменениях спроса затрагивает изменения в тактических планах поставок, производства и закупок. Информация для управления складом позволяет существенно повысить эффективность управления запасами и уровень взаимодействия с поставщиками и клиентами.

Эффективное управление информацией невозможно без внедрения информационных систем. По сути, именно развитие информационных технологий позволяет реализовать идеи управления цепями поставок. Не случайно, что эта глава получилась самой длиной в книге – именно информационные технологии обеспечивают эффективное управление цепями поставок. Особую роль при этом играют корпоративные информационные системы. Выбор такой системы, которая внедряется на долгие годы и, по сути, становится информационной базой для принятия решений по управлению предприятием, должен осуществляться в соответствии со стратегией конкурентного поведения предприятия.

Так, например, многие автомобильные (например, BMW) и компьютерные (например, DELL) концерны, а также предприятия других отраслей, непосредственно выполняющие работы по индивидуальным требованиям клиента, активно инвестируют в информационные системы на основе Интернет-технологий, позволяющих клиенту конфигурировать продукт он-лайн. Далее эти данные передаются в ERP-систему фокусной компании.

Информация играет ключевую роль в координации бизнес процессов в цепях поставок. Информационные потоки связывают участников цепи поставок, различные функции и задачи управления цепями поставок, а также уровни принятия решений при управлении цепями поставок. Именно развитие информационных технологий позволяет реализовать идеи управления цепями поставок. Информационные технологии обеспечивают эффективное управление цепями поставок.

Этап разработки концепции информационных технологий является завершающим в построении системы управления цепями поставок. Соз-

дание единого информационного пространства (ЕИП), т.е. среды интегрированного планирования и управления всей цепи поставок, координации и коммуникации участников цепи поставок является важнейшей составляющей концепции управлении цепями поставок.

Разработка концепции информационных технологий для управления цепями поставок во многом определяется решениями, принятыми на этапах реинжиниринга бизнес-процессов и разработки модели интегрированного планирования и управления. В связи с эти возможны различные варианты построения системы информационной поддержки управления цепями поставок.

Основными целями использования информационных технологий для управления цепями поставок являются:

- достижение необходимого уровня информационной открытости (прозрачности) в отношении потребностей, загрузки мощностей и уровня запасов в цепи поставок;
- прогнозирование спроса, планирование загрузки мощностей и уровня запасов в цепи поставок;
- мониторинг бизнес-процессов и своевременное определение отклонений и нарушений в функционировании цепи поставок.

Информационные технологии, с одной стороны, обеспечивают выполнение бизнес процессов как внутри предприятия (например, по концепции MRP II), так и на межфирменном уровне (например, концепции CPFR, ECR, JIT), а с другой являются катализатором развития бизнес концепций (в данном случае справедлив тезис «технология определяет организацию»).

Всю совокупность информационных технологий для координации цепей поставок можно разделить на четыре группы:

Информационные технологии для внутрифирменного планирования и оперативного управления:

- ✓ ERP (Enterprise Ressource Planing – планирование ресурсов предприятия),
- ✓ MES (Manufacturing Execution Systems – системы оперативного управления производством),
- ✓ WMS (Warehouse Management Systems – системы управления складом),

- ✓ Системы комплексного бюджетирования на базе BI (Business Intelligence – бизнес-интеллект)

Информационные технологии для планирования и оперативного управления на уровне цепи поставок:

- ✓ APS (Advanced Planning Systems – системы расширенного планирования)
- ✓ SCEM (Supply Chain Event Management – управление событиями в цепях поставок)
- ✓ SCMo (Supply Chain Monitoring) – мониторинг цепей поставок.

Информационные технологии для технической инфраструктуры цепи поставок:

- ✓ RFID (Radio Frequency Identification – Радиочастотная идентификация данных),
- ✓ Trace&Tracking – системы отслеживания маршрутов,
- ✓ ГИС – геоинформационные системы.

Информационные технологии для технической реализации аналитической обработки и передачи данных в цепях поставок:

- ✓ BI (Business Intelligence – бизнес-интеллект): OLAP (On Line Analytical Processing – оперативный анализ данных), Data Mining, DSS (Decision Support Systems – системы поддержки принятия решений)
- ✓ EDI (Electronic Data Interchange– электронный обмен данными),
- ✓ XML (Extensible Markup Language – язык согласования форматов данных).

Далее рассмотрим историю развития информационных технологий для управления цепями поставок и отдельные виды перечисленных выше информационных технологий.

12.2. История развития информационных технология для управления цепями поставок

Информационные технологии стали неотъемлемой частью управления предприятием в 80-е гг. 20 в. С тех пор информационные технологии активно развиваются и приобретают все большее значение для эф-

фективного управления предприятием. Эволюция развития информационных технологий – от внутрифирменной автоматизации отдельных функций управления до интегрированного управления цепями поставок с использованием Интернет-технологий представлена на рис. 12.1.

Рис. 12.1. Эволюция развития информационных технологий для управления цепями поставок

Начало интенсивного развития современных информационных технологий в области управления производством и логистикой связано с созданием интегрированной системы управления предприятием (ИСУП) SAP/R2 на базе стандарта MRP (Material Requirement Planning – планирование потребности в материалах) [217]. С этого момента начался процесс изменения как принципов управления, так и форм организации производства и логистики. Концепция MRP (впоследствии MRP-II -Material Resource Planning – планирование материальных ресурсов) стала стандартом планирования и управления материальными ресурсами предприятия. Параллельно активно развивалась идея интеграции автоматизированных систем конструирования (CAD), контроля качества (CAQ) и управления производством (АСУП/CAM), получившая название компьютерно-интегрированного производства (CIM).

Следующим важным этапом развития ИТ в области управления стало создание систем класса ERP (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия). Данные системы обеспечивают планирование и управление как материальных, так и финансовых ресурсов предприятия. Функциональность оперативного управления на цеховом уровне была развита в MES (Manufacturing Execution Systems – системы оперативного управления производством)-системах, которые предна-

значены для оперативно-цехового планирования и управления, и могут использоваться как автономно, так и в качестве одного из модулей ERP-системы.

По мере развития межфирменной кооперации и координации стало очевидным, что функциональность и иерархическая идеология ERP-систем не полностью отвечает требованиям и особенностям управления цепями поставок. В связи с этим происходит расширение функциональности ERP-систем. Основным направлением новых разработок являются APS-системы (Advanced Planning Systems – системы расширенного планирования), предназначенные для оптимизации процессов планирования, в том числе на межфирменном уровне. Одновременно развиваются системы взаимодействия с клиентами (CRM – Customer Relationships Management) и поставщиками (SRM – Supplier Relationships Management).

Новый виток развитию информационных технологий придает Интернет и основанные на Интернет-технологиях концепции электронной коммерции B-2-B (Business-to-Business) и B-2-C (Business-to-Commerce). Одновременно развиваются стандарты передачи данных (EDI – Electronic Data Interchange) и радиочастотной идентификации и актуализации данных (RFID – Radio Frequency Identification). Функциональность оперативного управления цепями поставок, слабо представленная в APS-системах развивается в системах SCEM (Supply Chain Event Management – управление событиями в цепях поставок).

Тенденциями развития информационных технологий для управления цепями поставок является разработка систем класса E-SCM на основе интернет-технологий, а также обеспечение взаимодействия между различными классами систем, используемых различными участниками цепи поставок (Interoperability Tools). В концепции E-SCM, Интернет выступает в качества среды коммуникации партеров в цепи поставок и их информационных систем.

К основным элементам E-SCM относятся: E-Procurement, E-Fulfillment, E-Commerce, E-Collaboration. Помимо интегрированного планирования и оперативного управления производством и закупками, концепция электронного управления цепями поставок включает также целый ряд сопутствующих элементов и технологий. В области дистрибьюции все большее значение приобретает использование технологий телематики (GPS, RFID, Tracing&Tracking). Интенсивно развиваются системы электронных платежей с использованием специальных серви-

сов безопасности SSL (Secure Socket Layer) и SET (Secure Electronic Transaction).

В таблице 12.1 представлены описанные выше этапы развития информационной поддержки процессов управления предприятием и цепями поставок.

Таблица 12.1.
Этапы развития информационной поддержки процессов управления предприятием и цепями поставок

Объект автоматизации	Вид ИТ	Влияние ИТ
Частные функции	MRP	Локальная автоматизация частных функций управления
Бизнес-процессы	MRP-II	Информационная поддержка целостных функций управления и бизнес-процессов подразделений предприятия
Целое предприятие	ERP	Информационная поддержка целостных контуров управления и создание единой информационной базы предприятия
Сеть предприятий	APS SCEM e-SCM	Информационная интеграция предприятий на основе единого информационного пространства и использования Интернета в деловых процессах; межпроизводственная глобальная интеграция процессов и ресурсов

Ниже рассмотрим отдельные виды перечисленных выше информационных технологий.

12.3. MRP-II/ERP-системы

Начало интенсивного развития современных информационных технологий в области управления производством и логистикой связано с созданием интегрированной системы управления предприятием (ИСУП) SAP/R2 на базе стандарта MRP (Material Resource Planning). С этого момента начался процесс изменения как принципов управления,

так и форм организации производства и логистики. Концепция MRP (впоследствии MRP-II) стала стандартом планирования и управления материальными ресурсами предприятия.

Следующим важным этапом развития информационных технологий в области управления стало создание систем класса ERP (Enterprise Resource Planning). Данные системы обеспечивают планирование и управление как материальных, так и финансовых ресурсов предприятия.

12.3.1. Назначение ERP-систем[1]

ERP-системы (Enterprise Resource Planning – планирование и управление ресурсами предприятия) обеспечивают планирование и управление как материальных, так и финансовых ресурсов предприятия. С помощью этих систем возможно создание единого информационного пространства на основе набора интегрированных приложений, комплексно поддерживающих все основные аспекты управленческой деятельности предприятий - планирование ресурсов (финансовых, трудовых, материальных) для производства товаров (услуг), оперативное управление выполнением планов (включая снабжение, сбыт, ведение договоров), все виды учета, анализ результатов хозяйственной деятельности.

Данные из ERP-систем используются для оперативного предоставления руководству предприятия информации, необходимой для принятия управленческих решений, а также для создания инфраструктуры электронного обмена данными предприятия с поставщиками и потребителями. В ERP-системах появилась возможность реализовать централизацию данных в единой базе, близкий к реальному времени режим работы, сохранение общей модели управления для предприятий любых отраслей, поддержку территориально-распределенных структур, работа на широком круге аппаратно-программных платформ и систем управления базами данных (СУБД).

В ERP-системах реализованы следующие основные функциональные блоки:

---

[1] При написании параграфов 12.3.1 – 12.3.3., 12.3.6. использованы материалы профессора, д.т.н. А.В. Архипова.

- Планирование продаж и производства. Результатом действия блока является разработка плана производства основных видов продукции.
- Управление спросом. Данный блок предназначен для прогноза будущего спроса на продукцию, определения объема заказов, которые можно предложить клиенту в конкретный момент времени, определения спроса дистрибьюторов, спроса в рамках предприятия и др.
- Укрупненное планирование мощностей. Используется для конкретизации планов производства и определения степени их выполнимости.
- Основной план производства (план-график выпуска продукции). Определяется продукция в конечных единицах (изделиях) со сроками изготовления и количеством.
- Планирование потребностей в материалах. Определяются виды материальных ресурсов (сборных узлов, готовых агрегатов, покупных изделий, исходного сырья, полуфабрикатов и др.) и конкретные сроки их поставки для выполнения плана.

Спецификация изделий (Bill of materials – BOM) определяет состав конечного изделия, материальные ресурсы, необходимые для его изготовления, и др. Спецификация является связующим звеном между основным планом производства и планом потребностей в материалах.

- Планирование потребностей в мощностях. На данном этапе планирования более детально, чем на предыдущих уровнях, определяются производственные мощности.
- Маршрутизация/рабочие центры. С помощью данного блока конкретизируются как производственные мощности различного уровня, так и маршруты, в соответствии с которыми выпускаются изделия.
- Проверка и корректировка цеховых планов по мощностям.
- Управление закупками, запасами, продажами.
- Управление финансами (ведение Главной книги, расчеты с дебиторами и кредиторами, учет основных средств, управление наличными средствами, планирование финансовой деятельности и др.).
- Управление затратами (учет всех затрат предприятия и калькуляция себестоимости готовой продукции или услуг).
- Управление проектами/программами.

Анализ управленческих функций и идентификация типовых бизнес-процессов позволяют выделить основные функциональные подсистемы (области), характерные практически для любого предприятия. Совокуп-

ность данных подсистем образует так называемый базовый бизнес-процесс (рис. 12.2).

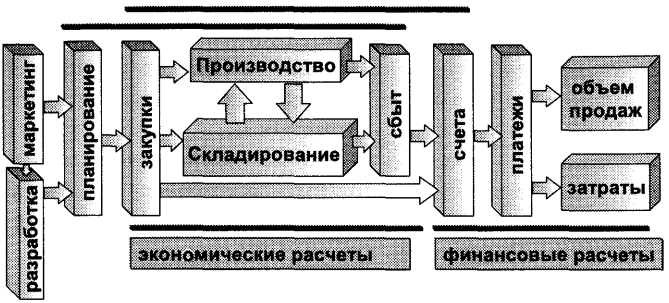


Рис. 12.2. Базовый бизнес-процесс предприятия

Каждая из представленных функциональных областей характеризуется с одной стороны своими внутренними бизнес-процессами, а с другой стороны содержит элементы бизнес-процессов, реализуемых в других функциональных областях. Подобные бизнес-процессы, элементы которых относятся к различным функциональным областям, получили название «сквозные» бизнес-процессы.

Именно управление сквозными бизнес-процессами является наиболее эффективным, т.к. позволяет повысить качество управления и скорость принятия решений, эффективно управлять изменениями как конструкторско-технологического, так и организационно-экономического характера. Эффективность управления сквозными бизнес-процессами достигается на основе формирования единой информационной базы предприятия и интегрированного управления данными (рис. 12.3).

Реализация любой управленческой функции возможна лишь в том случае, когда менеджер располагает необходимой информацией для принятия решения. Для функционирования предприятия необходим огромный объем самых различных данных. Для эффективного управления эти данные должны быть рационально организованы, т.е.:

- классифицированы,
- определены формы и способы их хранения и представления,
- определены ответственные за отдельные категории данных,
- решены проблемы защиты данных от разрушения и несанкционированного использования.

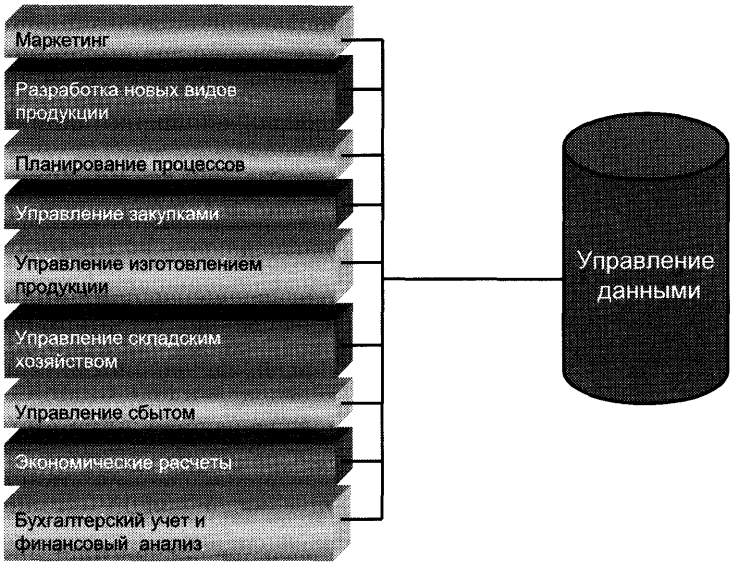


Рис. 12.3. Формирование единой информационной базы предприятия для интегрированного управления данными

12.3.2. Классификация данных предприятия

При классификации данных можно выделить следующие их основные группы:

- основные (базовые) данные,
- справочные данные,
- оперативные данные.

Основные данные являются главным элементом информационной модели предприятия и характеризуют относительно стабильные элементы всех стадий бизнес-процесса (см. рис. 12.4). К основным данным относятся:

- номенклатура изделий (готовые изделия, покупные изделия, исходные материалы, узлы, полуфабрикаты),

- производственный потенциал (оборудование, персонал, фонд рабочего времени),
- технология (технологические планы, технологические режимы).

Рис. 12.4. Классификация основных данных предприятия

Справочные данные являются элементом информационной модели предприятия и характеризуют относительно стабильные сведения как о внутренних, так и внешних характеристиках объекта (например, справочники поставщиков, норм и расценок, прейскуранты и т.д.).

Оперативные данные более тесно привязаны к конкретным функциональным подсистемам и характеризуют определенные операции взаимодействия предприятия с внешней средой. Оперативные данные не являются элементом информационной модели предприятия, т.к. они появляются «из вне» (например, договор с клиентом на поставку продукции). Оперативные данные могут превращаться в справочные (например, реквизиты клиента, номенклатура и объем заказов могут войти в справочники для накопления статистики спроса).

12.3.3. Критика современных ERP-систем

Содержанием современных ERP-систем в области производства и логистики является идея оптимального планирования доступных ресурсов для изготовления конечных продуктов с учетом загрузки производст-

венных мощностей. Данный процесс происходит на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях по схеме «Планирование сбыта и производства → Планирование потребности в материалах (MRP) → Календарное планирование → Управление изготовлением».

Шаги в этой схеме планирования выполняются последовательно друг за другом «сверху вниз» (top-down) на основе заданного времени производственных циклов (плановое время). Потребности и мощности планируются при этом отдельно друг от друга. При планировании потребности в материалах за основу берется нереалистичное предположение, что к любому пункту времени будут в наличии необходимые мощности. В реальности же различные заказы конкурируют за одни и те же ресурсы (оборудование и рабочие места). Тем самым образуются непредвиденные очереди ожидания и увеличение времени производственных циклов за счет неизбежного увеличения установленного планового времени длительности операций. Кроме того, практически отсутствует учет «узких мест».

Так как процесс планирования осуществляется в режиме пакетной обработки (Batch Modes), он может длиться часами или даже целую смену, что ведет к различиям во вновь сгенерированных планах производства с реальностью. Такой вид планирования не является средством поддержки принятия решений и оптимизации. И все же главной проблемой ERP-систем является не планирование как таковое, а необходимость постоянного «перепланирования», что никогда не может привести к приемлемым с точки зрения соответствия времени результатам. Чтобы преодолеть такую ситуацию, на практике оперативного управления производством применяются, как правило, эмпирические методы в дополнение со специальными программными средствами.

Другим важным недостатком являются ограниченные аналитические возможности ERP-систем и недостаточная поддержка процессов принятия решений. ERP-системы хорошо справляются с получением и хранением данных, когда же дело доходит до анализа и обработки информации, то возможности ERP-систем оказываются весьма ограниченными. Схема данных, используемых для управления ресурсами предприятия, очень сложна. Все корпоративные данные находятся "внутри" ERP-системы, но они остаются "скрытыми" и извлечь их для анализа довольно сложно. Кроме того, ERP-системы недостаточно полно интегрированы с другими приложениями и внешними источниками информации, откуда поступают данные для аналитической обработки.

12.3.4. Проектирование интегрированной системы управления предприятием с использованием систем класса ERP[2]

Рассмотрим последовательность ключевых этапов, характерных для перехода на новую информационную технологию, построенную на базе готовых прототипов управленческих процессов. Опыт говорит о целесообразности выделения в качестве самостоятельного этапа разработку нормативных схем организационных процессов. Этим достигается упорядочение механизма функционирования предприятия и подготавливается хороший фундамент для автоматизации управления. Собственно проектирование включает:

- проведение обследования и выбор объектов автоматизации,
- разработку организационно-технической конфигурации системы (выбор концепции системы управления),
- подготовку программно-технической платформы,
- настройку готового программного обеспечения,
- модификацию и расширение функций системы, обучение персонала.

Завершающим этапом является отладка работы системы управления в интегрированном режиме. Подчеркнем, что некоторые этапы выполняются параллельно, иногда приходится пересматривать некоторые решения, так что процесс проектирования, в общем случае, носит итерационный характер. Поясним содержание этапов более подробно.

«Нулевая» фаза проектирования

Текущее функционирование любой сферы деятельности предприятия сводится к выполнению определенных организационных процессов («бизнес-процессов») – логически упорядоченных по тем или иным основаниям последовательностей действий с релевантными (относящимися к данному процессу) наборами данных.

Конфигурирование системы управления

Эта стадия является логическим продолжением предыдущей. Опираясь на стандартные и новые нормативные модели процессов, проектировщики определяют объемы данных, структуру рабочих мест и, соот-

[2] При написании этого параграфа использованы материалы проф., д.т.н. А.В. Архипова.

ветственно, распределение функций и структуру информационных потоков, области компетенции исполнителей.

Поставка, монтаж и ввод в эксплуатацию технических и общесистемных программных средств

Распределение работ этого этапа между предприятием и фирмой-поставщиком системы является предметом специального соглашения. Как правило, заказчик поручает эти работы специализированной фирме. Длительность этой фазы может достигать нескольких месяцев, поэтому важно спланировать и организационно обеспечить выполнение в этот период проектных работ по другим направлениям.

Настройка готового программного обеспечения

В этой фазе – вся суть концепции создания системы на базе готовых прототипов функциональных процессов. Все трудоемкие и длительные процедуры детального обследования, выявления информационных потребностей управляющих, определения релевантных данных, разработки алгоритмов и программирование вынесены за рамки проектирования системы на конкретном предприятии. Подход основан на том факте, что для всех промышленных предприятий основные управленческие процессы по содержанию и структуре одинаковы (являются «типовыми») и различаются лишь в деталях.

Расширение функций системы

Вероятность полного соответствия прототипов реальным процессам невелика: всегда выявятся какие-либо специфические особенности конкретного предприятия. Есть три пути: изменить прототип, изменить реальный процесс и, наконец, компромисс – изменить и то, и другое. Если на предприятии действуют хорошо продуманные нормативные схемы (стандарты) процессов, то выбор упрощается: изменениям подвергаются прототипы процессов с целью приближения их к принятым стандартам.

Обучение персонала

Главный принцип организации работ по внедрению системы состоит в активной роли заказчика. Пользователи системы в известной степени сами формируют ее облик в заданных системных рамках, и этим создаются предпосылки для снятия психологических преград на пути внедрения системы. В связи с этим цели обучения шире сферы эксплуатации информационной системы. Они охватывают технологию

управления в целом. Как правило, обучение организуется в два «эшелона»: ведущие специалисты предприятия (руководители групп) и рядовые исполнители - работники отделов и служб. Ведущие специалисты – это активные участники обследования, анализа, постановок новых задач и даже процесса обучения персонала и подготовки инструкций. На такую роль и нацелена подготовка этой категории специалистов.

Интеграционная фаза проекта

Цель и содержание работ на этой фазе - комплексная отладка системы как единого целого. Одновременно проводится тренинг персонала. После итерационного процесса выявления ошибок, их устранения и тестирования система готова к промышленной эксплуатации. При хорошо выполненной интеграционной фазе переход на новую технологию управления может мыть осуществлен «одномоментно». Если же это не удается сделать и процесс перехода затягивается, то приходится разрабатывать специальную методику параллельной работы старой и новой технологии в разных функциональных областях.

12.3.5. Пример построения интегрированной системы управления предприятием на основе ERP-системы

Целью внедрения ERP-системы на рассматриваемом предприятии было объявлено повышение эффективности производства на основе совершенствования производственного учета, повышения качества оперативных планов за счет увеличения объема, достоверности производственных данных и повышения скорости их обработки.

Для подготовки объекта автоматизации к вводу системы в действие были определены следующие мероприятия:

- приведение поступающей в систему информации (в соответствии с требованиями к информационному обеспечению) к виду, пригодному для обработки с помощью системы ЭВМ (выполняется заказчиком),
- оснащение рабочих мест персональными компьютерами (выполняется заказчиком),
- организация локальной сети с выходом в Интернет (выполняется заказчиком),
- инсталляция программного обеспечения ERP (выполняется исполнителем),

- обучение персонала работе с системой с получением соответствующих удостоверений (выполняется исполнителем).

Производственная структура предприятия, подключаемая к работе в системе ERP, включает следующие подразделения:

- генеральный директор (1 АРМ)
- отдел маркетинга (2 АРМ)
- главный инженер (1 АРМ)
- отдел контроля качества (1 АРМ)
- начальник производства (1 АРМ)
- конструкторско-технологический отдел (1 АРМ)
- отдел материально-технического снабжения (1 АРМ)
- основное производство
- механический участок (1 АРМ)
- заготовительный участок (1 АРМ)
- слесарно-сборочный участок (1 АРМ)
- бухгалтерия
- делопроизводитель (1 АРМ)

Внедряемая ERP-система должна была удовлетворять следующим общим требованиям заказчика:

- возможность отображения производственной структуры предприятия, а также внесения изменений в описание структуры без переработки программного кода (путем настроек параметров),
- возможность управления доступом пользователей к данным,
- высокая степень защиты данных, в том числе от несанкционированного доступа к данным, размещенным на сервере Исполнителя,
- обеспечение сохранности данных и восстановления при сбоях,
- использование согласованной с заказчиком терминологии, способов обозначения и кодирования объектов.

Были поставлены требования к структуре и функционированию системы, согласно которым система оперативного управления производством должна включать следующие подсистемы:

- управление данными – ввод, хранение, редактирование основных, справочных и оперативных данных
- учет затрат – расчет себестоимости продукции

- складской учет – справки о текущих запасах, учет движений продукции
- контроль качества – учет брака, контроль качества
- управление снабжением – обработка заказов на поставку
- управление сбытом – обработка заказов клиентов
- оперативное планирование – расчет плана производства, закупок
- управление производством (изготовлением) – контроль выполнения производственных заказов.

Система должна быть интегрированной, иметь единую базу данных, обеспечивать согласованную работу всех подсистем при однократном вводе и многоцелевом использовании исходных данных. Система должна функционировать в режиме реального времени (on-line), обеспечивая информационную поддержку работы служб заказчика при работе в две смены. Должна быть предусмотрена возможность развития (расширения функций) и модернизации системы согласно требованиям заказчика без нарушения целостности системы и без переработки программного кода, требующего остановки в работе системы и нарушения порядка ее функционирования.

Первоочередные направления развития системы:

- разработка и создание подсистемы управления кадрами
- разработка и создание подсистемы расчета заработной платы
- стыковка с бухгалтерской системой.

Рассмотрим основные подсистемы.

1. Управление данными

- формирование единой базы данных всей номенклатуры продукции, сырья и полуфабрикатов,
- формирование единой базы технологических планов, конструкторских и производственных спецификаций,
- формирование единой базы данных материальных и трудовых нормативов,
- формирование единой базы данных оборудования и режимов работы.

В соответствии с требованиями к функциональной части, реализованы следующие основные функции (см. рис. 12.5).

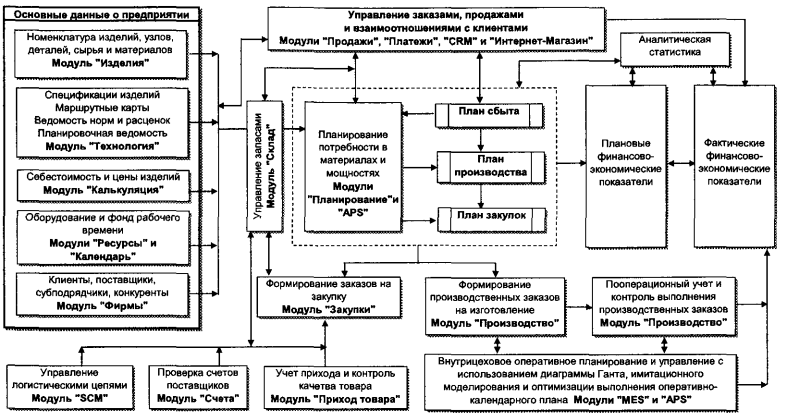


Рис. 12.5. Функциональность и модульное построение ERP-системы

Бизнес процесс конструкторско-технологической подготовки производства представлен на рисунке 12.6:

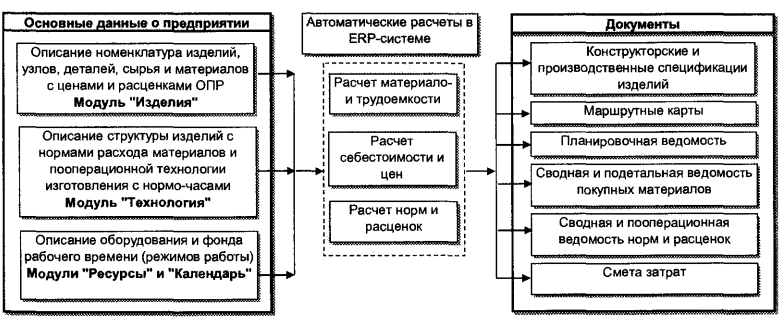


Рис. 12.6. Бизнес процесс конструкторско-технологической подготовки производства

2. Подготовка производства и планирование (MRP-II)

- составление планов производства,
- расчет потребности в закупаемых материалах и составление планов закупки,
- расчет состава изделия и применяемости деталей в изделиях,
- расчет плановой и фактической себестоимости.

Бизнес процесс планирования производства представлен на рисунке 12.7:

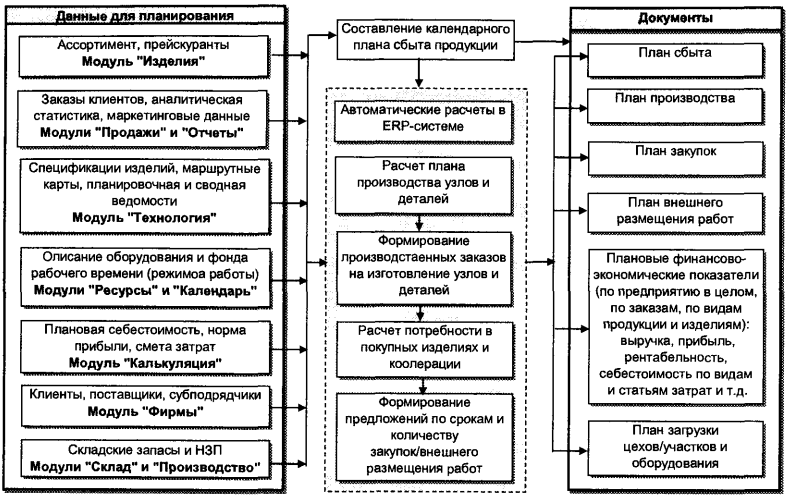


Рис. 12.7. Бизнес процесс планирования

3. *Управление производством и диспетчеризация - MES (Manufacturing Execution System)*

- наглядное представление оперативной ситуации в цехе по заказам и загрузке оборудования на основе диаграммы Ганта,
- изменения планов производства при оперативных изменениях, срочных заказах, нехватке оборудования и т.д.,
- формирование наряд-заказов на изготовление по операциям, заказам, партиям, сериям,
- регистрация запуска и окончания производственных заказов,
- непрерывный контроль выполнения наряд-заказов,
- контроль содержания и прохождения документов, сопровождающих изготовление продукции, ведение плановой и отчетной цеховой документации,
- предоставление подробных отчетов о реальных результатах производственных операций, сравнение плановых и фактических показателей, учет брака.

Бизнес процесс управления производством и диспетчеризации представлен на рисунке 12.8:

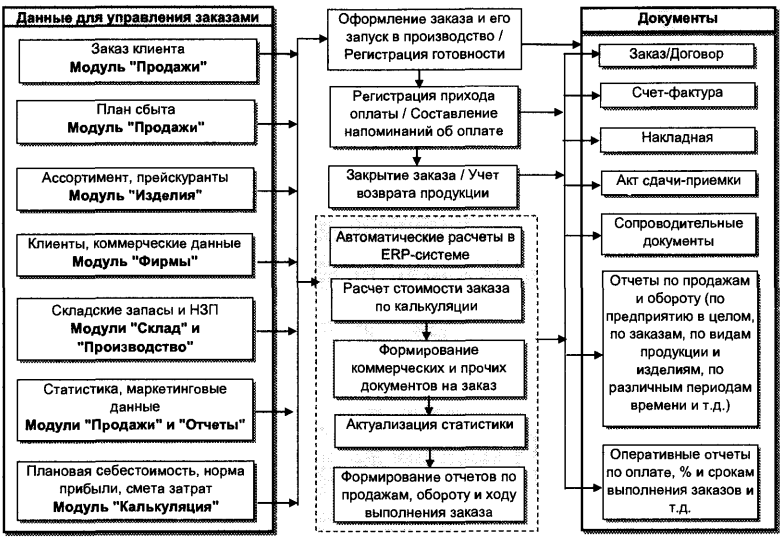


Рис. 12.8. Бизнес-процесс производства

4. Управление заказами

- интегрированное управление заказами но основе «сквозных» бизнес-процессов с возможностью прямой работы в Интернет.
- управление продажами,
- управление складским хозяйством,
- управление закупками,
- формирование единой базы данных клиентов, поставщиков и др.,
- формирование единой базы данных условий и видов отправки, оплаты и т.д.
- контроль движения товарно-материальных ценностей, учет прихода и ухода товара,
- управление в разрезе партий и серий,
- регистрация входящих и исходящих счетов и накладных,
- учет по видам и местам возникновения затрат,
- формирование всех необходимых коммерческих и транспортных документов,

- формирование всех необходимых статистических отчетов по продажам, обороту, складским запасам, закупкам, движению товарно-материальных ценностей и т.д.

Бизнес процесс управления заказом представлен на рисунках 12.9 – 12.10:

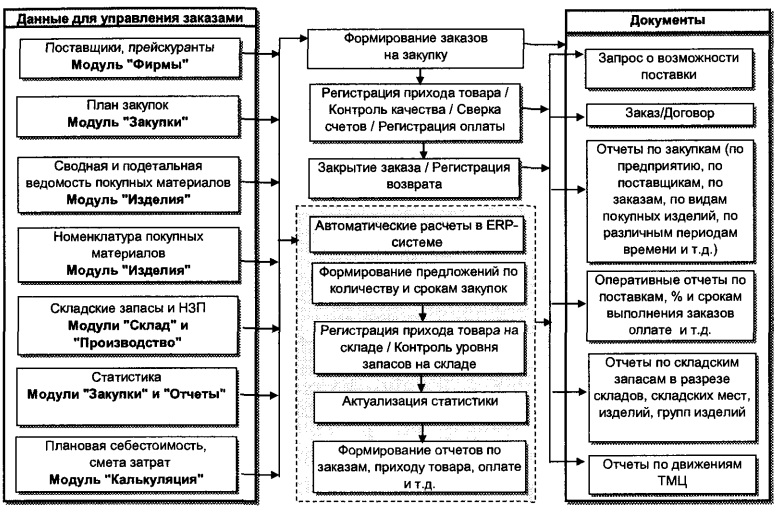


Рисунок 12.9. Бизнес-процесс продаж

Модули «Основные данные», «Продажи», «Калькуляции», «Закупки» и «Складское хозяйство» составляют в ERP подсистему «Управление материальными потоками». Модули «Спецификации», «Рабочие планы», «Производственные заказы», «Планирование производства» образуют подсистему «Планирование и управление производством». Модули CRM (управление взаимоотношениями с клиентами), «Платежи», «Проекты», «Интернет-магазин», «Цепи поставок», «Архив» формируют полнофункциональную ERP-систему. Использование XML-технологии позволяет интегрировать ERP с различными внешними информационными системами, существующими на самом предприятии или на предприятиях-партнерах.

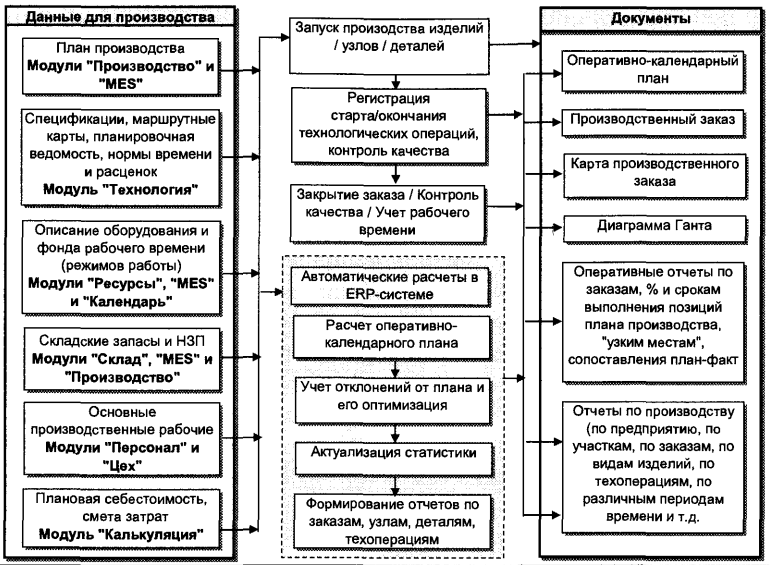


Рис. 12.10. Бизнес-процесс управления заказами

Как выбрать ERP-систему?

Есть целый ряд факторов, которые необходимо учитывать при выборе ERP-системы: кто предлагает систему – дилер или разработчик, существует ли у внедряющей фирмы опыт внедрения подобных систем, осуществляется ли дальнейшее развитие системы, каким образом организуется сопровождение системы и ее модернизация и т.д. Но успех внедрения определяется не только действиями поставщика ERP-системы.

Если предприятие приняло решение о внедрении, на нем должна быть произведена необходимая организационная подготовка, особенно в области упорядочения документооборота, конструкторско-технологической документации, обучения сотрудников работе с компьютерными технологиями. Решающим при этом является воля руководства, принявшего решения об автоматизации управления предприятием.

Как оценить эффект от внедрения ERP-системы на предприятиях малого и среднего бизнеса?

Перед началом внедрения в первую очередь необходимо поставить конечные и измеримые цели проекта и определить основные показатели, т. е. конкретные результаты проекта. Сразу хотелось бы предложить разделить эффекты, получаемые при внедрении ERP системы, на две основные группы: экономические (измеримые) показатели эффективности внедрения; организационные (качественные) изменения, неподдающиеся количественной оценке.

Так, например, сложнейшей проблемой при подготовке внедрения является качество и доступность конструкторско-технологической документации. Для описания спецификаций изделий и технологических планов в ERP-системе необходим значительный объем справочно-нормативной информации, которой на многих предприятиях нет не только в виде каких-либо сводных документах, но даже в виде отдельных ведомостей (например, нормы расхода материалов). Уже на этом этапе внедрение ERP-системы приносит значительный эффект в виде упорядочения конструкторско-технологической документации. Отдельное место занимает такой эффект, как повышение инвестиционной привлекательности предприятия, обладающего ERP-системой. В целом, эффективность внедрения ERP системы оценивается следующими цифрами (см. таблица 12.2).

12.3.6. Основные направления расширения функциональности ERP-систем

В ходе своего развития ERP-системы из небольших локальных систем превратились в мощные системы, которые породили надежду на возможность осуществления эффективного планирования и управления в рамках всей производственно-сбытовой системой с точностью до деталей на базе комплексных решений и отработанных алгоритмов. Вскоре эти надежды развеялись в результате того, что произошло насыщение рынка товарами и услугами, спрос стал более дифференцированным, а также сократились жизненные циклы продукции. Мощные системы оказались недостаточно гибкими, чтобы адекватно реагировать на колеблющийся спрос, потому что их функциональное содержание изначально было направлено на решение задач планирования и управления производством внутри предприятия.

Существующие на сегодняшнем рынке ERP-системы в основном находятся в конце своего цикла развития и проведение их улучшений не является принципиально важным. ERP-системы в сегодняшней форме являются функционально полными (прирост функциональности при смене релизов уменьшается).

Таблица 12.2.

Эффективность внедрения ERP системы

Показатель	%
Уменьшение страховых запасов	-40%
Уменьшение складских площадей	-25%
Увеличение поставок точно в срок	+80%
Снижение производственного брака	-35%
Снижение задержек с отгрузкой готовой продукции	-45%
Улучшение послепродажного обслуживания	+60%
Более точный учет затрат	+30%
Снижение транспортно-заготовительных расходов	-60%
Увеличение оборачиваемости средств в расчетах	+30%
Уменьшение административных затрат	-30%
Устранение ручной подготовки и сопровождения документов	+90%
Сокращение незавершенного производства	-50%
Сокращение производственного цикла	-50%
Сокращение цикла разработки новых продуктов	-60%
Сокращение времени составления бюджета	-70%

Для обеспечения эффективности ERP систем они должны удовлетворять новым требованиям бизнеса. Философия обновления состоит в том, чтобы преобразовать ядро ERP-системы, сделав его открытым для рынка и тем самым обеспечить основу управления цепями поставок. Се-

годня уже не ставится задача обеспечить потоки данных внутри предприятия. Цель должна быть более масштабной – обеспечить беспроблемное взаимодействие международных поставщиков и клиентов и обеспечить для них удобные сетевые коммуникации с мировым бизнес-сообществом. В связи с этим в настоящее время происходит расширение функциональности традиционных ERP-систем. На рис. 12.11 представлена функциональность современных ERP-систем.

Рис. 12.11. Функциональность современных ERP-систем и их окружения

Развиваются и стандарты для интеграции ERP-систем. В частности, промышленная группа RosettaNet разработала новые стандарты для интеграции ERP-систем на основе стандартов Extended Markup Language (XML). Ее партнеры - компании SAP AG, Baan, J.D. Edwards, PeopleSoft. Кроме того, ведущие поставщики ERP-систем (SAP AG, PeopleSoft, J.D. Edwards) финансируют работы по созданию стандартов и протоколов обмена информацией и взаимодействия ERP-систем и внешних аналитических приложений. В рамках этой работы была создана специальная "Группа Открытых Приложений" (OAG).

По данным Forrester Research, уже сегодня до 35% своего ИТ-бюджета предприятия тратят на интеграцию ERP, CRM и SCM-

приложений. При этом выделяет следующие уровни интеграции программных систем:

- на уровне платформ (реализуется взаимосвязь между различными аппаратными платформами и операционными системами с помощью таких технологий, как обмен сообщениями, объектные брокеры ORB, удаленный вызов процедур RPC);
- на уровне данных (доступ к различным базам данных с помощью SQL-запросов и инструментов ETL, извлекающих данные и помещающих их в хранилища напрямую, минуя логику приложений, а также предлагающих определенный набор интерфейсов для визуализации);
- на уровне компонент (в основе подхода - серверы приложений, обеспечивающие доступ к различным базам данных, а также интерфейсы к набору стандартных приложений);
- на уровне приложений;
- на уровне бизнес-процессов;
- интеграция B2B (подразумевает связывание информационных систем заказчиков, поставщиков и партнеров как в рамках частных сетей, так и через Интернет).

Расширение функциональности ERP-систем связано с изменениями рыночной ситуации и появлением новых требований к эффективному ведению бизнеса, в частности:

- необходимости повышения эффективности использования ресурсов на основе согласованного взаимодействия, специализации, кооперации, координации и организации «сквозных» бизнес-процессов,
- ориентации на выполнение индивидуальных заказов клиентов,
- сокращения длительности цикла «спрос – производство – продажа»,
- снижения времени конструкторско-технологической подготовки производства,
- повышения скорости реакции на рыночные изменения,
- согласования уровня запасов с процессами продаж,
- учета возрастающей многовариантности продукции,
- соответствия процессов, продукции и услуг промышленным стандартам,
- ухода от затратного ценообразования и ускорения капитализации бизнеса,

- установления доверительных отношений с партнерами по бизнесу.

В связи с этим в настоящее время происходит расширение функциональности традиционных ERP-систем. Основными направлениями новых разработок являются:

- MES-системы (Manufacturing Execution Systems), предназначенные для оптимизации оперативно-цехового планирования и управления,
- CRM-системы (Customer Relationship Management – Управление взаимоотношениями с клиентами),
- APS-системы (Advanced Planning Systems), предназначенные для оптимизации процессов планирования, в том числе на межпроизводственном уровне,

Далее в этой главе будут рассмотрены особенности каждого из данных видов систем.

2.4. MES-системы (Manufacturing Execution Systems)

MES (Manufacturing Execution Systems)-системы предназначены для оперативно-цехового планирования и управления, и могут использоваться как автономно, так и в качестве одного из модулей ERP-системы. Очевидно, что информационное взаимодействие подразделений, участвующих в поддержке производственного цикла, должно осуществляться в едином информационном пространстве. Однако на текущий момент предлагаемые на рынке системы класса ERP не решают этой задачи. Здесь необходимо построение автоматизированной системы управления производственной деятельностью предприятия, которая планирует, оптимизирует, контролирует, документирует производственные процессы от начала формирования заказа до выпуска готовой продукции.

Такие системы относятся к классу MES-систем, ориентированных на информатизацию задач технологической подготовки производства, оперативного планирования и управления производством, оптимизации производственных процессов и производственных ресурсов, контроля и диспетчеризации выполнения планов производства с минимизацией затрат.

Существует несколько вариантов *определения MES систем*:

1. MES – это информационная и коммуникационная система производственной среды предприятия (определение APICS)
2. MES – это автоматизированная система управления и оптимизации производственной деятельности, которая в режиме реального времени: инициирует; отслеживает; оптимизирует; документирует производственные процессы от начала выполнения заказа до выпуска готовой продукции (определение MESA International).
3. MES – это интегрированная информационно-вычислительная система, объединяющая инструменты и методы управления производством в реальном времени (определение Michael McClellan, автора книги "Применение MES-систем").

Главное отличие MES от ERP заключается в том, что MES-системы, оперируя исключительно производственной информацией, позволяют корректировать либо полностью заново рассчитывать производственное расписание в течение рабочей смены столько раз, сколько это необходимо. В ERP-системах по причине большого объема административно-хозяйственной и учетно-финансовой информации, которая, непосредственного влияния на производственный процесс не оказывает, перепланирование может осуществляться не чаще одного раза в сутки.

Используя данные уровней планирования и контроля, MES-системы управляют текущей производственной деятельностью в соответствии с поступающими заказами, требованиями конструкторской и технологической документации, актуальным состоянием оборудования, преследуя при этом цели максимальной эффективности и минимальной стоимости выполнения производственных процессов.

12.5. CRM-системы (Customer Relationship Management)

ERP системы появились, когда на первое место ставился продукт и бизнес-процессы, обеспечивающие его производство. Это была эра автоматизации "бэк-офиса". CRM (Customer Relationship Management – Управление взаимоотношениями с клиентами)-системы стали нужны на высоко конкурентном рынке, где в фокусе стоит клиент. Главная задача CRM-систем – повышение эффективности бизнес процессов, сосредоточенных во "фронт-офисе", направленных на привлечение и удержание

клиентов – в маркетинге, продажах, сервисе и обслуживании, независимо от канала, через который происходит контакт с клиентом.

На уровне технологий CRM – это набор приложений, связанных единой бизнес-логикой и интегрированных в корпоративную информационную среду компании (часто в виде надстройки над ERP) на основе единой базы данных. Специальное программное обеспечение позволяет провести автоматизацию соответствующих бизнес-процессов в маркетинге, продажах и обслуживании. Как результат, компания может обратиться к "нужному" заказчику в "правильный" момент времени, с наиболее эффективным предложением и по наиболее удобному заказчику каналу взаимодействия.

На практике интегрированная система CRM обеспечивает координацию действий различных отделов, обеспечивая их общей платформой для взаимодействия с клиентами. С этой точки зрения назначение CRM – исправить ситуацию, когда отделы маркетинга, продаж и сервиса действуют независимо друг от друга, причем их видение заказчика часто не совпадает, а действия несогласованны.

С точки зрения управления бизнесом эффект от внедрения CRM проявляется в том, что процесс принятия решения за счет автоматизации переносится на более низкий уровень управления и унифицируется. За счет этого повышается скорость реакции на запросы, растет скорость оборота средств и снижаются издержки.

Наконец, CRM включает себя идеологию и технологии создания истории взаимоотношений клиента и фирмы, что позволяет более четко планировать бизнес и повышать его устойчивость.

Функциональность CRM охватывает маркетинг, продажи и сервис, что соответствуют стадиям привлечения клиента, самого акта совершения сделки (транзакция) и послепродажного обслуживания, то есть все те точки контакта, где осуществляется взаимодействие предприятия с клиентом.

Можно выделить 3 *основных цели использования CRM систем*:

- Оперативная (оперативный доступ к информации в ходе контакта с клиентом в процессе продаж и обслуживания),
- Аналитическая (совместный анализ данных, характеризующих деятельность как клиента, так и фирмы, получение новых знаний, выводов, рекомендаций),

- Объединяющая (collaborative) (клиент непосредственно участвует в деятельности фирмы и влияет на процессы разработки продукта, его производства, сервисного обслуживания)

Результаты аналитического использования CRM выходят за рамки собственно CRM. Например, анализ времени и затрат на цикл продаж, на разных этапах и фазах продаж позволяет проводить оптимизацию сокращения издержек. Выявление приоритетных клиентов по разным критериям (доход/затраты) позволяет повысить доходность работы каналов сбыта. Выявление типичных проблем/запросов, выработка типичной реакции на них позволяет минимизировать время реакции работника (а значит, опять же сократить затраты). Анализ каналов продаж позволяет выявить проблемные отделы и бизнес-процессы, понять, на каких каналах надо сосредоточить усилия, как провести реструктуризацию проблемной области (департамента) и т.д.

12.6. APS-системы

12.6.1. Назначение и особенности APS-систем

APS-системы представляют собой модульные информационные системы для интегрированной поддержки процессов межпроизводственного планирования и управления. Для использования APS-системы необходимо наличие ERP-системы или иной базовой системы для работы с основными данными на уровне предприятия. Как правило, APS-системы получают данные из ERP-системы, и поэтому применяются совместно с ней. Содержащиеся в ERP-системе основные данные и данные планирования, времени пополнения запасов, информация о производственных мощностях являются отправным пунктом для того, чтобы осуществлять комплексный процесс планирования в цепи поставок. APS-системы не заменяют ERP-системы, а дополняют их функциональность в области оптимизации производственных процессов. Интегрируя данные из ERP-системы, APS-системы фактически образуют новый уровень планирования производства. Общая модульная структура систем класса APS представлена на рисунке 12.12.

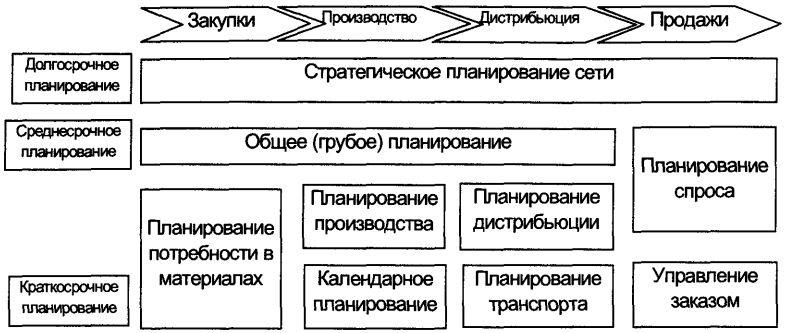


Рис. 12.12. Общая модульная структура систем класса APS

Разделение на модули в APS-системах различных производителей не является идентичным. Кроме того, разделение на модули APS-систем одного производителя также зачастую является функционально перекрывающим, то есть могут существовать конкурирующие модули для решения одной и той же задачи.

В целом можно выделить три основные группы модулей APS-систем:

- стратегическое конфигурирование цепи поставок (Supply Chain Configuration),
- тактико-оперативное планирование цепи поставок (Supply Chain Planning) и
- оперативное управление цепью поставок (Supply Chain Execution).

Целью APS-модулей на *стратегическом уровне* является семантическое планирование цепи поставок. На основе конфигурирования цепи поставок происходит определение программ производства и сбыта, спектра сырья, материалов и полуфабрикатов, мест закупки, производства и дистрибьюции, структуры поставок и распределения, а также необходимых производственных, складских и транспортных мощностей на среднесрочный горизонт планирования. Для создания модели сети модули APS-системы снабжены графическим интерфейсом. Так как существуют многочисленные взаимосвязи между модулями стратегического конфигурирования и модулями оперативного управления (в частности, при реализации функции мониторинга), модули конфигурирования и мониторинга, как правило, продаются совместно как отдельный пакет (например, Supply Chain Cockpit фирмы SAP).

К модулям группы *тактико-оперативного планирования* относятся:

- *Модуль планирования спроса.* В нем используются различные статистические методы прогнозирования. Наряду с функциями прогнозирования, существует возможность имитационного моделирования в виде анализа «Что будет, если...?», а также функция расчета страховых запасов. Учитывая большой объем разнородных данных, для эффективного планирования спроса необходимо применение технологии Data Ware House как дополнительной базисной системы.
- *Модуль планирования производственной программы* (Master Planning) предназначен для синхронизации материальных потоков в цепи поставок и повышения эффективности использования всех ресурсов на стадиях производства, поставок и распределения продукции. Этот модуль работает с данными на достаточно высоком уровне абстрагирования, как правило, детально учитываются только ресурсы потенциальных «узких мест». Результатом модели являются агрегированные планы производства и дистрибьюции для всех участников цепи поставок. Эти планы передаются на ERP-системы участников цепи поставок, где происходит их оперативное уточнение. Результат уточненного планирования снова передается в модуль APS-системы.
- С помощью *модуля проверки доступности материалов (Availiable To Promise – ATP)* генерируется подтверждение сроков поставки. При этом проверяется, может ли быть выполнен конкретный заказ. Это происходит на основе сравнения объема заказа с доступными запасами или с предусмотренными производственной программой объемами производства. Происходит проверка как относительно конечного продукта, так и всех соответствующих полуфабрикатов, материалов и исходного сырья. Проверяется не только доступность материалов, но и мощностей. Эта пересекающаяся с производственным планированием функция получила название *«Capable To Promise – CTP»*. На основе синхронизации проверки доступности с объемами закупок, полученными в результате планирования производственной программы, происходит существенное сокращение времени выполнения заказов. В случае невозможности выполнения заказа в соответствии с требованием клиента по одному или нескольким критериям (срокам поставки, объемам поставки и т. д.), APS-система производит поиск «узкого места» в цепи поставок. Если устранение этого «узкого места» невозможно, система предлагает альтернативные варианты выполнения заказа клиента (например,

сдвиг срока поставок, повышение стоимости выполнения работ и т. д.).

- *Модуль точного планирования производства* предназначен для расчета уточненных планов на цеховом уровне. В качестве основных моделей используются модели расчета оптимальной величины партии, оптимального выбора производственного маршрута, а также различные правила приоритетов. Алгоритмы планирования основаны на различных эвристиках, в частности – генетических алгоритмах. Результаты точного планирования представляются в наглядной форме в виде диаграммы Ганта.
- *Модуль планирования дистрибьюции* предназначен для синхронизации спроса и доступных запасов. Планирование дистрибьюции основано на линейных моделях, которые ориентированы на минимизацию транспорта и складских затрат. Основные решения, принимаемые в данном модуле, состоят в определении объемов и мест складирования и транспортировки. При этом следует отметить значительное пересечение функции этого модуля с функцией модуля планирования производственной программы. Важной функцией модуля планирования дистрибьюции является поддержка концепции Vendor Managed Inventory. С точки зрения поставщиков логистических услуг, этот модуль также интересен наличием оптимизационных алгоритмов планирования маршрутов.

Модули *оперативного управления* предназначены для реализации функций мониторинга и выполнения оперативных транзакций. Как уже отмечалось выше, модули оперативного управления тесно связаны с модулями стратегического управления. Менеджер может получить в любой момент времени актуальную информацию о ходе выполнения процессов и сравнить соответствующие фактические параметры с плановыми, в т. ч. в графическом интерфейсе.

Функциональное содержание информационных систем APS отличается от классических задач ERP-систем (см. табл. 12.3).

Таблица 12.3.

Отличие систем классов ERP и APS

Аспект	ERP-система	APS-система
Философия	Координация деятельности предприятия	Удовлетворение потребностей клиента
Цель	Снижение затрат	Качественное обслуживание и быстрое реагирование на изменения при максимальном возможном уровне прибыли
Принцип	Осуществление трансакций	Предоставление аналитических, интерактивных возможностей
Направление анализа	Что есть? Что было?	Что будет? Что будет, если…?
Область планирования	Производственные процессы и процессы, связанные с управлением запасами внутри предприятия	Процессы, охватывающие деятельность предприятий поставщиков, дистрибьютеров и клиентов
Обьект планирования	Предприятие	Цепь поставок
Направление планирования	Ретроспективное	Перспективное, оперативное
Метод планирования	«Сверху-вниз», последовательное	Интегрированное, оперативное (по всей ЦП)
Период планирования	Длительный период планирования	Решение задач оперативного планирования (незамедлительная реакция на слабопредсказуемые события)
Интеграция	С системами бухгалтерского учета, управления персоналом и т.д.	Заимствование данных из других систем (ERP и др.)

Функциональное содержание APS-систем для управления цепями поставок должно быть направлено на то, чтобы следовать динамике развития рынка и поддерживать возможные функциональные и структурные изменения в логистической сети.

Для этого необходима реализация следующих основных функций:

- планирование в режиме реального времени,
- обеспечение информационной открытости (визуализации) в цепи поставок.

При помощи систем класса APS существует возможность нахождения причинно-следственных связей возникающих отклонений от плана и внесения оперативных изменений в существующих планах. APS-системы обеспечивают высокую скорость внесения соответствующих изменений непосредственно в систему управления, что позволяет ускорить обработку запросов и заказов клиентов. Инструментарий систем класса APS предусматривают так называемые ограничения («узкие места»). Внезапно возникающие отклонения в цепи поставок, такие как выход из строя машин, выполнение заказов исходя из приоритетности некоторых заказов, проблемы с невыходом на работу, не поступающим вовремя материалом, и т. д. включаются в процесс планирования. Исходя из обнаруженных «узких мест» делаются соответствующие выводы и корректировки в планах цепи поставок. APS-системы обеспечивают возможность прогнозирования рыночных изменений посредством визуализации и информационной открытости в цепи поставок, а также возможности быстрого реагирования на возникающие изменения.

При рассмотрении ситуации на рынке существующих APS-систем можно сделать вывод о том, что рынок является очень разнородным. Он претерпел такие быстрые изменения, что в настоящий момент уже наблюдаются многочисленные случаи слияний, поглощений и случаев стратегического партнерства. Изменения на рынке стали следствием, с одной стороны, многоплановостью задач, которые связаны с развитием систем класса APS, а с другой стороны, следствием истории развития современных фирм-производителей систем.

Существующие на рынке APS-системы, как правило, состоят из нескольких компонентов, которые поддерживают различные задачи управления и предлагают различный набор функций, которые раскрываются с различной степенью качества и детализации. При этом возникает проблема: как сравнить разнородные по своему функциональному исполнению решения различных компаний-разработчиков.

Решение этой проблемы может стать появление стандартизованной, независимой от производителя референтной модели для широкого круга задач управления APS-системы. В данном случае речь идет не о приме-

нении широко распространенной SCOR-модели. SCOR-модель описывает т.е. стандартизирует операции и основные показатели цепи поставок на различных уровнях описания. Она имеет слабые стороны в отношении описания функциональности программного обеспечения, например, с помощью модели нельзя напрямую идентифицировать процессы, которые находят поддержку в информационных системах управления цепями поставок класса APS.

12.6.2. Методика планирования в APS-системах

Информационные системы выступают в роли функциональной и технической инфраструктуры, обеспечивающей интеграцию предприятий в концепции управления цепями поставок. Задачами данной инфраструктуры являются стратегическое конфигурирование цепи поставок (Supply Chain Configuration), тактико-оперативное планирование цепи поставок (Supply Chain Planning) и контроль выполнения работ в цепи поставок (Supply Chain Execution).

Для решения этих задач был разработан специальный тип информационных систем: APS – Advanced Planning Systems – система расширенного планирования. *«Расширенное планирование»* в этой связи может быть интерпретировано в качестве новой логики планирования, при помощи которой можно преодолеть недостатки традиционных систем планирования производства и логистики [24, 111, 157, 171, 246].

Методика планирования, заложенная в APS-системах, принципиально отличается от концепции MRP II. Основная функциональность APS-систем лежит в области *поддержки принятия решений*. В APS-системах заложены математические алгоритмы, отвечающие высоким требованиям к оперативному планированию. Эти системы позволяют осуществлять планирование относительно *ограниченных мощностей* с учетом «узких мест», а также одновременную проверку соответствия доступности мощностей к требованиям и ограничениям при составлении плана производства.

В методике планирования APS-систем заложен принцип интерактивности: менеджер отдела планирования получает в наглядном виде результаты планирования с указанием *узких мест* (например, деталь, более поздний срок изготовления которой вызывает отклонение возможной даты поставки готового изделия от желаемой клиентом да-

ты). На основе подобной детальной информации менеджер в состоянии принять соответствующие управляющие воздействия (например, запланировать на нужную дату дополнительную смену, рабочих, или договориться с поставщиком о срочной поставке или изменении объемов запланированной поставки). В отличие от концепции MRP II, в APS-системах в случае оперативных изменений происходит *корректировка существующих планов* с учетом изменившихся планов с учетом истории планирования, а не полностью новое перепланирование. В APS-системах также осуществляется оптимизация управления запасами (см. рис. 12.13).

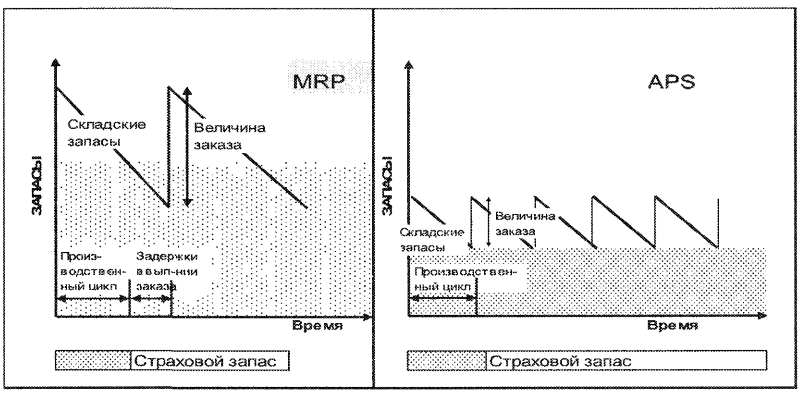


Рис. 12.13. Оптимизация управления запасами в APS-системах

APS-системы были первоначально предназначены для решения задач внутрифирменного планирования, но очень быстро стало понятно, что их можно успешно применять для динамичных и комплексных цепей поставок. По мере развития концепции управления цепями поставок спрос на системы класса APS резко возрос.

Существующие на рынке APS системы можно условно разделить на *три категории:*

1. APS-системы в составе ERP- систем различных фирм (например, ERP-система Baan с APS-системой CAPS Logistics, ERP- система J. D. Edwards с APS-системой Numetrix, ERP-система Infor с APS системой Mapics),

2. APS-системы в составе ERP-системы как разработка одной и той же фирмы (например, фирмы SAP - SAP APO - Advanced Planner and Optimizer),
3. APS-системы как отдельные программные решения (например, фирмы *i2*).

12.6.3. Вопросы практического внедрения APS-систем

Целью данного параграфа является рассмотрение основных аспектов, которые нужно учитывать при выборе APS-систем, а также границ областей их применения. APS-системы не генерируют *общего оптимального решения*. Поиск такого решения потребовал бы использование «тотальных» моделей, которые позволяли бы одновременно определить все решающие переменные с учетом всех взаимосвязей. Подобные модели можно сформулировать, но невозможно реализовать. Поэтому в APS-системах для снижения сложности планирования, происходит представление общей проблемы в виде иерархично структурированных частных проблем, т. е. решение общей проблемы происходит на основе последовательного решения частных проблем. При этом оптимальное решение частных проблем не обязательно обеспечит решение общего оптимума. Если для одних частных проблем действительно можно найти частное решение, то для других (например, планирование производства) используются эвристические алгоритмы, которые не гарантируют оптимального решения.

APS-системы ориентированы прежде всего на поддержку принятия решений в области *планирования производства* на основе имитационного моделирования различных альтернатив. APS-системы не покрывают весь цикл планирования. Для эффективного решения в APS-системе необходимо высокое качество входных данных относительно целей, описания проблемы, ограничений и т. д. В большинстве случаев высокое качество подобных данных могут обеспечить только высококвалифицированные специалисты. Но даже им требуется специальное обучение по работе в APS-системе. Это неизбежно приводит к организационным изменениям на предприятии.

Наряду с развитой функциональностью в области планирования цепи поставок, APS-системы характеризуются относительно слабой поддержкой процессов оперативного управления. Оптимизация процессов осуществляется по следующей схеме: на каждом этапе мониторинга сравниваются фактические параметры выполнения процессов с целевы-

ми, далее оцениваются отклонения и предлагаются меры по их устранению, которые сообщаются участникам цепи поставок. В большинстве случаев подобный цикл является медленным и не позволяет в должной степени учесть оперативные колебания спроса, доступности материалов, доступных мощностей, времени производственного цикла, объемов производства и брака и т.д.

Помимо параметрических колебаний необходимо также учитывать структурные и целевые колебания. Цепи поставок являются сложными многоструктурным объектом. Изменения в различных структурах цепи поставок, таких как изменения состава предприятий (оргструктура), ввод новых продуктов (технологическая структура), изменения информационной инфраструктуры цепи поставок, изменения в структуре финансирования цепи поставок могут привести к тому, что исходная модель не будет являться репрезентативной и адекватной. Изменения в целях, как объектов внешней среды (клиентов), так и самих участников цепи поставок, также могут вызвать необходимость изменения моделей цепи поставок. Подобные изменения моделей цепи поставок являются чрезвычайно сложными и затратными.

Можно выделить *три основные области применения APS-систем* при управлении цепями поставок:

- взаимодействие двух APS-систем одного звена цепи поставок,
- взаимодействие APS-системы фокусной компании с APS-системами ее поставщиков,
- децентрализованное взаимодействие нескольких APS-систем различных звеньев цепи поставок.

APS-системы поддерживают в первую очередь концепции централизованного планирования цепи поставок (с фокусной компанией). Координация посредством иерархичной плановой системы предполагает создание определенных «рамок» для участников цепи поставок более низких уровней, создаваемых результатами планирования предприятий первых уровней. Поэтому APS-системы успешно применяются лишь в тех цепях поставок, где фокусная компания имеет достаточно полномочий и воли, по сути, принудить всех участников цепи поставок работать в рамках централизованной системы планирования. Использование APS-систем в децентрализованных концепциях управления цепи поставок, как правило, не возможно. APS-системы применяются главным образом в серийном и мелкосерийном производстве с большим количест-

вом вариантов продукции. Существуют специальные решения для торговых компаний, логистических компаний и предприятий сферы услуг.

Модули *оперативного управления* APS-систем предназначены для реализации функций мониторинга и выполнения оперативных транзакций. Как уже отмечалось выше, модули оперативного управления тесно связаны с модулями стратегического управления. Менеджер может получить в любой момент времени актуальную информацию о ходе выполнения процессов и сравнить соответствующие фактические параметры с плановыми, в т. ч. в графическом интерфейсе.

Цикл функционирования APS-систем состоит из следующих основных фаз (см. рис. 12.14).

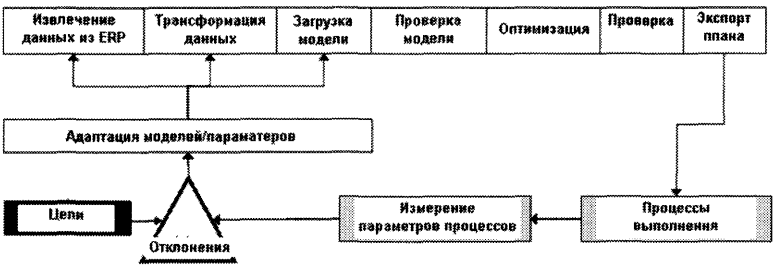


Рис. 12.14. Цикл функционирования APS-системы

После извлечения данных из ERP-системы осуществляется выбор и загрузка соответствующей модели планирования с последующей ее проверкой менеджером относительно наличия необходимых данных. После оптимизации плана осуществляется передача данных в системы участников цепи поставок. Дальнейшие процессы отслеживания выполнения работ, их мониторинг и адаптация также являются задачами APS-систем. Однако большинство APS-систем имеют достаточно незначительную функциональность в данной области. Поэтому на этапе оперативного управления применяются дополнительные системы, такие как SCMo (Supply Chain Monitoring) и системы SCEM (Supply Chain Event Management), которые будут рассмотрены в следующем параграфе.

12.7. Современные информационные технологии мониторинга цепей поставок

Создание единого информационного пространства (ЕИП), т.е. среды интегрированного планирования и управления всей *цепи поставок*, а также координации и коммуникации участников цепи поставок является важнейшей составляющей управления цепями поставок. Именно качество информационной поддержки в значительной степени определяет успех и эффективность систем мониторинга цепи поставок.

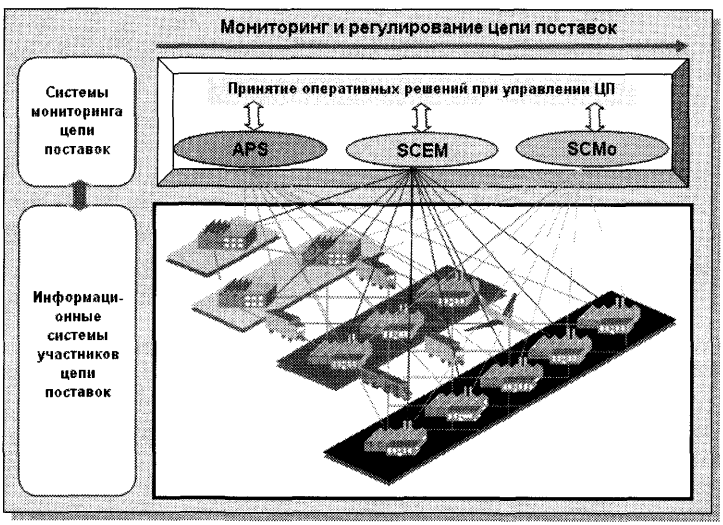


Рис. 12.15. Создание единого информационного пространства для решения задач мониторинга и регулирования цепи поставок

Как отмечалось выше, APS-системы характеризуются относительно слабой поддержкой процессов оперативного управления. Поэтому на этапе оперативного управления применяются системы *SCEM (Supply Chain Event Management)*.

12.7.1. Системы SCEM (Supply Chain Event Management - Управление событиями в цепи поставок)

Принятие решений в случае возникновений отклонений в процессах реализации работ в цепи поставок является одним из важнейших этапов оперативного управления цепи поставок. Концепция и информационные системы Supply Chain Event Management (SCEM) разработаны именно для этой предметной области [69].

Системы SCEM (Supply Chain Event Management – Управление событиями в цепи поставок) предназначены для выявления нарушений и отклонений в выполнении работ, таких как запаздывание или поломка транспортного средства, превышение уровня страхового запаса, отклонения в производственных процессах и т. д.

Для эффективного функционирования SCEM-систем необходимо создание единого информационного пространства из информационных систем всех участников цепи поставок, обеспечивающего необходимую степень актуальности и точности данных.

Основанная идея концепции SCEM заключается в построении системы непрерывной актуализации информации о протекании процессов в цепи поставок для:

- выявления нарушений и отклонений в выполнении работ (например, запаздывание или поломка транспортного средства, превышение уровня страхового запаса, отклонения в производственных процессах и т. д.
- принятия решения об устранении негативных последствий возникших отклонений

SCEM активно развивался в течении последних нескольких лет. В настоящее время SCEM рассматривается как связующее звено между планированием и оперативным управлением цепи поставок, а также в качестве стратегии принятия решений в случае нарушений в цепи поставок.

В случае возникновения отклонения, SCEM-система идентифицирует затрагиваемые участки цепи поставок и оповещает их о причинах и последствиях нарушений. Для эффективного функционирования SCEM-систем необходимо создание единого информационного пространства из информационных систем всех участников цепи поставок, обеспечивающего необходимую степень актуальности и точности данных.

Основная функциональность SCEM-систем состоит в:

- мониторинге (распознавании и визуализации нарушений и помех),
- оповещение участников цепи поставок о возникших нарушениях (Alert Management)
- имитационном моделировании альтернативных вариантов дальнейшего выполнения процессов
- поддержке принятия решений о ликвидации последствий нарушений,
- измерение эффективности выполнения процессов в цепи поставок на основе специальных показателей (KPI).

SCEM базируется на трех основных положениях. *Во-первых*, это информационные системы для считывания и передачи актуальной информации о протекании процессов в цепи поставок, такие как tracking and tracing systems (T&T), RFID и мобильные технологии (например, PDA). Во-вторых, метод управления по исключениям используется для сравнения фактических и плановых показателей выполнения работ в цепи поставок [184]. В-третьих, метод событийного моделирования используется для принятия решений по восстановлению эффективности выполнения работ в цепи поставок.

На рисунке 12.16 представлен подход к анализу событий в SCEM.

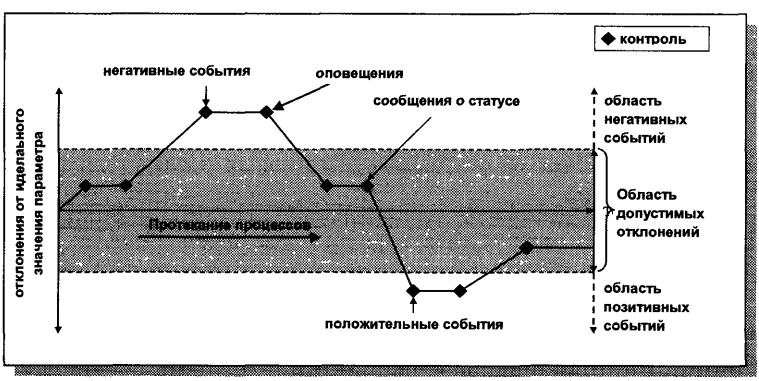


Рис. 12.16. Концепция анализа событий в SCEM

События являются ключевым элементом в SCEM. События характеризуются тремя статусами: документированный (описание процессов и мест перехода ответственности за процесс, например, передача товара клиенту); наблюдаемый статус (текущее значение параметров процесса)

и статус ожидания информации (характеризует полноту и наличие необходимой информации на данном контрольном пункте; например, водитель может доставить товар и ввести данные об этом в систему с помощью своего мобильного телефона, но по техническим причинам эта информация может не быть доставлена на монитор управления цепью поставок). События могут иметь негативный («опоздание грузовика на 5 часов») и позитивный («поставка возможна уже сегодня») характер.

Другим принципиальным аспектом в SCEM являются отклонения. Для их анализа устанавливается определенная область допустимых отклонений от идеальных значений параметров. Суть этой области такова: если отклонения находятся в пределах данной зоны, то они не вызывают нарушений, способных привести к снижению эффективности выполнения работ в цепи поставок и к невыполнению целей цепи поставок (например, превышению затрат, невыполнению обязательств по срокам поставок и т.д.). Эта область допустимых отклонений является основой для оповещения (Alerting) и запуске расчетов по принятию решения о ликвидации нарушения.

Ключевыми в данной ситуации являются два вопроса: как определить границы этой области и исходя из чего принимать решения по восстановлению эффективности цепи поставок. Относительного первого вопроса, на практике используются экспертные методы и, в редких случаях, различные эвристики. Для принятия решений о ликвидации нарушений используются методы сценарно-событийного моделирования, основанные на том, что уже на этапе планирования различным возможным нарушениям и сценариям соотносятся возможные управленческие воздействия.

Критика и развитие SCEM.

Вопросы определения границ области допустимых отклонений не поддерживаются методически. На практике, невозможно учесть все возможные сценарии протекания процессов в цепи поставок в силу высокой неопределенности (см. главу 3). С точки зрения практической применимости, целесообразно рассматривать несколько подобных областей допустимых отклонений, каждой из которых соотносится определенное множество управляющих воздействий, соответствующих характеру отклонения.

Нами разработана методика и модель расширенного SCEM [70], основанная на анализе устойчивости цепи поставок и системе многоуров-

невой адаптации цепи поставок. На основе анализа устойчивости определяются границы нескольких секторов отклонений параметров внутри области допустимых отклонений, а каждый из уровней адаптации связан с конкретными областями допустимых отклонений (см. также главу 16 и параграф 18.2).

12.7.2. SCMo-системы

В последние годы ряд крупных фокусных компаний эффективно внедряет системы *SCMo (Supply Chain Monitoring).* В отличие от описанных выше APS и SCEM-систем, системы SCMo не представляют собой сложные оптимизационные алгоритмы, а предназначены исключительно для *визуализации* реального протекания процессов в цепи поставок, главным образом в области контроля уровня запасов и использования мощностей. В рамках системы SCMo проектируется так называемый пульт управления (control station), устанавливаемый в фокусной компании (см. рис. 12.17).

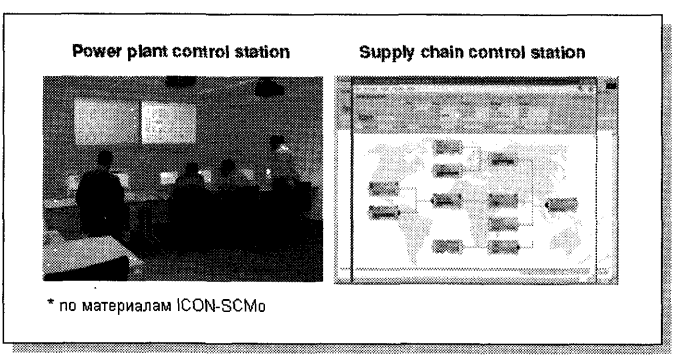


Рис. 12.17. Пульт управления (control station) системы SCMo

Менеджер цепи поставок получает тем самым комплексный взгляд на текущую ситуацию в цепи поставок и имеет возможность составления различных аналитических отчетов по поведению участников цепи поставок. Участники других звеньев цепи поставок имеют подобную информацию непосредственно по своим поставщикам. Информацию в систему вводят сами поставщики, например, с помощью Интернет. Сис-

темы SCMo не являются мощными оптимизационными системами, однако эффективность их использования подтверждается на практике. В первую очередь, это связано с психологическим аспектом возникающей прозрачности системы, что приводит к повышению уровня ответственности поставщиков.

Критика SCMo

SCMo, как и APS-системы, основаны на иерархическом подходе. Эффективный мониторинг процессов в динамически формирующихся цепях поставок на основе иерархичных систем практически невозможен. Природа сложности цепи поставок не связана с размером (иерархией) сети. Сложность (комплексность) цепи поставок характеризуется не на основе численности элементов (число элементов сети не влияет на ее сложность), а на основе характера сетевой структуры (динамикой структуры сети и взаимодействий ее элементов друг с другом и с внешней средой).

Для системы, которая является большой лишь в силу большого числа подсистем, легко разделяемых на элементы, всегда можно составить и решить задачу для каждого отдельного элемента на основе линейных аналитических уравнений независимо от того, как велико число рассматриваемых элементов. Но так как субсистемы (отдельные предприятия) в цепи поставок являются зависимыми друг от друга в силу взаимодействий, и решение одного участника может повлиять на нескольких участников сети одновременно, то функционирование цепи поставок и ее элементов (предприятий) не может быть полностью определено и, соответственно, полно описано линейными аналитическими уравнениями.

Описание отдельных элементов цепи поставок не составит описания системы как единой целостности. *Сложность системы определяется уровнем неопределенности* в ней. В связи с этим возникает необходимость перехода от линейных моделей к полимодельным комплексам (см. главу 14), обеспечивающих динамический синтез адекватных рынку бизнес-структур. Эффективный мониторинг цепи поставок должен основываться на неиерархическом подходе, соответствующем децентрализованным принципам управления.

12.8 Комплексная информационная инфраструктура цепей поставок

Как правило, информационная инфраструктура цепи поставок состоит из самостоятельных информационных субсистем управления и не координируется централизованно. В связи с этим, возникает необходимость обеспечение взаимодействия между различными классами систем, используемых различными участниками цепи поставок (Interoperability Tools).

Процесс создания комплексной информационной сети с участием поставщиков, производителей, торговых организаций и клиентов является чрезвычайно сложным организационно-техническим процессом и требует тщательной предварительной подготовки в виде четкого описания организации системы кооперации, документирования бизнес-процессов цепи поставок и модели интегрированного управления цепью поставок. Только при наличии четко сформулированных и документированных правил и процессов взаимодействия предприятий можно приступать к разработке концепции единого информационного пространства.

С технической точки зрения создание единого информационного пространства основано на разработке инструментальных средств обмена разноформатными данными гетерогенных информационных систем различных разработчиков программного обеспечения. Для этого существует целый ряд информационных технологий, таких как CORBA, J2EE (Sun), Dot.NET (Microsoft) и т.д., а также специальные форматы данных, например XML. На их основе формируются специальные информационные среды, обеспечивающие обмен данными между участниками цепи поставок (напрямую между информационными система предприятий, либо через специально разработанную центральную координационную систему). В последние годы был реализован целый ряд подобных проектов, в частности Athena, Digital Business Ecosystems, Ecolead, OpenFactory. Создание более совершенных ИТ для управления цепями поставок создает предпосылки для реализации концепции *Perfomance Management*, направленной на комплексную информационную поддержку процессов выполнения работ в цепях поставок.

Рассмотрим вопросы построения целостного информационного пространства для управления цепями поставок. В его состав, помимо ERP и APS-систем, входят следующие системы (см. рис. 12.18):

- Customer Relationship Management (CRM)
- Supplier Relationship Management (SRM)
- Supply Chain Event Management (SCEM)
- E-Supply Chain Management (e-SCM)

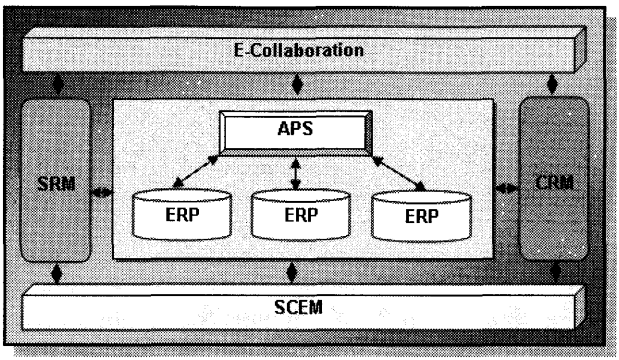


Рис. 12.18. Информационное пространство для управления цепями поставок

Для поддержки функций взаимодействий с поставщиками и клиентами в рамках таких концепций управления цепями поставок как VMI и CPFR используются системы CRM и *SRM (Supply Relationship Management – Управление взаимоотношениями с поставщиками).* Основной функциональностью SRM-систем является стратегический выбор поставщиков, совместная разработка новых видов продукции, реализация всего цикла закупок, а также оперативный мониторинг и оценка деятельности поставщиков.

Важная составляющая комплексной информационной инфраструктуры цепей поставок связана с Интернет-технологиями. На рисунке 12.19 представлены основные элементы E-SCM во взаимосвязи с концепциями управления бизнес-процессами в цепях поставок.

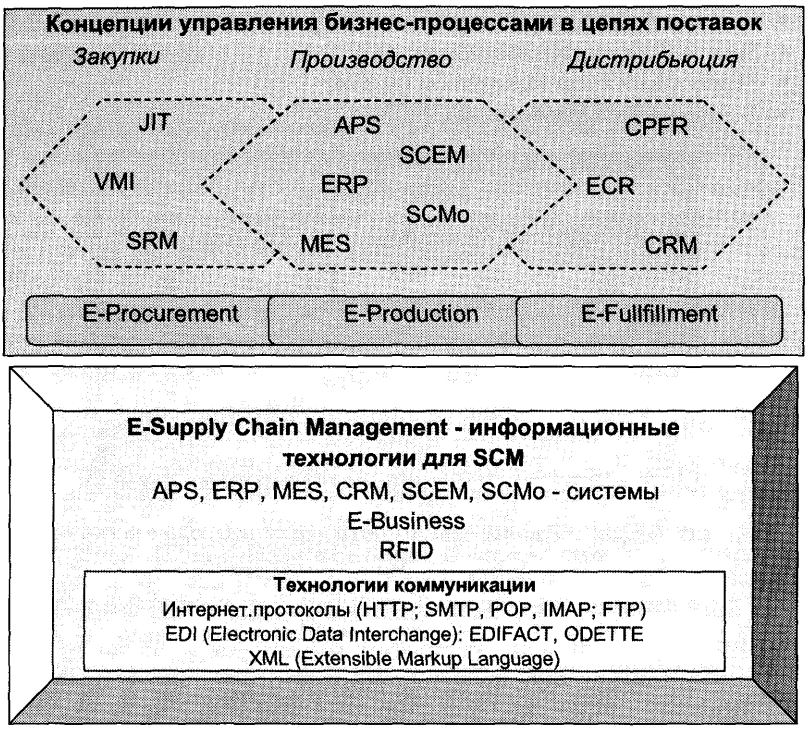


Рис. 12.19. Основные элементы E-SCM во взаимосвязи с концепциями управления бизнес-процессами в цепях поставок

Осуществление деловых процессов с помощью интернет-ресурсов получило название электронная коммерция (e-commerce), или электронный бизнес (e-business). Широкое применение данные технологии нашли в области организации интернет-магазинов, которые дали начало тенденции осуществления деловых сделок в Интернете. На их основе получила развитие концепция business-to-business (B2B), ставшая своеобразным «мостом», соединившим SCM и Интернет. Именно на основе комбинирования концепций E-Business и классических SCM-систем появляется новая концепция E-SCM.

В основу концепции E-SCM положена модель виртуального предприятия. В концепции E-SCM Интернет выступает в качества среды

коммуникации партеров в ЦП и их информационных систем. К основным элементам E-SCM относятся: E-Procurement, E-Fulfillment, E-Commerce, E-Collaboration.

Помимо интегрированного планирования и оперативного управления производством и закупками, концепция E-SCM включает также целый ряд сопутствующих элементов и технологий. В области контроля поставок все большее значение приобретает использование технологий телематики (GPS, RFID, Tracing&Tracking). Интенсивно развиваются системы электронных платежей с использованием специальных сервисов безопасности SSL (Secure Socket Layer) и SET (Secure Electronic Transaction).

12.8. Пример построения системы управления цепями поставок в субконтрактинговой сети Санкт-Петербурга

Общая схема разработанной модели интегрированного информационного пространства для управления цепями представлена на рис. 12.20.

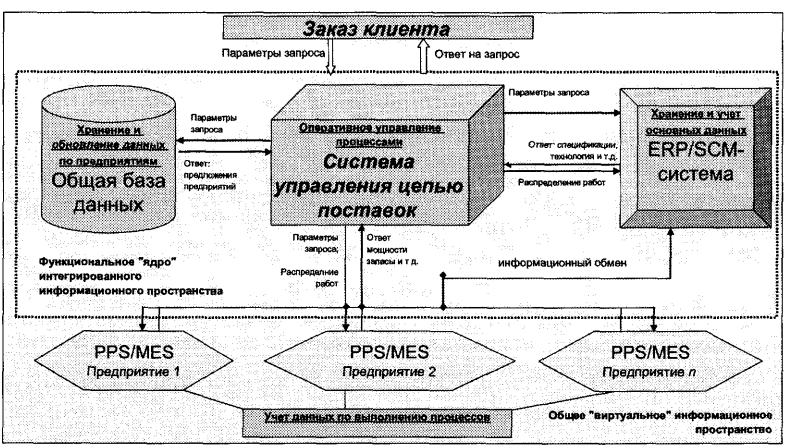


Рис. 12.20. Модель единого информационного пространства

Информационное описание цепей поставок основано на общих базах данных (БД) о предприятиях-участниках, их функциональных возмож-

ностях (компетенциях) и технологических операциях. Доступ к указанным базам данных осуществляется через Интернет, на специально разработанном вэб-сайте. *Функциональное «ядро» цепи поставок* составляют система оперативного управления цепями поставок, связанная с производственно-экономической системой класса ERP, в которой хранятся и актуализируются данные по выполнению отдельных процессов, и с общей базой данных, в которой сохраняется информация об агентах (участниках) цепи поставок.

Именно это функциональное «ядро» отвечает за управление заказами клиентов и определение возможностей их эффективной реализации агентами цепи поставок. С другой стороны, оно связано с системами оперативного управления предприятиями (СОУП), которыми обладает каждый агент цепи поставок. Задачей СОУП является управление оперативной информацией о процессах на отдельных предприятиях и снабжение этой информацией систем «функционального ядра» (как, например, в случае MES-систем). Само «ядро» находится в ведение «головной организации» (Координационного Совета).

Одной из главных задач является разработка такого интегрированного информационного пространства и системы оперативного управления процессами и координации, которые бы позволили в оперативном режиме осуществлять прием заказа клиента, проверку возможности его выполнения и распределение работ по выполнению данного заказа между отдельными предприятиями-участниками цепи поставок. Ниже рассмотрим пример реализации процесса обработки заказа клиента в цепи поставок в рамках разработанной модели интегрированного информационного пространства и системы оперативного управления процессами и координации (рис. 12.21).

В зависимости от организации цепи поставок и собственных желаний клиент может обратиться либо на общий Web-сайт фокусной компнаии, либо на один из сайтов отдельных предприятий-участников цепи поставок. Параметры заказа передаются в систему оперативного управления. В ней происходит построение комплексных моделей процессов, выбор алгоритмов выполнения и оптимизации процессов и имитационное моделирование процессов на основе динамической модели оперативного управления с использованием данных об ассортименте, технологии, загрузки мощностей, складских запасах, затратах, сроках и т. д.

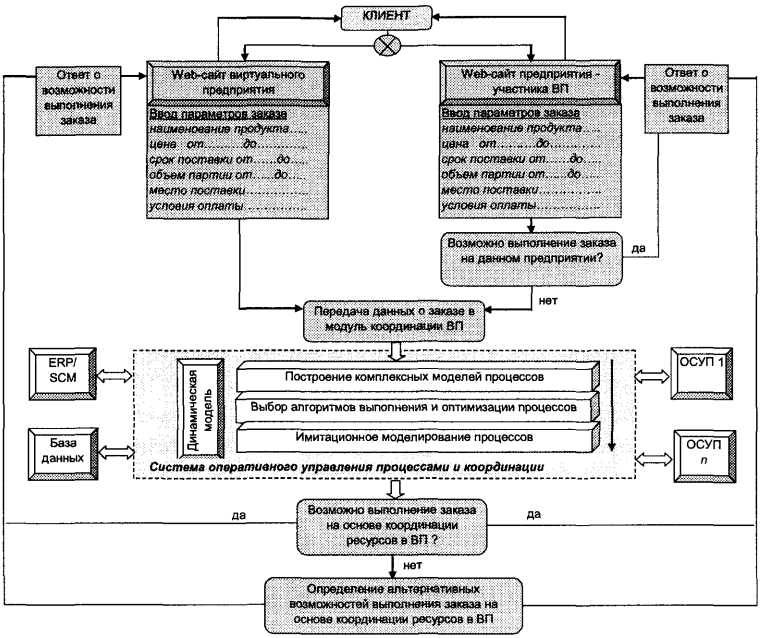


Рис. 12.21. Концептуальная модель процесса обработки заказа клиента в цепи поставок

Результатом работы системы оперативного управления в данном случае является решение о возможности выполнение заказа с требуемыми параметрами на основе координации ресурсов в цепи поставок. Если это возможно, то клиенту на Web-сайте выдается ответ о возможности выполнения заказа с его параметрами. Если выполнение заказа в соответствие с требованиями заказчика невозможно, то проверяются и предлагаются клиенту альтернативные возможности выполнения заказа (например, изменение срока поставки или стоимости заказа), или сообщается о невозможности выполнения заказа с параметрами, близкими к требованиям заказчика.

Представленная модель ЕИП является средой процессной и информационной интеграции участников цепи поставок и служит для координации кооперируемых предприятий. Практическое применение разработанной концепции управления цепями поставок нашло в субконтрактинговой сети Санкт-Петербурга. В Санкт-Петербурге в

рамках цикла научно-исследовательских работ, проводимых Фондом поддержки промышленности, Петербургским Субконтрактинговым Центром и Институтом промышленного субконтрактинга по заказу Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Администрации Санкт-Петербурга в 2003-2005 гг. были разработаны Электронная Информационная Система Субконтрактинга (ЭИСС), а также Информационная Система Субконтрактинга (ИСС) (www.fpp-iis.ru, www.spb-outsource.ru).

ИСС содержит сведения о производственных возможностях промышленных предприятий в базе данных (Электронная База Данных Мониторинга – ЭБДМ), которая обновляется с изменениями производственных возможностей и текущей загрузки предприятий.

Система оперативного управления процессами (СОУП) представляет собой автоматизированный модуль, *основными задачами* которого являются планирование выполнения заказов клиентов, анализ реализации процессов, контроль и внесение оперативных изменений, улучшение процессов (см. рис. 12.22).

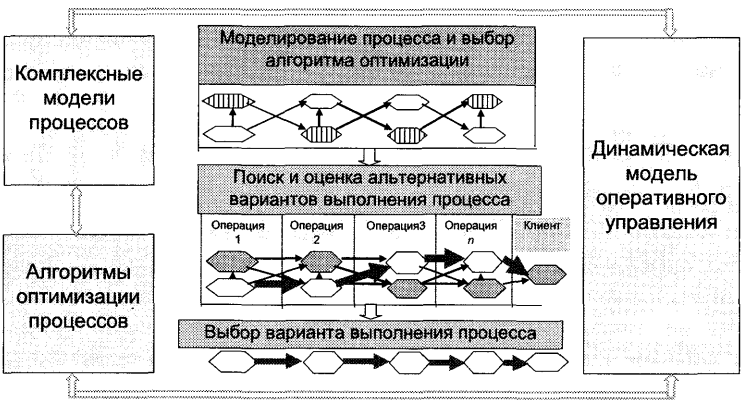


Рис. 12.22. Структура и логика работы системы оперативного управления

Логика работы СОУП включает в себя построение комплексных моделей, выбор алгоритмов выполнения и оптимизации процессов, интеграцию в динамической модели актуальных данных об ассортименте, технологии, загрузке мощностей, складских запасах, затратах, сроках и т.д. из ERP/SCM/MES-систем и общей базы данных, а так же имита-

ционное моделирование процессов на основе динамической модели оперативного управления (см. главу 18).

Контрольные вопросы

1. К основным видам информационных технологий для управления цепями поставок относятся:

   a) Системы внутрифирменного планирования (ERP)
   b) Системы управления цепями поставок (APS)
   c) Системы для технической инфраструктуры цепей поставок (RFID)
   d) Системы для координации цепей поставок (ECR)

2. В настоящее время интенсивно развиваются:

   a) ERP-системы
   b) SCEM-системы
   c) CPFR-системы
   d) RFID-технологии

3. Функциональность ERP-систем расширяется за счет:

   a) CRM-систем
   b) APS-систем
   c) MRP-систем
   d) MES-систем

4. К основным модулям ERP-систем относятся:

   a) Управление данными изделий
   b) Управление жизненным циклом изделий
   c) Управление материальными потоками
   d) Планирование производства

5. К основным данным предприятия относятся:

   a) Данные о продажах продукции
   b) Данные о мощностях
   c) Данные об использовании мощностей
   d) Спецификации и технологические планы изделий

6. Основными недостатками ERP-систем являются:

   a) Предположение о «безграничных» мощностях
   b) Постоянное «перепланирование»
   c) Использование методики MRP-II
   d) Слабая аналитическая функциональность

7. MES-системы предназначены для:

   a) Оперативного контроля качества
   b) Оперативного планирования производства
   c) Оперативного управления поставками продукции
   d) Оперативного управления использованием производственных мощностей

8. APS-системы:

   a) Дополняют MES-системы в управлении качеством
   b) Дополняют ERP-системы в планировании ЦП
   c) Обладают аналитической функциональностью
   d) Дополняют ERP-системы в оперативном управлении

9. К основной функциональности SCEM-систем относятся:

   a) Планирование цепей поставок
   b) Мониторинг цепей поставок
   c) Поддержка принятия решений по регулированию ЦП
   d) Оповещение о сбоях в цепях поставок

10. К основной функциональности E-SCM относятся:

    a) Интернет-продажи
    b) Интернет-закупки
    c) Интернет-производство
    d) Интернет-бухгалтерия

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

ТОМ 2

Моделирование, оптимизация, системный анализ

Часть III Моделирование и системный анализ цепей поставок

Часть IV Оптимизация цепей поставок

Успех моделирования –
это моделирование успеха.

Марина Иванова & Дмитрий Иванов

Конечными средствами математики невозможно
описать все бесконечное разнообразие мира.

Борис Соколов

ЧАСТЬ III

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

Третья часть книги посвящена рассмотрению основных концепций, моделей и алгоритмов поддержки принятия решений в SCM. В ней рассматриваются следующие основные вопросы:

- Какие существуют основные концепции, модели и алгоритмы поддержки принятия решений при управлении цепями поставок
- В чем заключаются особенности задач управления цепями поставок и какие требования выдвигаются к системам поддержки принятия решений при решении задач управления цепями поставок
- Почему необходим междисциплинарный подход к поддержке принятия решений в SCM
- Каким образом реализован междисциплинарный подход к поддержке принятия решений в SCM
- Какие методы и модели существуют для решения проблемы неопределенности при управлении цепями поставок
- Как оценить устойчивость цепей поставок
- Какие концепции, модели и алгоритмы поддержки принятия решений должны применяться для практических проблем SCM

Существует поразительная способность
описать предмет математически,
не поняв при этом существа дела.

Альберт Эйнштейн

Глава 13. Концепции поддержки принятия решений при управлении цепями поставок

В данной главе рассматриваются следующие основные вопросы:

- Что такое модель и моделирование
- Выбор и поддержка принятия решений
- Какие существуют основные концепции поддержки принятия решений при управлении цепями поставок
- Какие существуют основные инструменты поддержки принятия решений при управлении цепями поставок
- В чем заключаются преимущества и недостатки применения различных концепций и инструментов поддержки принятия решений при управлении цепями поставок
- Какие концепции и инструменты поддержки принятия решений применяются для различных практических задач SCM
- В чем заключаются особенности задач SCM и какие требования выдвигаются к моделям поддержки принятия решений в SCM

13.1. Модели и поддержка принятия решений

13.1.1. Понятие модели

Понятие *модели* (фр. modele происходит от ит. modello) широко используется в естественном языке человека и является, по сути, общенаучным понятием. Оно характеризуется ярко выраженной *полисемией*, отражающей различные смысловые значения, вкладываемые в данное

понятие в зависимости от сферы приложений и от контекста, в связи с которым оно используется [308].

В настоящее время существует несколько сотен определений понятий модель и моделирование. В работе [308] приведены для примера некоторые из них: *модель* — это система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе; *модель* — это способ существования знаний [285]; *модель* — это системное многоместное отображение объекта оригинала, имеющее наряду с безусловно-истинным, условно-истинное и ложное содержание, проявляющееся и развивающееся в процессе его создания и практического использования; *моделирование* — один из этапов познавательной деятельности субъекта, включающий в себя разработку (выбор) модели, проведение на ней исследований, получение и анализ результатов, выдачу рекомендаций о дальнейшей деятельности субъекта и оценивание качества самой модели применительно к решаемой задаче с учётом конкретных условий.

При моделировании целесообразно выделять следующие основные элементы и отношения, характеризующие данный процесс: во-первых, субъекта либо субъектов, объект-оригинал, объект-модель и среду (в которой осуществляется моделирование); и, во-вторых, бинарные отношения между перечисленными элементами.

С позиций системного анализа, под моделью понимается некий объект-заместитель, который в определенных условиях может заменять объект-оригинал, воспроизводя интересующие нас свойства и характеристики объекта-оригинала и обеспечивая необходимые наглядность, обозримость, доступность испытаний и т.д. [285].

Из анализа перечисленных определений следует, что всякая корректно построенная модель содержит объективную истину (т.е. в чём-то правильно отображает объект-оригинал). Вместе с тем, из-за конечности создаваемой (используемой) модели (конечного числа элементов и отношений, описывающих объекты, принадлежащие бесконечно разнообразной действительности) и ограниченности ресурсов (временных, денежных, материальных), выделяемых на моделирование, она (модель) всегда упрощённо и приближённо отображает объект-оригинал. Однако человеческая практика свидетельствует, что данные свойства модели являются вполне приемлемыми при решении задач, стоящих перед субъектами.

Анализ соответствия между моделью и действительностью осуществляется на основе таких категорий, как конечность моделей, упрощен-

ность моделей, приближенность моделей, адекватность моделей, истинность моделей. Ниже рассмотрим основные требования к моделям [284, 285, 308]:

- *адекватность* (лат. adaequatus — приравненный, сравнимый, вполне соответствующий). Указанным свойством должна обладать модель по отношению к тем или иным аспектам объекта-оригинала. Очевидно, что на практике следует говорить не о полной адекватности, а лишь об адекватности в некотором смысле (о некоторой степени адекватности). Для сложных систем (объектов-оригиналов), как уже отмечалось выше, одна модель может отражать лишь какую-либо сторону, аспект прототипа, и поэтому понятие адекватности «вообще» для такой модели не существует, речь может идти об адекватности отражения указанной стороны. При оценивании *адекватности модели* различают *качественную адекватность* и *количественную адекватность*. Для этого вводятся различные типы метрик [284].
- *простота и оптимальность модели (полимодельного комплекса).* Свойство адекватности модели непосредственно связано со свойствами простоты и оптимальности модели. В самом деле, для того, чтобы достичь требуемой степени адекватности, иногда приходится идти на существенное усложнение модели. С другой стороны, если существует возможность выбора между различными моделями, имеющими примерно одинаковую адекватность, целесообразно из них выбрать наиболее простую.
- *гибкость (адаптивность) моделей.* Данное свойство моделей предполагает ввод в состав моделей таких параметров и структур, которые можно менять в заданных диапазонах для достижения целей моделирования.
- *универсальность и проблемная ориентация моделей.*

К числу *других свойств моделей* могут быть отнесены соответствие модели условиях ее реализации, надёжность, унификация, простота, открытость и доступность модели, их интеллектуальность, эффективность машинной реализации, сложность, идентифицируемость, устойчивость, чувствительность, управляемость, наблюдаемость моделей, их инвариантность, развиваемость (самоорганизация и самообучение).

13.1.2. Виды моделей

Модели, в широком смысле, могут быть разделены на абстрактные (языковые) модели, материальные модели (реальные, вещественные модели), знаковые модели и сигналы, а также информационные и математические модели. Применительно к управлению цепями поставок, нас в наибольшей степени интересуют последние два типа моделей.

В настоящее время существуют различные подходы к проведению классификации моделей в различных предметных областях. В табл. 13.1 в качестве примера представлен фрагмент результатов морфологического анализа, базирующегося на принципах трихотомии.

Таблица 13.1.

Трихотомическая классификация моделей [308]

Параметр классификации	Трихотомия математических моделей		
	I	II	III
Научный базис, логика построения и использования модели	Теоретическая (аксиоматическая)	Эмпирическая	Полуэмпирическая
	Гипотетико-дедуктивная (феноменологическая)	Дедуктивно-выводимая (асимптотическая)	Индуктивная
	Дедуктивная	Индуктивная	Индуктивно-дедуктивная
Структура модели	Аналитическая	Имитационная	Аналитико-имитаицонная
Основная функция модели	Описывающая систему (дескриптивная)	Предписывающая поведение (прескриптивная)	Гибридная
Альтернативность модели	Сатисфакционная	Оптимизационная	Безальтернативная
Самоорганизация и -обучение	Самоорганизующаяся	Самообучающаяся	Жёстко-определённая
Поведение во времени	Статическая	Кинематическая	Динамическая
	Синхронистическая	Диахронистическая (генетическая)	Гибридная
Дискретность во времени	Непрерывная	Дискретная	Дискретно-непрерывная
(Не)определенность	Детерминированная	Стохастическая	Гибридная

Такие классификационные схемы наглядно иллюстрируют одну из базовых концепций системного моделирования, основанную на идее формирования комбинированных (гибридных) моделей, в которых достоинства моделей различных классов в ходе их взаимодействия компенсируют недостатки друг друга.

Второй вариант классификации моделей в большей степени ориентирован на концепцию субъектно-объектного подхода к моделированию, в рамках которого основными объектами, подлежащими исследованию, являются не только объект-оригинал и его модель, но также субъекты и среда, взаимодействующие с ними и друг с другом. В работах [257, 336] указанные элементы и отношения между ними образуют новый объект-оригинал (новый уровень моделирования) — *развивающуюся ситуацию*, которую и целесообразно моделировать.

В рамках новых информационных технологий, базирующихся на концепциях баз знаний понятие «модель» значительно расширило сферу своего применения, перешагнув из области пассивных в область активных информационных ресурсов. В последние годы широкое распространение получили *информационные модели* [29, 32, 197, 284, 331]. Информационные модели служат для описания бизнес-процессов, информационных систем, а также интегрированных систем поддержки принятия решений. Частично эти виды моделей были рассмотрены в главах 10-12.

13.1.3. Выбор (принятие решений)

Выбор управленческого решения придает целенаправленность функционированию системы и является важнейшей фазой процесса управления. Именно через выбор реализуется подчиненность всей деятельности системы определенной цели или, в большинстве случаев, совокупности целей (многокритериальность) [193, 194, 221, 273, 285]. Процесс принятия решений присутствует на всех этапах *контура управления*. Выбор возникает на этапах прогнозирования, планирования и в процессе функционирования (анализа, контроля и регулирования) системы.

Процесс *принятия решения* состоит в выборе одного варианта, когда существуют несколько альтернативных вариантов развития, но реализован быть может только один из них, при чем вернуться к ситуации выбора, как правило, уже нельзя. Как мы уже отмечали в главе 2, решения

могут приниматься на различных уровнях – стратегическом, тактическом, оперативном и уровне реализации процессов. Умение принимать лучшие решения, делать лучший выбор является ключевым фактором в искусстве управления.

Задачи выбора чрезвычайно многообразны, как и методы их решения [34, 198, 209, 294]. В общем случае, под принятием решения понимается какое-либо действие (или совокупность действий) над множеством альтернатив, в результате чего выбирается одна альтернатива или меняются условия выбора альтернатив, если в данных ограничениях ресурсов невозможен выбор, т.е. ни одна из альтернатив не позволяет достичь целей управления. Данная процедура называется *сужением множества альтернатив*.

Пожалуй, основными проблема принятия решений являются *оптимальность*, *многокритериальность* и *неопределенность*. Принятие решения может строиться исходя из различных подходов: поиск единственного строго оптимального решения, поиск приемлемого решения, упорядочение возможных альтернативных решений по степени предпочтительности.

В классических подходах, например, в рамках исследования операций (линейное программирование и т.д.), выбор рассматривается как *оптимизация* (максимизация или минимизация) некоторого критерия (см. также §13.2). Проблема состоит в отыскании в некотором исходном множестве *наилучших в заданных условиях (ограничениях)*, т.е. *оптимальных*, альтернатив [214, 221, 317].

К достоинствам оптимизационного подхода следует, прежде всего, отнести именно саму идею оптимальности как стремления к наилучшему результату. Но при всей очевидности полезности оптимизации, практика требует необходимости очень осторожного обращения с ней, что обусловлено следующими факторами (см. также параграф «Оптимальность и субоптимальность» в заключение к данной книге):

- *Размерность реальных задач, полнота и определенность модели* – оптимизация предполагает, что существует принципиальная возможность точного задания всех ограничений, четкого описания целей, определения всех взаимосвязей между входными и выходными переменными, а также однозначности постановок многокритериальных задач. К сожалению, в реальных задачах управления такие ситуации практически не встречаются.

- *«Хрупкость» оптимального решения* – даже незначительные изменения параметров модели могут привести к выбору нежелательных альтернатив или разрушению оптимального решения. В связи с этим, задачи оптимизации должны решаться комплексно с задачами оценивания чувствительности и устойчивости.
- *Динамика* – реальные системы находятся в постоянном развитии и изменении своих состояний. Поэтому и процесс выбора должен рассматриваться как динамический процесс в условиях постоянно меняющейся обстановки, что требует постоянной «подстройки», адаптации моделей принятия решений.

Резюмируя проблему оптимальности следует подчеркнуть, что применительно к сложным системам, какими и являются цепи поставок, оптимизацию нужно понимать ни как нахождение единственного и наилучшего решения, но как идеологию построения моделей поддержки принятия решений.

Второй из указанных выше проблем принятия решений является *многокритериальность* [134, 198, 221, 257, 278, 285, 285, 294] (см. также главу 17). В простейшем случае качество решения можно описать одним показателем. Тогда модель выбора, скорее всего, той или иной задачей математического программирования. В реальных задачах управления выделить такой единственный показатель часто очень затруднительно. Сложность отыскания наилучшей альтернативы значительно возрастает, если при выборе необходимо учитывать несколько критериев.

Основным методом решения многокритериальных задач является их скаляризация и рассмотрение той или иной свертки исходной задачи (минимаксная, максиминная и т.д.) [198, 221, 273, 284, 285, 294]. Это означает введение т.н. суперкритерия, т.е. скалярной функции векторного аргумента. В общем случае, каждому из целевых показателей присваивается определенный вес, характеризующий его вклад в суперкритерий. Суперкритерий позволяет упорядочить альтернативы. Для расчета суперкритерия могут использоваться аддитивные или мультипликативные функции. Часто многокритериальную задачу можно свести к двухкритериальной, что позволяет перейти к наглядному графическому изображению для сравнения альтернатив.

Выбор способов решения многокритериальных задач зависит от того, равноважности или разноважности критериев. Если критерии равноважные, то целесообразно применять свертывание критериев в один или

определять приоритет важнейшего критерия. При разноважности критериев целесообразно использовать либо метод идеальной (целевой) точки или множество Парето [198, 273, 285].

В заключение анализа проблемы многокритериальности отметим, что в сложных системах, управляемых решениями людей (а не автоматических приборов), какими являются цепи поставок, многокритериальность является одной из ключевых проблем. Люди по-разному трактуют риск, неопределенность, важность критериев. Это необходимо учитывать при разработке систем поддержки принятия решений.

Третьей проблемой принятия решений является *неопределенность* (см. также главы 3, 15, 16). Важным направлением в теории принятия решений является анализ моделей выбора в условиях *отсутствия, неполноты, расплывчатости* либо *случайного характера* доступной информации. В условиях отсутствия информации (неизвестности), как правило, применяются методы теории игр и теории полезности. В условиях расплывчатости – метод нечетких множеств (см. §13.2.3).

Наиболее проработанным является раздел теории изучающей вероятностные задачи выбора. В этих задачах предполагается, что альтернативы, предъявленные к выбору, характеризуются одним или несколькими критериями, но значения критериев заданы не точно, как в детерминированных задачах, а являются случайными величинами с известными законами распределения вероятностей. Этот класс задач изучается в теории стохастического программирования. В этой теории для формализации правил предпочтения используются различные критерии, в разной степени отражающие готовность ЛПР рисковать. Так, в частности, в задачах с единственным критерием, могут быть использованы критерии Байеса-Лапласа, Гурвица. В многокритериальных постановках могут найти применение критерии Вальда и Сэвиджа.

Выбор того или иного критерия, по существу, означает указание вероятности получения значения критерия (или критериев) в определенном диапазоне. Критерий Байеса-Лапласа используется при многократном выборе и устойчивых распределениях. Он ориентирует на выбор варианта с наилучшим средним значением. Величина риска отклонения от среднего значения зависит от вида и параметров закона распределения. С увеличением количества реализаций процедуры выбора среднее значение приближается к математическому ожиданию, и оценка риска отклонений уменьшается.

Критерий Гурвица, в наиболее простом случае, не предполагает знания закона распределения вероятностей и оперирует только граничными значениями интервалов возможного изменения критерия для каждой альтернативы. Критерий имеет вид суммы минимального и максимального значений оценок альтернатив, взятых с определенными весами. Меняя веса, ЛПР может смещать значение критерия в сторону пессимистических либо оптимистических значений. Соответственно, будет увеличиваться и риск получения фактических значений, худших, чем ожидаемые.

Критерии Вальда и Сэвиджа используют и в многокритериальных постановках. Критерий Вальда (минимаксный) предполагает на первом шаге определение для каждой альтернативы наихудшего значения из оценок, описывающих эту альтернативу, а затем, на втором шаге, выбор той альтернативы, для которой это значение является наилучшим среди всех альтернатив. Критерий Вальда реализует принцип «гарантированного результата» или, другими словами, исключает риск: ЛПР не получает результат хуже, чем тот, на который он ориентируется.

Критерий Сэвиджа (максимаксный) по смыслу противоположен критерию Вальда: он предполагает выбор варианта решения, имеющего наилучшую оценку по всей совокупности возможных значений критериев. Применение этого критерия может быть рекомендовано, когда ЛПР обладает такими качествами, как оптимизм и склонность к риску. В теории принятия решений в условиях неопределенности используются и другие критерии, позволяющие учесть особенности разнообразных ситуаций выбора, возможных на практике.

На практике управления современными сложными системами, выбор реализуется в рамках интегрированных систем поддержки принятия решений (*DSS – Decision Support Systems*) [29, 71, 72, 177, 284]. Системы поддержки принятия решений включают в себя компоненты управления знаниями, система управления данными, хранилища данных, а также компоненты моделирования (оптимизатор, имитатор и статистический оператор).

13.1.4. Сложность и моделирование

Следует отметить, что одной из основных особенностей современных объектов-оригиналов (реальных или абстрактных), с которыми

приходится сталкиваться на практике, является их чрезвычайно высокая сложность. Поэтому для описания такого рода объектов приходится использовать не одну, а несколько моделей, другими словами, осуществлять *системное моделирование* (полимодельное описание предметной области) [284, 308].

Сложность – категория многогранная и является одним из определяющих свойств систем. Сложность в применении к системам имеет различный смысл [284, 329, 335]:

- *структурная сложность* (количество элементов и связей между ними, а также разнообразие этих элементов и связей),
- *динамическая сложность* (динамика изменения количества элементов, связей между ними, разнообразия элементов и связей, а также динамика изменения объема одновременного задействования элементов и связей в каждом конкретном состоянии системы),
- *сложность моделирования* (алгоритмическая сложность, вычислительная сложность, полимодельная сложность).

Теоретически проблема сложности широко обсуждается в концепции «управления сложностью» (complexity management) (см. также главу 3). Управление сложностью тесно связано с теорий систем и понятием сложной системы [131]. Под *сложной системой* понимают систему, цели которой противоречивы и трудноформализуемы, в модели которой не хватает информации для эффективного управления, которая характеризуется неопределенной динамикой развития и изучение которой требует комплексного применения различных теорий, методов и моделей [28, 284, 285, 337]. Теория сложности позволяет с методических позиций подходить к проблемам формирования и реализации управления различными системами.

Отличительной чертой сложности, присущей принятию решений, является невозможность доказать существование функции, однозначно представляющей предпочтение лица, принимающего решение. Поэтому подход, в основе которого лежит гипотеза о нахождении оптимального решения, не дает возможности справиться с реальными проблемами выбора, связанных с многокритериальностью и неопределенностью. В таких случаях необходимо перейти к методам, позволяющим найти *рациональное решение*, отвечающее индивидуальным особенностям ЛПР, за приемлемое время.

13.2. Основные концепции поддержки принятия решений при управлении цепями поставок

Рассмотрим основные концепции поддержки принятия решений при управлении цепями поставок: исследование операций, системный анализ, теорию систем и управления и мультиагентные системы.

13.2.1 Исследование операций

Исследование операций (англ. Operations Research (OR) – дисциплина, занимающаяся разработкой и применением *количественных* методов и моделей поддержки принятия решений в различных областях человеческой деятельности [107, 149, 150, 167, 168, 208, 214, 271, 294, 317, 332].

Исследование операций основывается на математическом аппарате оптимального программирования, теории массового обслуживания, математической статистике, теории игр и др. Как отдельное научное направление сформировалось в 50-60-е гг. 20 в. Методы исследования операций широко используются в решении задач планирования производства, логистики, маркетинга и др.

К *основным методам исследования операций* относятся линейное, целочисленное и динамическое программирование, многокритериальная оптимизация, стохастическая оптимизация, транспортные и сетевые модели, модели управления запасами, теория игр, эвристические методы, методы прогнозирования, марковские процессы принятия решений, системы массового обслуживания, алгоритмы нелинейного программирования [12, 40, 167, 208, 214, 317].

Современной тенденцией является развитие эвристических методов в рамках исследования операций [17, 43, 171, 196, 198, 328]. Ряд специалистов относят к методам исследования операций также и методы теории принятия решений (как, например, методы анализа иерархий) [293, 294].

Применительно к управлению цепями поставок, методы исследование операций широко используются в задачах проектирования сетевой структуры цепей поставок, выбора поставщиков, планирования потребностей и мощностей, решении задач управления запасами и транспор-

тировки и многих др. [9, 11, 20, 25, 33, 40, 58, 107, 149, 150, 207, 209, 271, 332].

Исследование операций является самой распространенной на сегодняшний день концепцией моделирования цепей поставок. К ее основным преимуществам относятся простота, наглядность и общедоступность. К сожалению, методы исследования операций имеют очень большое количество ограничений и допущений, что приводит к необходимости «подстраивания« реальной задачи под особенности каждого метода.

Проблемой методов исследования операций является то, что задачи решаются в некоторой фиксированной системе, подогнанной под особенности конкретного метода. А что, если задача должна быть сформулирована иначе? Это вызывает необходимость сужения задачи, внесения массы допущений, и, как следствие, приводит к нереалистичным постановкам и не применимым на практике результатам. Вопросы собственно формирования системы и решения в ней управленческих задач остаются за пределами исследования операций.

Лишь некоторые задачи управления цепями поставок успешно решены с помощью методов исследования операций, например стратегическое планирование распределения заводов и дистрибуционных центров в цепи поставок. Задачи же тактического и оперативного уровня управления цепями поставок, связанные с множеством и неопределенностью значений параметров, многокритериальностью и динамикой процессов не имеют практически применимых решений на основе методов исследования операций. Применение методов исследования операций оправданно в тех случаях, когда можно без потери для смысла локализовать проблему и целевые критерии.

Применение методов исследования операций оправданно в тех случаях, когда можно без потери для смысла локализовать проблему и целевые критерии.

13.2.2. Теория управления

Теория управления является междисциплинарной инженерно-математической отраслью знаний, изучающей поведение систем в динамике [143, 257, 284]. Теория управления содержит мощный методический и конструктивный аппарат, предназначенный в первую очередь

для решения динамических задач гибкого распределения комплекса работ между различными ресурсами.

Теория управления тесно связана с теорий систем. В классических теориях систем и управления заложены основы изучения больших и сложных систем[1] и их динамики [13, 28, 123, 143, 193, 194, 257, 274, 278, 279, 284, 292, 293, 310, 324, 325, 329, 337]. Теория управления находит все большее применение в социо-экономических науках, психологии, социологии и криминологии.

Рассмотрим некоторые основные понятия *теории оптимального управления*. Начнем с примера управляемой автоматической системы. Современные автомобили оснащены функцией круиз-контрол (cruise control), которая заключается в поддержании постоянной скорости автомобиля. Управляемой системой в данном случае является автомобиль, выходной переменной – скорость автомобиля, управляемой переменной – частота оборотов двигателя.

Простейшим путем реализации круиз-контрола является назначение постоянной частоты оборотов двигателя для желаемой скорости движения. Но проблема состоит в том, что условия движения в *динамике* движения автомобиля отличны от тех, что были на момент фиксации скорости (принятия решения). Так, например, при движении в гору и с горы, по ветру и против ветра, по сухой дороге и по снегу, частота вращения должна меняться, чтобы поддерживать требуемое значение выходной переменной (скорость движения).

Если между входными и выходными переменными нет взаимосвязи в виде учета фактических условий выполнения работ, то речь идет о так называемой системе управления с открытым циклом (open-loop controller), т.е. системе, которая не в состоянии компенсировать действие внешних сил на свою динамику.

В отличие от системы с открытым циклом, системы с замкнутым циклом (closed-loop control system) снабжены системой *обратной негативной связи* (см. рис. 13.1).

---

[1] В литературе принято различать большие (англ.: large-scale) системы, характеризующиеся большим числом элементов, и сложные (англ.: complex) системы, характеризующиеся не просто количеством, но и неоднородностью, многообразием элементов, а также неопределенностью связей элементов системы друг с другом и с внешней средой вследствие неопределенной динамики условий функционирования системы.

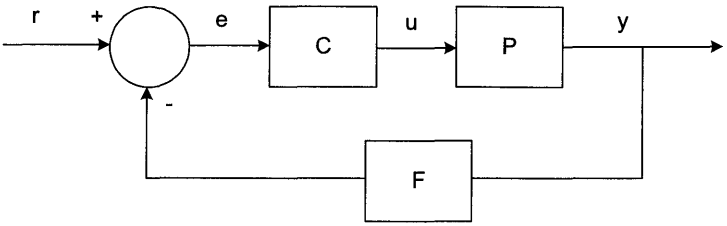


Рис. 13.1. Система управления с замкнутым циклом (closed-loop control system)

Y(t) является выходной переменной системы, значения которой измеряются сенсором *F* относительно значений входной переменной *r(t)*. На основе установленной ошибки (отклонения) *e*, управляющий элемент (controller) изменяет управляющие воздействия *u* на управляемую систему *P*. Возвращаясь к нашему примеру с автомобилем, сенсор осуществляет мониторинг скорости движения автомобиля и передает эти данные компьютерной системе (controller), которая изменяет значения входной переменной так, чтобы ошибка *e* была бы минимальной.

Если речь идет об одной выходной и одной входной переменной, то говорят о SISO (single-input-single-output)-системе. Если же переменных много, то речь идет о MIMO (multiple-input-multiple-output)-системе. В этом случае переменные представляются не в виде скалярных значений, а в виде векторов. Для некоторых распределенных параметров системы, вектора могут иметь бесконечную размерность (типично для функций).

Именно система обратной связи о фактической динамике системы позволяет управляющей системе компенсировать нарушения, возникающие в процессе выполнения функций системы управления. В идеале значение ошибки должно равняться нулю. Методы оптимального управления, широко используемые для различных практических задач (например, MPC – Model Predictive Control; LQG – Linear-Quadratic-Gaussian control) доказали гарантирование устойчивости закрытых систем с обратной связью. Система с обратной связью имеет целый ряд преимуществ:

- устранение нарушений,
- гарантированное выполнение процессов даже в условиях неопределенности, когда структура модели не соответствует в точности реальным процессам и параметры модели не точны,

- стабилизация неустойчивых процессов,
- снижение чувствительности к колебаниям значений параметров.

Классическая теория управления, известная также как теория автоматического регулирования, эволюционирует и рассматривает системы с комплексных пространственно-временных позиций, описывая переменные входа, выхода и состояний с помощью дифференциальных уравнений первого порядка. Переменные описываются в виде векторов, а дифференциальные и алгебраические уравнения – в виде матричных форм (последнее возможно, если динамическая система линейна и инварианта относительно времени).

Использование пространства состояний представляет собой удобный и компактный способ моделирования и анализа систем с большим количеством входных и выходных переменных. Иначе нам бы пришлось расписывать преобразования Лапласа для раскодирования информации о системе. Использование пространства состояний позволяет работать и с нелинейными компонентами и с ненулевыми начальными условиями. Состояние системы представляется в виде вектора в пространстве.

Современные исследования развивают подход к интегрированному рассмотрению управления не только как функции состояния, но и как функции структуры и даже функции одновременно и структуры, и состояния. Последний подход представлен в работе [284] в виде теории управления многоструктурными макросостояниями. Приложения данной теории к управлению цепями поставок представлены в целом ряде работ [74, 75, 79, 80, 82, 86, 92, 93, 96, 228, 229, 284, 337]. В данной книге мы также представим модели управления цепями поставок на основе данного подхода (см. главы 16-18).

Многие положения и формальные методы теории управления могут быть эффективно применены к управлению цепями поставок [92-96]. Пожалуй, главным элементом, который теория управления может внести в модели управления цепями поставок, является именно система обратной связи.

Если обратиться к рисунку 3.1, то имеющиеся в настоящее время модели управления цепями поставок (главным образом, на основе методов исследования операций) представляют собой только верхнюю часть рисунка, т.е. систему исключительно с позитивным циклом управления (без системы обратной негативной связи через модуль *F*).

Это означает, что в моделях не учитывается динамика фактической реализации процессов в цепях поставок, а, значит, такой подход право-

мерен лишь для тех задач, где нужно получение одноразового оптимального решения определенной проблемы. Такие проблемы, как правило, носят или сверхстратегический характер, например, определения местоположения строительства нового склада или комплекса складских терминалов, или сверхоперативный характер, например, планирование развозки грузов на день. В первом случае обратная связь в принципе не имеет смысла, а во-втором случае она также лишена практического смысла, т.к. перепланирование в данных условиях скорее только внесет путаницу, чем поможет ликвидировать нарушения.

В большинстве же реальных задач управления цепями поставок обратная связь необходима. Более того, именно применение систем с обратной связью в комбинации с методами исследования операций и мультиагентных систем (или других имитационных моделей)[2] позволяет формулировать и моделировать реальные проблемы управления цепями поставок, которые прежде разбивались на несколько частных, несвязанных друг с другом задач.

Использование моделей теории управления, в отличие от действующих по принципу «черного ящика» агентных систем или генетических алгоритмов, позволяет не только находить решения задач, но и анализировать полученное решение, сравнивая его с оптимальным (эталонным), меняя значения переменных, сужая или расширяя модель и т.д. Таким образом, появляется возможность не просто для решения задачи в рамках фиксированных начальных условий (постановки задачи), но и для формирования самой системы управления и решения в ней управленческих задач.

Это имеет большую практическую значимость, т.к. в реальности нам, как правило, нужно не просто найти оптимальное решение для какой-то задачи, но обеспечить выполнение целей, поставленных перед вышестоящей системой (например, достичь определенного уровня прибыли). Поэтому стремиться нужно не к решению задачи в рамках фиксированной постановки (например, оптимизации распределения 5 заказов по 10 ресурсам), а к достижению максимальной прибыли от деятельности в цепи поставок. А для этого, возможно, нужно решать задачу распределения 4 заказов по 7 ресурсам). На практике необходимо не наличие оптимальных планов, но адаптивных и анализируемых планов, обеспечи-

[2] Методология междисциплинарного моделирования цепей поставок будет представлена в главе 14, а модели на основе этой методологии – в главах 17 и 18.

вающих достижение целевых значений показателей экономической эффективности с требуемой степенью устойчивости. Именно параллельное рассмотрение формирования задачи и ее решения является несомненным преимуществом систем с обратной связью – важна цель, а не средства!

Существуют и ограничения использования положений теории управления для предметной области цепей поставок. Рассмотрим, например, управляющую систему (controller) (рис. 3.1). В теории управления – это автоматический прибор. В цепях поставок – это человек, принимающий решения. А человек, в отличие от автоматического прибора, имеет собственные цели, интересы, индивидуально воспринимает опасность и риск (ему, например, не нужна 100%-надежность выполнения процессов). Поэтому здесь необходимо не решать строго оптимальные задачи, а формировать решения в виде множества альтернатив, из которых менеджеры могли бы выбирать наиболее подходящее им решение.

Другой проблемой является сложность разработки нелинейных динамических моделей и дифференциальных уравнений. Пожалуй, это главная проблема, почему методы теории управления не нашли пока широкого распространения в управлении цепями поставок.

В дальнейших главах мы покажем пути решения этих проблем, как на концептуальном уровне путем комбинирования теории управления с агентными системами для учета человеческого фактора принятия решений, так и на математическом уровне путем существенного упрощения формирования динамических моделей с помощью ряда специальных математических приемов (см. главы 14, 17 и 18).

Помимо данных проблем, существую и ряд ограничений, свойственных теории управления в целом. Так, на конструктивном уровне практически невозможно учесть все многообразие сложных взаимосвязанных ограничений, поэтому все равно неизбежны определенные упрощения модели.

Также ограничены возможности и в учете факторов неопределенности на математическом уровне в силу большой сложности стохастических динамических моделей (вариант решения этой проблемы мы представим в главе 15 в концепции STREAM, в которой свяжем математический и концептуальный подходы к изменению (адаптации) цепей поставок к реальным условиям функционирования).

И, наконец, одновременное применение множества моделей ставит требование к их согласованности и непротиворечивости. Одним из путей решения данной проблемы является квалиметрия моделей [154].

Заканчивая этот параграф отметим, что современные теории систем и управления имеют проработанную теоретическую базу методов моделирования закрытых систем. В то же время, существует ограниченность в возможностях моделирования сложных открытых систем с активными элементами.

К числу методов моделирования подобных систем следует отнести теорию управления структурной динамикой [80, 94, 96, 284, 306, 308], системную динамику, эффективную для решения глобальных проблем и выработки стратегических решений, однако, трудно интерпретируемое на уровне операций в цепи поставок [160, 206], и ситуационное управление [211, 212, 287] для моделирования ситуаций с активными объектами и успешно реализуемое для задач диспетчеризации. Следует отметить, что многие формальные методы теории оптимального управления, разработанные для технических систем, не всегда применимы для анализа социально-экономических систем и зачастую могут быть использованы лишь как общие модельные конструкции, помогающие понять основные общесистемные принципы управления в сложных системах.

13.2.3. Системный анализ и теория систем

Системный анализ – понятие однозначно неопределенное и потому представляет собой достаточно широкий спектр проблем. В общем случае, целью системного анализа является раскрытие системности любой целенаправленной деятельности [285]. Основы системного мышления, анализа и синтеза, а также формирования научного подхода к управлению сложными системами были заложены в философских работах Ампера, Канта, Фихте, Гегеля, Трентовского, Богданова.

По-настоящему явное и массовое развитие системых понятий началось с 1948 г. с работы Н. Винера «Кибернетика». Анализ определения *кибернетики*, данного Н.Винером, показывает, что системообразующим в кибернетике является положение о главенствующей роли информационных процессов в ходе формировании и реализации соответствующих управляющих воздействий.

Параллельно, и как бы независимо от кибернетики стал формироваться еще один подход к науке о системах – *общая теория систем*. Идея построения теории, приложимой к системам любой природы, была выдвинута австрийским биолгом Л. фон Берталанфи [13]. Дальнейшее развитие теории систем связано с именами Дж. Форрестер, Дж. Касти, Р. Акофф, Р. Беллман, М. Месарович, Я. Такахара, М. Геллман, Н.Н. Моисеева, Д.А. Поспелова, В.Н. Калинина, Б.А. Резникова, Р.М. Юсупова, Б.В. Соколова [28, 54, 57, 189, 192-194, 203, 221, 257, 274, 284, 325, 329].

В настоящее время, в рамках системного анализа и теории систем изучаются различные вопросы анализа и синтеза сложных систем искусственной и естественной природы (технических систем, социо-экономических систем, физических систем, биологических систем и т.д.). Особую роль в настоящее время приобретают информационные аспекты изучения и функционирования систем, интегрированные системы поддержки принятия решений, изучение законов эволюции систем на основе принципов самообучения и самоорганизации.

Одной из особенностей изучения сложных систем, в т.ч. и цепей поставок, является учет факторов, количественной описание которых либо существенно затруднено, либо нецелесообразно (например, факторов репутации фирм, степени срочности заказов и т.д.). Для решения подобных проблем в рамках системного анализа получила развития «нечетких множеств» (Fuzzy-метод) [207, 224, 285, 288].

Fuzzy-метод (нечеткая логика) основан на принципе, что многие явления объективной реальности могут быть классифицированы с использованием особой шкалы свойств, а не на основе каких-то физических значений. Применение данного метода можно разбить на несколько этапов: определение основной структуры системы, соотнесение ей производственных данных, разработка концепции Fuzzy-модели и описание ее в Fuzzy-терминах.

При разработке концепции Fuzzy-модели определяются основные характеристики исследуемого объекта, подлежащие сравнению и оценке. Затем происходит описание данной модели с помощью Fuzzy-терминов, в которых используются лингвистические переменные. Взаимосочетание шкал значений различных характеристик устанавливается на основе определенных «правил регулирования», основанных на принципе «если x=a и y=b, то z=(a;b)». Далее возможные сочетания различных характеристик устанавливаются в специальной матрице.

Рассмотрим небольшой пример применения данного подхода. Заказ клиента может быть описан несколькими лингвистическими переменными, представляющими их возможные значения, например «средний», «важный», «низкий». Далее следует построить структуру процесса принятия решения. Зависимость количественных значений элементов процесса принятия решения и их «нечетких» характеристик определяется функциями принадлежности, пример которой для параметра «стоимость заказа» представлен на рис. 13.2.

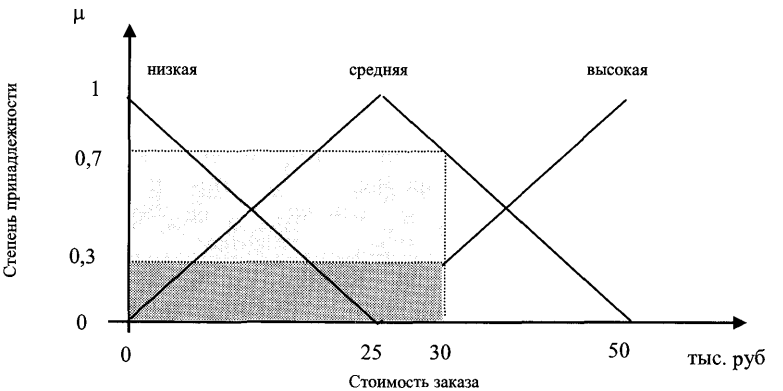


Рис. 13.2. Функция принадлежности для параметра «стоимость заказа»

В данной функции количественным значениям параметров соответствуют «нечеткие» характеристики. Значение функции принадлежности обозначается как «степень принадлежности» μ, значения которой лежат на интервале от 0 до 1.

13.2.4. Мультиагентные системы

Концепция мультиагентных систем (МАС) относится к области распределенного искусственного интеллекта, наряду с экспертными системами и нейронными сетями [5, 52, 197, 220, 232, 305]. В МАС речь идет об открытых, активных, развивающихся системах, в которых главное внимание уделяется процессу взаимодействия агентов как причине возникновения системы с новыми качествами (концепция возникновения).

Существует множество исследований [1, 55, 71, 72, 74, 91-93, 99, 110, 166, 228, 229, 230, 232] по использованию МАС для решения задач управления цепями поставок[3].

МАС представляет собой среду (пространство), способную к изменениям и содержащую некоторое количество объектов. В каждый момент времени каждому объекту соответствует определенная позиция. Объекты являются пассивными элементами и могут восприниматься, модифицироваться или уничтожаться агентами.

Активными элементами системы является соответственно множество агентов. Существует множество отношений между объектами и операций, которые выполняют агенты при взаимодействии с пассивными объектами. Множество операторов, которые представляют применение операций и реакцию окружающей среды на это применение называется «системными законами».

Под *агентом* понимается физическая или виртуальная единица, которая может действовать в определенном пространстве, вступая в коммуникацию с другими агентами, обладающая ресурсами и способностями, на основании которых может выполнять различные задания. Поведение агента определяется его индивидуальными целями с учетом имеющихся ресурсов и зависит от восприятия им окружающей среды, ее представления и коммуникации с ней. Главными свойствами агента являются базовые знания, автономность, адаптивность и рациональность. В техническом аспекте агент – это программный модуль, способный выполнять определенные ему функции.

Различают три основных вида архитектуры агентов: реагирующий (reactive), консультационный (deliberative) и гибридный (hybride). Реагирующие агенты реагируют строго определенным образом на конкретные возмущения внешней среды. Агенты консультационного типа могут на основе их знаний воспринимать поступающие возмущения, анализировать их и выбирать способ реакции.

В МАС можно выделить три организационных уровня: микросоциальный, содержащий среду функционирования небольшого числа агентов, групповой, на котором происходит разграничение ролей агентов, возникновение оргструктур и агрегирование агентов для решения кон-

[3] Существует также целый ряд работ по применению CAS (Complex Adaptive Systems – сложные адаптивные системы) [57, 165] для предметной области цепей поставок. CAS при этом понимаются как общая концептуальная конструкция, а рамках которой могут реализовываться различные агентные модели [125].

кретных задач, и уровень «глобального общества», отражающий динамику функционирования большого числа агентов, общую структуру системы и ее развитие. Проектирование МАС может осуществляться как «сверху вниз», так и «снизу вверх». Организация является результатом действий агентов, которые в свою очередь ограничены организационной структурой.

Принципиальными понятиями в МАС являются ситуации взаимодействия и кооперации. Ситуацией взаимодействия является множество способов поведения, которое возникает при группировании объектов, которые должны выполнить определенные действия для достижения их целей с учетом ограниченности ресурсов и возможностей. Ситуация кооперации возникает в том случае, если при добавлении нового агента существенно изменяется представление группы, или если совместные действия агентов способствуют решению или избежанию потенциальных или существующих конфликтов.

МАС обладает множеством *свойств*, которые могут быть использованы для решения задач управления цепями поставок (см. рис. 13.3).

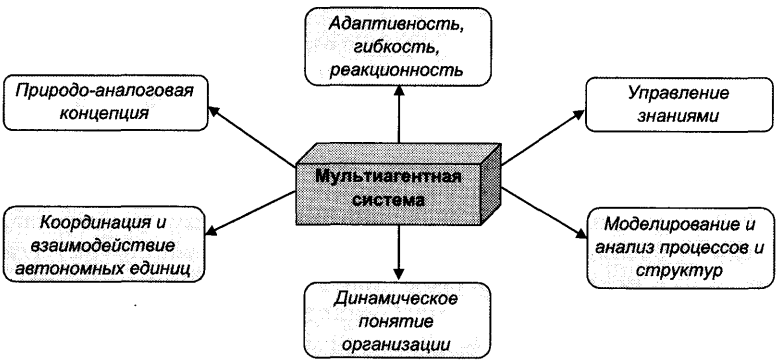


Рис. 13.3. Основные свойства МАС

В концепции МАС сформулирован динамический подход к понятию «организация». В МАС реализована такая структура отношений между компонентами или индивидуумами, которая производит новую единицу или систему, обладающую свойствами, не присутствующими на уровне компонент/индивидуумов.

Принципиальными являются два аспекта. Во-первых, организация в МАС поддерживает отношения между агентами и в то же время обу-

словливает, выявляет эти отношения. Во-вторых, понятие «организация» включает в себя как процесс создания структуры, так и результат этого процесса. Именно этот второй аспект характеризует организацию как динамическое образование. Такой подход позволяет существенно приблизиться к пониманию сущности механизмов управления процессами в цепях поставок.

В качестве недостатков современных исследований следует отметить, что в большинстве работ МАС рассматриваются с позиций компьютерного моделирования, а не с общесистемных методологических позиций. Кроме того, практически неисследованными остаются вопросы комбинирования концепции интеллектуальных агентов с другими методами.

13.2.5. Преимущества и недостатки основных концепций моделирования цепей поставок

В таблице 13.2 представлены преимущества и недостатки различных концепций моделирования. Рассмотренным выше концепциям моделирования цепей поставок свойственен и ряд общих недостатков. Прежде всего, в них практически не учитывается свойство активности элементов цепи поставок (за исключением МАС). Структурная и функциональная стадии синтеза цепи поставок, а также задачи планирования и управления рассматриваются изолированно, на основе различных, методологически не связанных друг с другом методов и моделей. Большинство из известных математических моделей носят статичный и детерминированный характер, не учитывая факторы неопределенности при управлении цепями поставок.

Концепциям моделирования цепей поставок свойственен ряд общих недостатков. Прежде всего, в них практически не учитывается свойство активности элементов цепи поставок. Структурная и функциональная стадии синтеза ЦП, а также задачи планирования и оперативного управления цепями поставок рассматриваются изолированно, на основе методологически не связанных друг с другом методов и моделей. Большинство из известных моделей носят статичный и детерминированный характер без учета неопределенности.

Таблица 13.2.

Преимущества и недостатки концепций моделирования цепей поставок

Метод	Область применения	Преимущества	Недостатки
Теория управления и системный анализ	Общие методологические основы анализа и синтеза сложных систем	Глубоко проработанные основы анализа и синтеза сложных систем	Разработаны для биологических и физико-технических систем; применительно к цепям поставок требуют модификации
Исследование операций	Проблемы оптимального планирования и прогнозирования	Наглядность; Потенциально широкий спектр применения	Ограничения при моделировании динамических систем; Недостаточная гибкость; отражение только линейных зависимостей, а не взаимосвязи процессов
Нечеткая логика	Оценка качественных характеристик цепи поставок	Возможно качественное описание	Экспертные данные, высокий элемент субъективизма
Мультиагентные системы	Исследование поведения систем в динамике с учетом активности элементов	Моделирование сложных сетевых структур с активными элементами	Сложность разработки; неоднозначность интерпретации результатов; не гарантируют оптимального решения

13.3. Инструменты решения задач управления цепями поставок

К основным инструментам решения задач управления цепями поставок можно отнести аналитические, статистические и имитационные модели, а также эвристические методы. На рис. 13.4 показана классификация наиболее распространенных на практике инструментов моделирования цепей поставок [319].

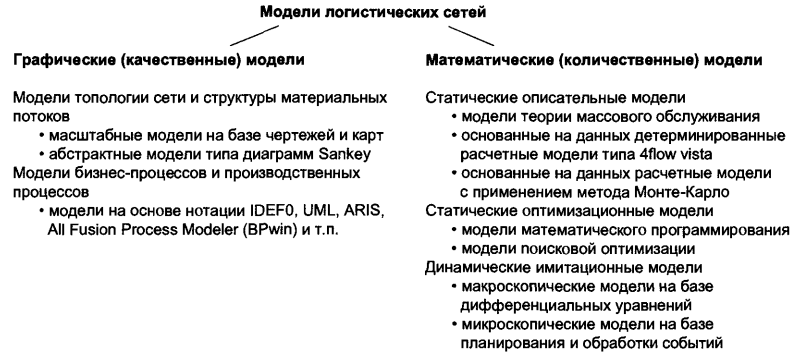


Рис. 13.4. Классификация практических инструментов моделирования цепей поставок

Качественные модели представлены на рисунке 3.4 с той целью, чтобы еще раз показать многообразность понятия «моделирования цепей поставок». Модели этого типа, т.е. модели бизнес-процессов цепей поставок, были подробно рассмотрены в главе 10. В этой же и последующих главах речь пойдет о математических *(количественных)* моделях цепей поставок. Общее свойство количественных моделей заключается в том, что они позволяют получать численные оценки показателей функционирования цепи поставок, на основании которых принимаются решения о конфигурации сети, об объёме и производительности требуемых для её функционирования ресурсов, а также связанных с ними стратегиях диспетчеризации и оперативного управления [319].

13.3.1. Аналитические оптимизационные модели

Аналитические модели основаны на описании объектно-предметной области в виде уравнений: целевой функции и ограничений. *Оптимизация* является методом анализа с целью определения *наилучшего* варианта решения той или иной задачи управления цепями поставок. Аналитическая оптимизационная математическая модель содержит определенный целевой критерий минимизации (затрат) и максимизации (прибыли) и позволяет наглядно представить проблему и найти оптимальное решение задачи.

Аналитические оптимизационные модели основаны на концепции *исследования операций.* Применительно к управлению цепями поставок аналитические модели широко используются в задачах планирования сетей дистрибуции, оптимизации уровня запасов, выбора поставщиков и планирования потребностей [11, 20, 25, 33, 40, 58, 107, 149, 150, 207, 209, 271, 332]. Постановки подобных задач, как правило, очень жестки и имеют большое количество допущений и ограничений. Разработанные аналитические методы рассчитаны на небольшую размерность и незначительную динамику задачи. В этом случае использование оптимизации является наиболее оправданным.

13.3.2. Статистические методы

Математическая статистика — это наука о математических методах систематизации и использования статистических данных для научных и практических выводов. Во многих своих разделах математическая статистика опирается на теорию вероятностей, позволяющую оценить надежность и точность выводов, делаемых на основании ограниченного статистического материала (например, оценить необходимый объем выборки для получения результатов требуемой точности).

В зависимости от математической природы конкретных результатов наблюдений статистика математическая делится на статистику чисел, многомерный статистический анализ, анализ функций (процессов) и временных рядов, статистику объектов нечисловой природы. Существенная часть статистики математической основана на вероятностных моделях. Выделяют общие задачи описания данных, оценивания и проверки гипотез. Рассматривают и более частные задачи, связанные с проведением выборочных обследований, восстановлением зависимостей, построением и использованием классификаций (типологий) и др. Статистические методы широко используются при прогнозировании спроса в цепях поставок, выявлении различных трендов и т.д.

13.3.3. Имитационное моделирование

Имитационные методы (ИМ) направлены на изучение поведения системы посредством создания ее экспериментальной модели [8, 270].

На основе изменения определенных параметров моделируемого объекта появляется возможность выявления закономерностей поведения системы, в т.ч. в динамике. Имитационные модели применяются прежде всего для изучения стадии выполнения работ (реализации проекта). Их использование является наиболее оправданным в случаях высокой сложности и динамики моделируемой системы. Серьезной проблемой применения имитационных методов является то, что они позволяют лишь оценить реализацию работ в уже сформированном структурно-функциональном облике цепи поставок.

Имитационные методы не направлены на область задач формирования цепей поставок. Наиболее эффективным является совместное применение аналитических методов (формирование цепи поставок на основе оптимизационных методов) и имитационных методов (анализ стадии реализации цепи поставок). Применительно к управлению цепями поставок широкое распространение получило использование имитационного моделирования на основе *мультиагентных систем (см. параграф 13.1.2).*

К методам имитационного моделирования цепей поставок на основе нелинейных динамических систем следует отнести теорию системной динамики [160]. В ряд исследований по системному анализу открытых экономических систем с активными элементами следует отнести также работы, связанные с синергетической экономикой [226, 227], в которых делается попытка переосмысления экономических процессов как линейных и рассматриваются возможности их изучения с позиций теории бифуркаций и катастроф как нелинейных динамических процессов. Следует, однако, отметить, что основные положения теории динамических систем, разработанные для описания динамики технических объектов, могут быть корректно использованы применительно к цепям поставок лишь в части понятийного аппарата. Использование формального аппарата этой теории должно быть предметом специального изучения. Помимо МАС и теории системной динамики, для имитационного моделирования используются и другие методы теории управления [49, 50].

Особенностью имитационных моделей является тот факт, что многие из показателей функционирования оцениваются не в виде констант, а в виде временных рядов (функций времени), отражающих динамику процессов, развивающихся в реальных системах. Единственной формой существования законченной имитационной модели является исполняе-

мая компьютерная программа, которая приспособлена для проведения численных экспериментов, направленных на решение поставленной задачи анализа существующей или проектируемой цепи поставок.

13.3.4. Практика имитационного моделирования цепей поставок[4]

Подавляющее большинство имитационных моделей систем внутренней логистики и сетей поставок создаются с помощью занявших устойчивое место на рынке программных продуктов для имитационного моделирования (ПИМ) для процессов с дискретными событиями, таких как Arena, AutoMod, eM-Plant (SIMPLE++, Plant Simulation), Enterprise Dynamics, Extend, ProModel, QUEST, Simul8 и WITNESS, а также с помощью универсального ПИМ AnyLogic. Сравнительно несложные или учебные модели создаются также с помощью языка GPSS, представленного на рынке в форме двух различных продуктов: GPSS World и GPSS/H.

Модели цепей поставок в силу ряда объективных причин не являются «массовым продуктом», производимым специалистами по имитационному моделированию. Сложности возникают уже на этапе формирования концептуальной модели, в рамках которой чётко должны быть определены, в частности, следующие моменты:

- где будут проходить «границы системы», что будет являться её входными и выходными потоками;
- какие географические пункты и транспортные каналы должны быть приняты во внимание при описании пространственной структуры системы;
- какие виды транспорта и по каким тарифам должны осуществлять перевозки, кто из участников процесса поставок должен предоставлять транспортные средства;
- каково будет расположение мест промежуточного хранения и перевалки грузов, какие будут условия и тарифы для выполнения этих операций;
- какие предусматриваются ограничения и, соответственно, степени свободы при выборе средств транспорта, правил их загрузки, мар-

[4] Данный параграф подготовлен с использованием материалов профессора Ю.И.Толуева [319].

шрутов движения, пунктов отправки грузов, пунктов промежуточного складирования и перевалки;
- каких «стандартных стратегий» управления сетями поставок должны придерживаться участники процесса поставок;
- к какому периоду времени относятся данные от клиентов о спросе на выполнение поставок, насколько полными и надёжными являются эти данные.

Хотя перечисленные выше ПИМ не ориентированы специально на моделирование сетей поставок, большинство моделей такого рода создаётся именно на базе этих пакетов (например, Arena, Extend, AnyLogic, ProModel).

Для исследования общих свойств цепей поставок, проявляющихся на протяжении длительных периодов времени (например, многих месяцев), в 80-е и 90-е годы было создано довольно много «абстрактных» макроскопических моделей, основанных на дифференциальных уравнениях (например, в форме моделей системной динамики по Форрестеру). С помощью моделей этого класса можно, например, проиллюстрировать возникновение Bullwhip-эффекта в цепях поставок. Практическая польза от таких моделей для оценки процессов в конкретных сетях поставок наблюдается крайне редко, так что число новых моделей этого класса растёт с каждым годом всё медленнее.

Оценивая характер работ по имитационному моделированию цепей поставок можно заметить, что приблизительно до 2004 года основное внимание уделялось проблеме собственно отображения моделируемой цепи поставок с помощью универсальных или специализированных программных средств программирования и моделирования. Но в последнее время акцент делается на решении задач анализа процессов функционирования цепи поставок при различных стратегиях управления цепями поставок. Опубликованы также работы, в которых с помощью имитационных моделей решаются задачи оптимизации процессов в цепях поставок.

13.3.5. Эвристические методы

Под эвристическими методами (ЭМ) обычно понимают методы принятия решений, основанные на совокупности интуиции и опыта [17, 43,

171, 196, 198, 286, 328]. Основными свойствами эвристических методов являются следующие: отсутствие формализованного представления сложных процессов, возможность работы при непостоянной структуре системы и снижение времени вычисления за счет сокращения пространства поиска решений. Использование ЭМ целесообразно для решения сложных задач с большой размерностью и неполной информацией. ЭМ не гарантируют нахождения оптимального решения, и их использование оправданно в тех случаях, когда составление оптимизационной модели невозможно.

Среди эвристических алгоритмов наибольший интерес применительно к цепям поставок представляют генетические алгоритмы [102, 139, 171, 197, 228-230] и метод ACO (Ant Colony Optimization) [43, 148, 171, 228, 230]. Их использование относится к областям координация цепей поставок и распределенного динамического оперативно-календарного планирования работ (Scheduling) в цепях поставок.

13.3.5.1. Генетические алгоритмы

В генетических алгоритмах (ГА) за основу берутся биологические процессы эволюции. Стадии эволюционного процесса в ГА показаны на рис. 13.5.

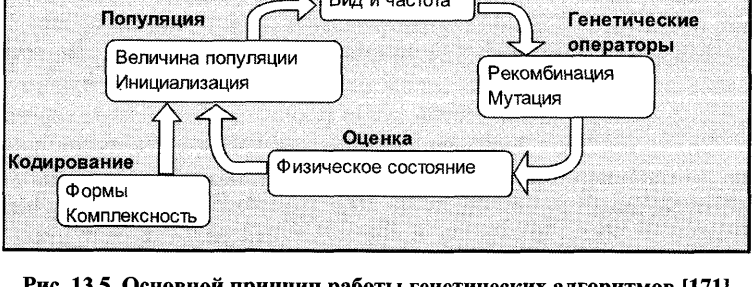


Рис. 13.5. Основной принцип работы генетических алгоритмов [171]

Первым и самым главным шагом в построении генетического алгоритма является кодирование. На этом этапе закладывается вся логика решения задачи. Кодирование необходимо осуществлять таким обра-

зом, чтобы избежать недопустимых решений (например, назначения всех операций на один ресурс). Пример кодирования для задачи планирования работ в цепях поставок будет приведен в главе 18.

Посредством установления величины популяции производится отбор индивидуумов начальной популяции. Затем начинается последовательный (итерационный) процесс воспроизводства нового индивидуума из поколения родителей посредством процесса рекомбинации наследственных признаков в соответствии с законами эволюции. Сначала отбираются два родителя в соответствии с их физическим состоянием, так называемой фитнес-функцией (готовностью к рекомбинации). Затем наследственные признаки (хромосомы) родителей при процессе скрещивания передаются потомкам. Так как процесс рекомбинации внутри одной популяции может стать причиной длительного процесса эволюции, то сам этот процесс может манипулироваться путем мутации наследственных признаков (генов). Физическое состояние индивидуума в дальнейшем определяет его нахождение в данной популяции. Пример генетического алгоритма представлен в главе 18.

13.3.5.2 ACO-оптимизация

Метод ACO эффективно используется в настоящее время в задачах планирования маршрутов и расписаний в телекоммуникациях, что позволяет относить его к наиболее перспективным методам в области моделирования цепей поставок [43, 148, 171, 228, 230]. Метод использует поведение муравьев как существ, осуществляющих коммуникации друг с другом для *координации* своей деятельности. Они в состоянии найти *кратчайший путь* от гнезда до источника питания за *минимальное время*.

Муравей, находящийся в вершине i, решает, куда ему двигаться дальше (вершины $j1$, $j2$ на рис. 13.6). В качестве весов ребер используются значения феромонов $\tau_{ij}(t)$ (вещества, которые оставляют муравьи на своем пути; определяют вероятность выбора муравьем пути) и эвристические значения $\eta_{ij}(t)$. Оба значения зависимы от времени.

Муравей (агент) выбирает путь от i до j с вероятностью:

$$p_{ij}^{k}(t)=\begin{cases}\dfrac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha}\cdot[\eta_{ij}(t)]^{\beta}}{\sum_{l\in N_i^k}[\tau_{il}(t)]^{\alpha}\cdot[\eta_{il}(t)]^{\beta}} & if\ j\in N_i^k \\ 0 & if\ j\notin N_i^k\end{cases} \quad (2)$$

из *Ni* допустимых значений [171],

где $\tau_{ij}(t)$ – значения феромонов,
$\eta_{ij}(t)$ – эвристические значения,
K – количество агентов,
α, β – параметры уравнения.

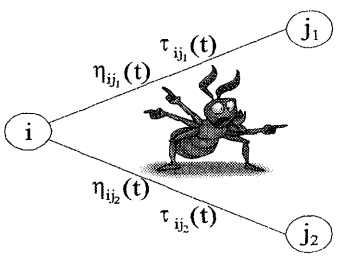


Рис. 13.6. Ситуация решения агента на разветвлении [171]

В дальнейшем происходит обновление колеи феромонов с использованием функции

$$\tau_{ij}(t)\leftarrow(1-p)\cdot\tau_{ij}(t)+\Delta\tau_{ij}(t) \quad (3)$$

При обновлении колеи используется значение феромонов, которое оставил на своем пути "лучший" (нашедший наилучший путь) агент на обратном пути к «гнезду» [230]. Пример решения задачи оптимизации цепей поставок на основе ACO-алгоритма приведен в [230].

13.3.6. Преимущества и недостатки основных инструментов моделирования цепей поставок

В таблице 13.3 представлены преимущества и недостатки инструментария решения задач управления цепями поставок.

Таблица 13.3.

Преимущества и недостатки инструментов решения задач управления цепями поставок

Инструменты	Область применения	Преимущества	Недостатки
Аналитические оптимизационные модели и алгоритмы	Проблемы планирования потребностей и выбора поставщиков	Наглядность; оптимальные решения	Ограничения при моделировании сложных динамических систем; Недостаточная гибкость
Статистические модели	Прогнозирование спроса, анализ трендов	Решение задач с учетом неопределенности	Высокие требования к полноте исходных данных; ошибки прогнозов
Эвристические алгоритмы	Сложные проблемы, например, динамический выбор поставщиков в цепи поставок	Решение сложных задач, в т.ч. с неполной информацией	Не гарантируют оптимального решения; часто невозможна оценка качества найденного решения
Имитационное моделирование	Исследование поведения систем в динамике	Моделирование сложных сетевых структур; наглядность	Сложность разработки; неоднозначность интерпретации результатов; не гарантируют оптимального решения

Каждый из рассмотренных инструментов моделирования цепей поставок имеет свои преимущества и недостатки. Нельзя однозначно сказать, что той или иной инструмент моделирования лучше или хуже. Просто каждый из этих инструментов имеет определенные ограничения (в линейных моделях мы можем задавать только линейные зависимости, имитационное моделирование и эвристики не гарантирую опти-

мальности и т.д.), основан на определенной процедуре решения, определенном характере данных и т.д., что в итоге приводит к сужению задачи, нереалистичным целевым критериям, недопустимым предположениям и упрощениям.

Замыкаясь в рамках какой-то одной концепции или инструментария моделирования, лицо, принимающее решение (ЛПР) автоматически ограничивает себя относительно характера используемых данных, постановки целей (одно- или многокритериальность), скорости получения решения и его надежности.

Нельзя однозначно сказать, что той или иной метод моделирования лучше или хуже. Просто каждый из методов имеет определенные ограничения, основан на определенной процедуре решения, определенном характере данных и т.д., что в итоге приводит к сужению задачи, нереалистичным целевым критериям, недопустимым предположениям и упрощениям. Перспективным является комбинирование различных моделей ЦП.

Перспективным направлением является направление комбинирования различных концепций и инструментов моделирования цепей поставок. Этой теме будут посвящены последующие главы этой книги.

13.4. Классификация основных инструментов решения задач управления цепями поставок

В данном параграфе обобщим рассмотренные выше концепции и инструменты решения задач управления цепями поставок. Как уже отмечалось в главе 2, основные этапы принятия решений при управлении цепями поставок можно классифицировать на уровни конфигурирования цепи поставок (стратегия), планирования реализации процессов в цепи поставок (тактика) и оперативного управления цепью поставок. Рассмотрим далее основные инструменты решения различных задач управления цепями поставок на этих трех уровнях (см. таблицы 13.4 – 13.6) [95].

Таблица 13.4.

Классификация основных инструментов решения задач управления цепями поставок на стратегическом уровне

Структуры	Исходные данные	Проблемы SCM	Инструмент решения
Исходные данные: Стратегия конкурентного поведения; Стратегия управления цепью поставок; Финансовый план			
Структура целей цепи поставок	Затраты, Уровень сервиса, Доход, Устойчивость	Достижение компромисса между целями Решение многокритериальной задачи	Парето-оптимальность Метод анализа иерархий Эвристики
Продуктовая структура	Ассортимент Спецификации изделий Спрос Время реакции на заказ клиента Время вывода продукта на рынок	Какую продукцию производить, в каком количестве, вариантах и т.д.? Определение уровня доступности изделий Описание технологических зависимостей	Линейное программирование, Целочисленное программирование, Теория вероятности и математическая статистика, Системная динамика, Онтологический анализ, Теория графов
Структура координации	Уровни координации и взаимодействия, например, прогнозы, управление заказами и т.д.	Организация взаимодействия предприятий, Выбор информационных систем Принятие решений об аутсорсинге	UML/IDEF MAC Нечеткая логика Теория игр Эвристики
Структура распределения и производства	Данные о расположении (затраты, географические данные, ввозные пошлины и т.д.) Спрос Запасы	Сколько дистрибуционных центров, заводов и т.д., какой мощности и где необходимо? Выбор поставщиков и их распределение по заводам и распределительным	Линейное программирование, Целочисленное программирование, Теория вероятности и математическая статистика, Динамическое программирование,

	Процессные данные (мощности, затраты и т.д.), Данные о транспортировке (затраты, время, вид, мощность	центрам Организация транспортировки Учет неопределенности спроса	Теория массового обслуживания, Системная динамика, Метод ветвей и границ, Метод назначений, МАС Нечеткая логика Эвристики

Таблица 13.5.

Классификация основных инструментов решения задач управления цепями поставок на тактическом уровне

Планы	Исходные данные	Проблемы управления ЦП	Инструмент решения
Исходные данные: Форма организации и координации ЦП; Продуктовая структура; Структура поставщиков в ЦП; Структура производственных, складских и транспортных мощностей ЦП			
План производства и дистрибьюции облике цепи	Затраты, Мощности, Запасы, Объем производства Спрос	Прогнозирование спроса Планирование страховых и оперативных запасов Планирование использования мощностей Планирование уровня доступности изделий	Теория вероятности и математическая статистика, Линейное программирование, Целочисленное программирование, МАС Эвристики
План закупок	Спрос Запасы Затраты Сроки поставки	Планирование размера партий закупки	Линейное программирование, Теория вероятности и математическая статистика,
План поставок и транспортировки	Данные о расположении (географические данные) Данные о	Планирование маршрутов транспортировки Планирование использования	Транспортная задача, Задача коммивояжера, Линейное програм-

	транспортировке (затраты, время, вид, мощность)	транспортных мощностей	мирование, Теория вероятности и математическая статистика, Динамическое программирование, Метод назначений, МАС; Эвристики

Таблица 13.6.

Классификация основных инструментов решения задач управления цепями поставок на оперативном уровне

Оперативные планы	Исходные данные	Проблемы управления ЦП	Инструмент решения
	Исходные данные: Планы распределения, производства, закупок, транспортировки		
Планирование расписаний	Затраты, Мощности, Запасы, Объем производства Спрос	Планирование производственных расписаний Маршрутизация Планирование внутрискладских перемещений	МАС Эвристики Целочисленное программирование, Теория массового обслуживания
Мониторинг	Спрос Запасы Затраты Сроки поставки Объем производства	Оперативный анализ фактических и плановых показателей	Методы сравнительного анализа
Регулирование	Отклонения и нарушения в процессах реализации ЦП	Оперативная корректировка планов в случае отклонений	Методы адаптивного управления Эвристики МАС

Данная классификация позволяет, с одной стороны, систематизировать основные проблемы управления цепями поставок и инструменты их решения, а с другой стороны наглядно продемонстрировать многообразие инструментов решения задач управления цепями поставок,

взаимосвязь задач управления цепями поставок, а также необходимость рассмотрения их в комплексе на единой междисциплинарной основе.

13.5. Особенности задач и требования к практическим моделям решения проблем управления цепями поставок

Задачи SCM отличаются от классических проблем управления, прежде всего, наличием *активных* (действующих в собственных интересах и на основе собственных целей) элементов (предприятий). Наличие активных элементов приводит к сочетанию централизованного и децентрализованного управления цепями поставок с необходимостью балансировки интересов в сети, высокому уровню неопределенности взаимодействий этих элементов друг с другом и с внешней средой, большому числу неконтролируемых факторов, нежестким трудно формализуемым целям и ограничениям, структурной динамике цепей поставок.

Далее следует отметить, что модели планирования, мониторинга и регулирования цепей поставок являются исключительно *тесно взаимосвязанными*. Планирование цепей поставок связано со значительной неопределенностью условий, в которых будет происходить реализация цепей поставок. С другой стороны, выполнение работ в цепях поставок сопровождается непрерывными изменениями первоначальных планов вследствие влияния различных объективных и субъективных факторов внутренней и внешней среды. Это требует оперативной корректировки как самих цепей поставок, так и моделей управления ими.

Кроме того, цепи поставок как сложный объект управления, как правило, описывается с помощью *нескольких моделей* (статические и динамические, стохастические и детерминированные, аналитические и имитационные и т.д.). При решении различных задач управления цепями поставок необходим учет описанных выше особенностей цепей поставок, которые обуславливают новые требования к моделированию цепей поставок.

Помимо этого, функционирование цепей поставок сопровождается различными возмущающими воздействиями. Вследствие этих возмущений, которые могут носить как внешний (объективные изменения внеш-

ней среды), так и внутренний характер (субъективные факторы, например, изменение целей предприятия-участника цепи поставок), возникают колебания в цепи поставок, что в совокупности приводит к значительному увеличению степени сложности и неопределенности при решении задач управления цепями поставок.

Особенности задач управления цепями поставок связаны, прежде всего, с активностью элементов цепей поставок (предприятий), т.е. наличия у них собственных целей, интересов и т.д., которые меняются в динамике. Далее следует отметить, что модели планирования, мониторинга и регулирования цепей поставок являются исключительно тесно взаимосвязанными. Планирование цепей поставок связано со значительной неопределенностью условий, в которых будет происходить реализация цепей поставок.

На *концептуальном уровне* разработано множество моделей *бизнес-процессов цепей поставок.* Но в них не учитываются взаимодействия активных элементов сети, процессы трактуются как замкнутые в рамках одного предприятия и привязанные к определенной функции управления предприятием (а не сервиса, направленного на выполнение заказа клиента). Кроме того, в традиционном моделировании бизнес-процессов практически не уделяется внимание динамическому аспекту изменения бизнес-процессов, анализу неопределенности, оценки устойчивости цепей поставок и т.д. Описание межорганизационных бизнес-процессов должно осуществляться с помощью специальных инструментальных средств моделирования бизнес-процессов.

Новые требования выдвигаются и к методам *математического моделирования цепей поставок.* Существующие модели и алгоритмы синтеза цепей поставок ориентированы на нахождение оптимальных по тем или иным критериям планов цепей поставок, структуры поставщиков и т.д. При этом вопросы анализа этих планов относительно их выполнимости и устойчивости остаются открытыми. Задачи анализа цепей поставок в динамике и оперативного реконфигурирования также остаются малоизученными.

Важной особенностью математического моделирования цепей поставок является сложность, взаимосвязанность и междисциплинарность задач синтеза и анализа цепей поставок. Современной тенденцией в моде-

лировании цепей поставок является комбинирование различных методов моделирования. В литературе описан ряд примеров комбинирования различных методов моделирования цепей поставок [27, 110]. Существуют также разработки в области специальных языков моделирования цепей поставок, например, язык SCML (Supply Chain Markup Language) предназначенный для обмена моделями цепей поставок в независимости от метода их решения и компьютерной реализации, а также в области программных продуктов для поддержки принятия решений в распределенных кооперационных системах [32].

В настоящее время остро ощущается необходимость в разработке *специальных методик моделирования цепей поставок*, позволяющих гибко применять различные методы и алгоритмы, а также их комбинированные полимодельные конструкции, для решения различных задач управления цепями поставок в зависимости от характера и полноты имеющихся данных, взаимосвязи данной задачи с другими задачами и т.д.

В настоящее время остро ощущается необходимость в разработке специальных методик моделирования цепей поставок, позволяющих гибко применять различные методы и алгоритмы, а также их комбинированные полимодельные конструкции для решения различных задач управления цепями поставок в зависимости от характера и полноты имеющихся данных, взаимосвязи данной задачи с другими задачами и т.д.

В работах [6, 26, 27, 71, 72, 110] подчеркивается, что разработка подобного комплексного подхода к моделированию цепей поставок должна основываться на сочетании различных дисциплин, таких как теории систем и управление, исследование операций, мультиагентные системы, нечеткая логика и т.д. В следующей главе представлена разработанная нами междисциплинарная методология моделирования цепей поставок [71, 72, 76, 92, 93, 233].

Контрольные вопросы

1. К основным концепциям поддержки принятия решений при управлении цепями поставок относятся:

a) Имитационное моделирование
b) Мультиагентные системы
c) Исследование операций
d) ERP-системы

2. К методам исследования операций относятся:

a) Динамическое программирование
b) Стохастическая оптимизация
c) Нечеткая логика
d) Марковские процессы принятия решений

3. Мультиагентные системы эффективны для решения задач:

a) Оптимального программирования
b) Теории игр
c) Теории массового обслуживания
d) Распределенного принятия решений

4. К основным инструментам поддержки принятия решений при управлении цепями поставок относятся:

a) Оптимизационные методы
b) Эвристические методы
c) Мультагентные системы
d) Имитационные методы

5. Эвристические методы:

a) Позволяют найти оптимальное решение
b) Не гарантируют оптимального результата
c) Основаны на сокращении пространства поиска решений
d) Основаны на имитационном моделировании

6. Имитационное моделирование:

a) Эффективно в сочетании с оптимизацией
b) Гарантирует оптимальное решение
c) Позволяет наглядно представить моделируемую систему
d) Позволяет исследовать динамику систем

7. Оптимизационные методы эффективны для решения задач:

   a) Планирования географического распределения мощностей цепи поставок
   b) Планирования транспортных систем цепи поставок
   c) Планирования производственных расписаний в цепи поставок
   d) Планирования закупок в цепи поставок

8. Эвристические методы эффективны для решения задач:

   a) Планирования производства в цепи поставок
   b) Оперативного планирования маршрутов в ЦП
   c) Прогнозирования спроса в цепи поставок
   d) Нахождения оптимального распределения мощностей в цепи поставок

9. Вероятностные методы:

   a) Используются для прогнозирования спроса
   b) Относятся к методам исследования операций
   c) Относятся к методам искусственного интеллекта
   d) Предполагают наличие данных для расчета вероятностных характеристик

10. К основным особенностям задач управления цепями поставок относятся:

    a) Высокий уровень неопределенности
    b) Противоречивые и конфликтующие цели участников цепи поставок
    c) Практическая невозможность описания с помощью только одного инструмента моделирования
    d) Простота, полнота данных и небольшая размерность, что всегда позволяет найти оптимальное решение

Во всех высших отраслях знания самую большую трудность представляет не открытие фактов, а открытие верного метода, согласно которому законы и факты могут быть установлены.

Генри Томас Бокль

То, что сейчас доказано, однажды было просто предположено.

Уильям Блэйк

Глава 14. Решение задач управления цепями поставок на основе методологии междисциплинарного моделирования DIMA (Decentralized Integrated Modeling Appoach)

В данной главе будут рассмотрены следующие вопросы:

- Почему реальные задачи управления цепями поставок не могут быть решены на основе применения только одного метода моделирования
- Почему возникает необходимость развития методологий междисциплинарного моделирования цепей поставок
- Что такое полимодельные комплексы
- Что относится к базовым составляющим интегрированного моделирования цепей поставок
- Как моделировать цепи поставок с учетом конкурирующих целей предприятий в цепи поставок
- Как моделировать цепи поставок с учетом взаимодействия предприятий в цепи поставок
- Как моделировать цепи поставок с учетом децентрализованного принятия решений в цепи поставок

14.1. Необходимость методологии

Проблемы управления цепями поставок являются изначально междисциплинарными. Решения на стратегическом уровне (например, пла-

нирование сети дистрибуции) тесно связаны с решениями тактического уровня (например, планирования поставок). Взаимосвязаны и решения тактического и оперативного уровней (например, прогнозирование спроса и оперативное планирование производства).

Также и в рамках одного уровня принятия решений существует тесная взаимосвязь различных проблем, например, определения размера страховых запасов, планирования транспортировки, прогнозирования спроса, ценовой политики и контрактинга. В работах [11, 147] подчеркивается, что транспортные и складские проблемы необходимо решать исходя не из локальной оптимизации, а с учетом показателей уровня сервиса. Модели выбора поставщиков должны основываться не только на учете мощностей, цен, удаленности и т.д., но и на показателях готовности поставщиков к взаимодействию и гибкости цепи поставок, в особенности в разрезе информационных технологий.

Проблемы управления цепями поставок являются изначально междисциплинарными. Решение задач SCM с помощью какого-либо одного метода моделирования, как правило, ведет к несогласованным модельным фрагментам и далеким от реальности постановкам задач, не дающих никакой реальной поддержки для принятия решений при управлении цепями поставок. Как правило, реальные задачи управления цепями поставок требуют одновременного использования различных концепций и инструментов моделирования.

При математическом моделировании сложных систем, в т.ч. и цепей поставок, неправомерно говорить о модели вообще [28]. Всегда существует множество моделей, каждая из которых способна дать ответ на вполне определенный круг конкретных вопросов о поведении цепи поставок, при чем каждая из этих моделей имеет свою математическую структуру.

Решение сложных взаимосвязанных проблем управления цепями поставок с помощью какого-либо одного метода моделирования, как правило, ведет к несогласованным модельным фрагментам и далеким от реальности постановкам задач, не дающих никакой поддержки для принятия решений при управлении цепями поставок.

Как правило, реальные задачи SCM требуют одновременного использования различных концепций, инструментов и моделей поддержки

принятия решений при управлении цепями поставок. Это обусловлено, во-первых, сложностью задач управления цепями поставок, во-вторых, одновременным решением задач управления цепями поставок на различных структурах цепями поставок (технологической, организационной, функциональной, информационной, технической, финансовой), а в-третьих – изменением задач управления цепями поставок, структуры и полноты исходных и выходных данных в динамике на всем протяжении цепями поставок. Все это приводит как к проблеме выбора инструмента решения задачи управления цепями поставок, так и к проблеме связи задач и моделей их решения (результат одной модели, как правило, является исходными данными для другой модели).

14.2. Разработка основных положений методологии комплексного междисциплинарного моделирования цепей поставок

Целью разработки методологии комплексного междисциплинарного моделирования цепей поставок (DIMA – Decentralized Integrated Modeling Approach) является исследование и установление фундаментальных взаимосвязей между различными задачами управления цепями поставок, концепций и инструментов их решения с целью разработки теоретических и методологических основ для построения целостных моделей поддержки принятия решений по управлению цепями поставок.

Основными принципами предлагаемой методологии комплексного моделирования цепей поставок являются учет активности элементов цепи поставок (т.е. наличия у них собственных целей, интересов и т.д.), полимодельность, интегрированность и децентрализованность [71, 72, 74, 76, 79, 80, 92, 154, 228-230, 233, 243, 284, 308].

Основными принципами предлагаемой методологии комплексного моделирования цепей поставок являются учет активности элементов цепи поставок, полимодельность, интегрированность и децентрализованность.

Для реализации данных принципов разработана методология построения интегрированных комплексных моделей управления цепями поставок, основными элементами которой являются:

- *мультиагентная система как концептуальный носитель модели,* предназначенная для концептуального, математического и имитационного моделирования на основе интеллектуальных агентов,
- *полимодельные комплексы,* позволяющие осуществлять постановку, решение и получение результатов расчетов на различных классах моделей с помощью теории категорий и функторов,
- *система интегрированного моделирования* для связи стадий планирования и выполнения работ в цепи поставок, уровней принятия решений и реализации «сквозного» принципа моделирования «концептуальная модель – математическая модель – программный продукт»,
- процесс *децентрализованного принятия решений* по управлению цепями поставок.

14.2.1. Учет активности и взаимодействия предприятий в цепи поставок

Сложность и неопределенность цепей поставок во многом обусловлены взаимодействием *активных элементов* (предприятий) сети. В связи с этим представляется целесообразным привлечение аппарата мультиагентных систем в качестве идеологии концептуального, математического и имитационного моделирования цепей поставок на основе интеллектуальных агентов. Мультиагентные системы (МАС) обладает множеством *свойств*, которые могут быть использованы для решения задач управления цепями поставок (см. также параграф 13.1.2). Однако следует отметить, что в большинстве работ МАС рассматриваются с позиций компьютерного моделирования, а не с общесистемных методологических позиций.

В развиваемом в данной работе подходе предлагается рассматривать агентов не только с позиций компьютерного моделирования, но и с общесистемных методологических позиций в качестве концептуальных носителей модели. Это означает, что агенты являются не только средством реализации программного обеспечения, но и выступают в роли элементов концептуального и математического моделирования. Это позволяет создать единую методологическую основу анализа и моделирования открытых экономических систем с активными элементами.

МАС в подобной постановке состоит из трех основных уровней:

- концептуальное моделирование в терминах МАС,
- математическое моделирование на основе комбинирования МАС и классических теорий,
- МАС как программный модуль имитационного моделирования цепей поставок.

Функциональная модель агента показана на рисунке 14.1.

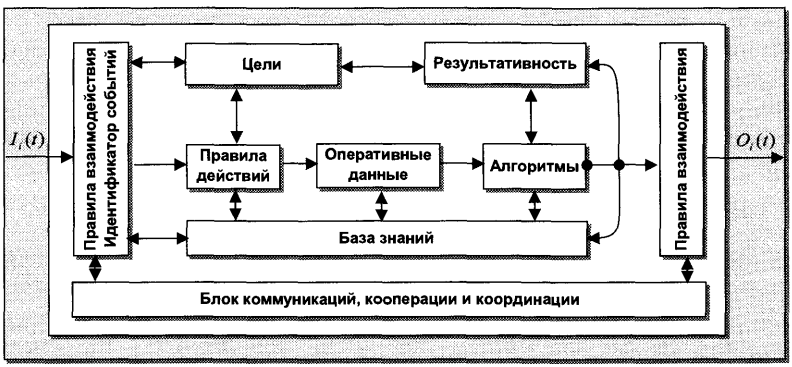


Рис. 14.1. Функциональная модель агента

Агент определяется целым рядом характеристик, к основным из которых относятся: атрибуты текущего состояния агента (информация о его компетенциях и параметрах выполнения процесса (например, текущий уровень запасов, доступных ресурсов и т.д.); база знаний агенты; множество входящих и исходящих сообщений (коммуникации с другими агентами); функция выбора, определяющая приоритетность входящих сообщений на основе базы знаний, текущего состояния и приоритетов (целей) агента.

Рассмотрим общую схему управления заказами клиентов с помощью МАС. Она состоит из агентов управления заказами (отвечают за выполнение заказа, начиная от его приема и до окончания работ), агентов управления процессами (отвечают за реализацию отдельных процессов для выполнения заказов) и агентов управления предприятиями (представляют отдельные предприятия в цепи поставок и отвечают за выполнение на них определенных операций). Общая схема управления заказами клиентов с помощью МАС представлена на рисунке 14.2 (более подробно данная модель представлена в работе [230]).

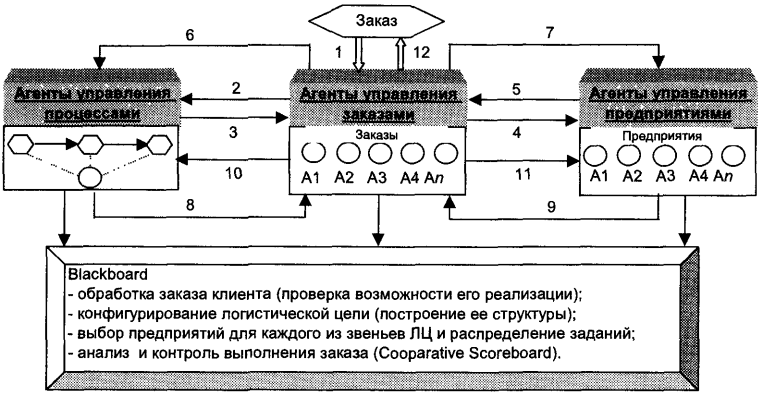


Рис. 14.2. Общая схема управление заказами клиентов с помощью МАС

Поступившую от клиента заявку принимает один из агентов управления заказами (1). Он идентифицирует данный заказ на основе сопоставления его параметров с одним из имеющихся в базе кодом заказа и передает данный код агентам управления процессами (2). На основе комплексных моделей процессов и сценариев агенты управления процессами определяют функциональную структуру процесса выполнения заказа (структуру цепи поставок) и передают ее агенту управления заказом (3), который сохраняет данную структуру и передает ее дальше агентам управления предприятиями (4).

Каждый из агентов управления предприятиями предлагает свои возможности для выполнения определенных технологических операций (сроки, затраты и т.д.) и передает эту информацию агенту управления заказом (5), который на основе имитационного моделирования оценивает различные альтернативные конфигурации цепи поставок, выбирает наилучшую и передает ее другим группам агентов (6,7).

Агенты управления процессами и агенты управления предприятиями осуществляют оперативный анализ выполнения процессов и передают данную информацию агенту управления заказом (8,9), который осуществляет функцию контроля и при отклонениях от плановых показателей вносит оперативные изменения (10,11). По выполнении заказа он сообщает об этом клиенту (12). Наиболее ценные знания, полученные агентами в процессе выполнения данного заказа, сохраняются в их памяти и используются в дальнейшей работе.

14.2.2. Полимодельные комплексы

Вследствие рассмотренных выше аспектов сложности и неопределенности цепей поставок, их (цепей поставок) адекватное описание не может быть сформулировано в рамках одной модели, вследствие чего необходим переход к полимодельным комплексам [71, 72, 74, 76, 79, 80, 92, 154, 228-230, 233, 243, 284, 308].

Одной из характерных особенностей современного этапа решения проблем моделирования сложных объектов и процессов является тенденция создания и исследования соответствующих комплексов взаимосвязанных моделей, отражающих с различной степенью детализации различные аспекты функционирования и взаимодействия указанных объектов и процессов друг с другом и средой. Другими словами, в последнее время особую значимость начинают приобретать вопросы полимодельного многокритериального описания и исследования конкретных предметных областей с учётом различных факторов неопределённости воздействия среды (внутренней и внешней) на рассматриваемые объекты и процессы. При этом корректное взаимодействие (координация) разнотипных моделей становится возможной, как правило, при использовании комбинированных методов, алгоритмов и методик, позволяющих на конструктивной основе исследовать заданные классы задач моделирования.

В разработанной методологии традиционные методы и инструменты моделирования не противопоставляются, а рассматриваются в совокупности, формируя тем самым единую методологическую базу моделирования цепей поставок (рис. 14.3) [71, 72, 154, 284].

Рассмотрим *основные концепции*, формирующие основу интегрированного моделирования цепей поставок. *Мультиагентные системы* представляют собой концептуальную основу моделирования активных элементов. *Теория систем и управления* служит теоретической основой анализа и синтеза цепей поставок. Методы *исследования операций* выступают в роли базовых методов оптимизации цепей поставок. Концепция *нечеткой логики* используется в целях описания качественных характеристик моделей. *Аналитические методы* предназначены для получения оптимальных значений, статистические – вероятностной оценки и прогнозирования. *Эвристические методы* используются для решения трудно формализуемых задач большой размерности с неполной информацией. *Имитационное моделирование* используется для ис-

следования процессов цепей поставок в динамике и анализа различных сценариев выполнения работ в цепях поставок.

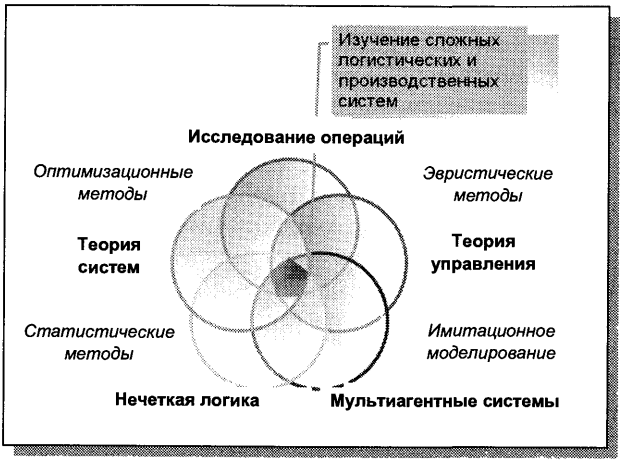


Рис. 14.3. Комбинирование различных концепций и инструментов моделирования как основа изучения цепей поставок [284]

Формируемые на основе *полимодельных комплексов* (см. рис. 14.4) интегрированные модели цепей поставок содержат элементы нескольких методов (например, теория графов и МАС для описания активных элементов графов, исследование операций и МАС для оценивания качества решений агентов, эвристические алгоритмы и нечеткая логика, теория управления в сочетании с исследованием операций и МАС).

В полимодельных комплексах, отдельные элементы и функции исследуемого объекта описываются с помощью различных классов моделей на определенном уровне детализации [284, 308]. Связь и переходы между моделями реализуются в виде функторов (F). Координированное применение различных моделей позволяет повысить качество моделирования за счет компенсирования недостатков одних моделей преимуществами других.

Полимодельные комплексы позволяют сформировать концепцию «виртуального моделирования», основанную на возможности постановки проблемы, решения задачи и представления результатов моделирования в различных классах моделей, выбираемых в соответствии с це-

лями и задачами моделирования, характером и структурой исходных данных и т.д.

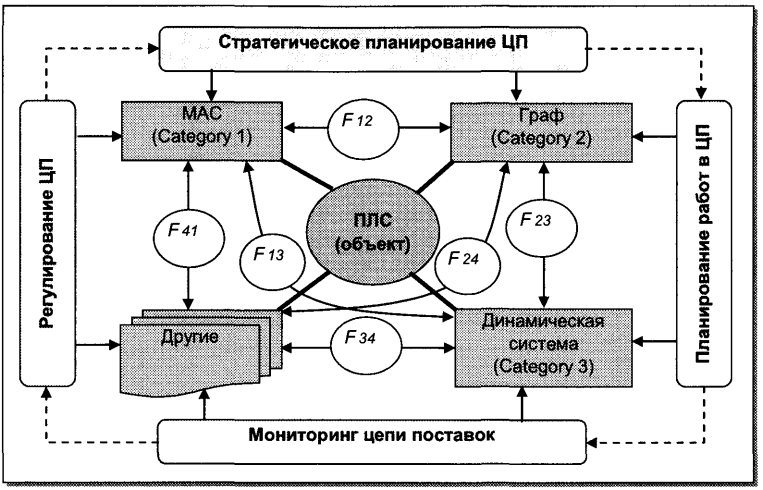


Рис. 14.4. Пример полимодельного комплекса[1]

14.2.3. Интегрированное моделирование

Интеграция рассматривается в следующих аспектах (рис. 14.5 – 14.7).:

- интеграция стадий планирования и реализации цепей поставок,
- интеграция уровней принятия решений,
- реализация «сквозного» принципа моделирования «концептуальная модель – математическая модель – программный продукт»,
- интеграция различных концепций и инструментов моделирования цепей поставок.

[1] В главах 17 и 18 будут приведены примеры интегрированных моделей, содержащих элементы теории управления, исследования операций и агентных систем.

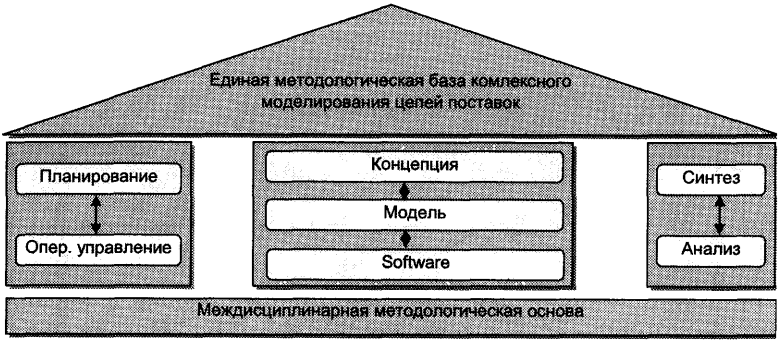


Рис. 14.5. Интегрированное моделирование цепей поставок [71,72]

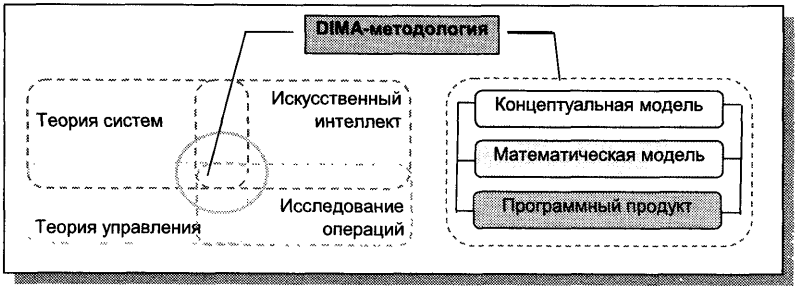


Рис. 14.6. Взаимосвязь концепций моделирования и различных моделей

Основными элементами предлагаемой концепции интегрированного моделирования цепей поставок являются:

- общесистемный блок,
- блок интегрированного экономико-математического моделирования,
- блок моделей и алгоритмов (рис. 14.8).

В общесистемном блоке определены концептуальные модели, метаметодологии, а также совокупность базовых категорий, определений и показателей для моделирования цепей поставок. Все эти элементы носят междисциплинарный характер на основе комбинирования различных концепций моделирования. В данном блоке заложены основы единой методологической базы моделирования цепей поставок с учетом их особенностей.

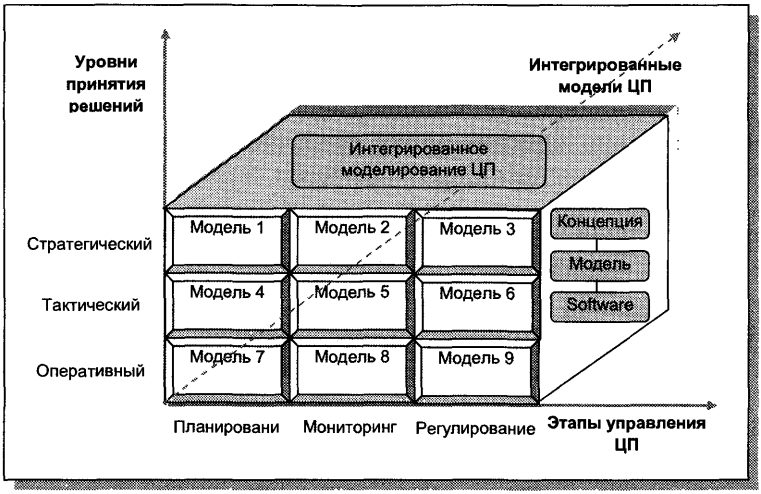


Рис. 14.7. Взаимосвязь уровней принятия решений и различных моделей

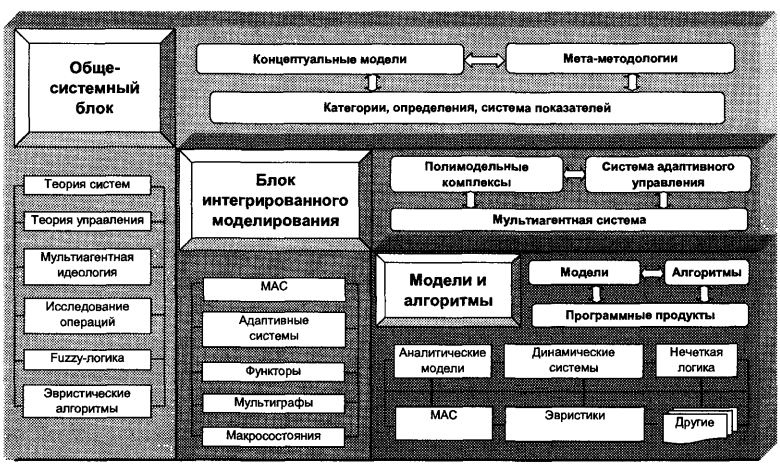


Рис. 14.8. Основные элементы методологии комплексного междисциплинарного моделирования цепей поставок [71, 72]

Примерами содержания общесистемного блока служат (i) мета-методология комбинирования концепций MAC и теории управления, (ii) концептуальные модели синтеза и оперативного управления цепями по-

ставок, в т.ч. с учетом факторов неопределенности, а также(iii) разработанная система категорий для анализа факторов неопределенности в цепях поставок.

В *блоке интегрированного моделирования* определены правила междисциплинарного интегрированного моделирования цепей поставок. В нем предложены методы (i) комбинирования различных классов моделей и (ii) интегрированного рассмотрения различных этапов управления цепями поставок. Основными элементами блока интегрированного моделирования являются:

- *мультиагентная система как концептуальный носитель модели,* предназначенная для концептуального, математического и имитационного моделирования на основе интеллектуальных агентов,
- *полимодельные комплексы,* позволяющие осуществлять постановку, решение и получение результатов расчетов на различных классах моделей с помощью теории категорий и функторов,
- *система адаптивного планирования и управления* для связи моделей планирования, мониторинга и регулирования.

Блок моделей и алгоритмов содержит конкретные модели и алгоритмы для решения различных задач управления цепями поставок, а также их реализацию в виде программных продуктов для моделирования цепей поставок. На основе концептуальных моделей из общесистемного блока и с применением принципов интегрированного моделирования в данном блоке разрабатываются междисциплинарные модели, алгоритмы и программные продукты, позволяющие гибко использовать различные модели для решения всего спектра задач управления цепями поставок. Примеры подобных комбинированных моделей и алгоритмов представлены в работах [70-96, 228-255].

В DIMA-методологии комплексного междисциплинарного моделирования цепей поставок классические концепции моделирования не противопоставляются, а рассматриваются в совокупности, формируя тем самым единую методологическую базу моделирования цепей поставок. Формируемые интегрированные модели содержат элементы нескольких методов (например, теория графов и МАС для описания активных элементов графов, исследование операций и МАС для оценивания качества решений агентов, эвристические алгоритмы и нечеткая логика, теория управления в сочетании с исследованием операций и МАС и т.д.).

Четкое определение трех уровней моделирования и определение взаимосвязей между ними позволяет реализовать принцип «сквозного» моделирования «концептуальная модель – математическая модель – расчетные алгоритмы и программный продукт»

Четкое определение трех уровней моделирования и определение взаимосвязей между ними позволяет реализовать принцип «сквозного» моделирования «концептуальная модель – математическая модель – расчетные алгоритмы и программный продукт»

14.2.4. Децентрализованное принятия решений

Под *децентрализацией* в DIMA-методологии понимается принцип управления и принятия решения в цепях поставок. На рис. 14.9 представлен процесс принятия решений при управлении цепями поставок, основанный на комбинированном использовании МАС, исследования операций и теории управления.

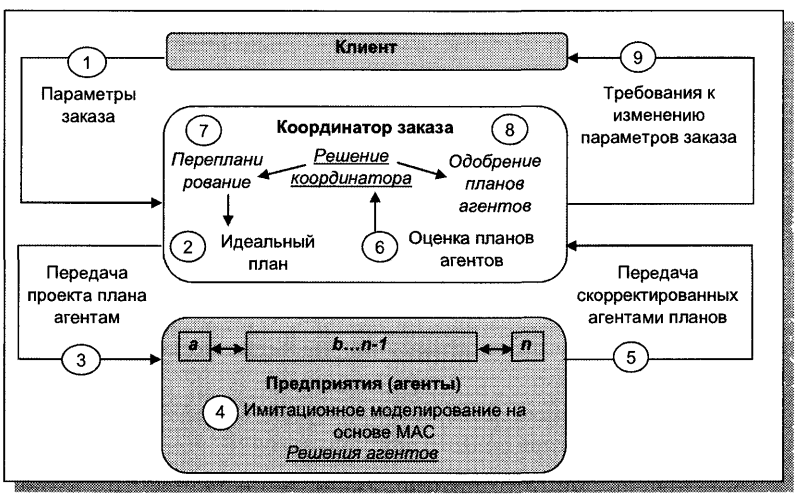


Рис. 14.9. Процесс принятия решения о возможностях выполнения заказа клиента [96]

Алгоритмы исследования операций и теории управления предназначены для нахождения идеальных (эталонных) решений. Эти решения используются для оценки решений, полученных агентами, относительно их качества, полноты и достоверности. Другим преимуществом является возможность балансировки интересов и целей координатора заказа и агентов. Планы, рассчитанные координатором, корректируются и улучшаются агентами. Подобная комбинированная процедура принятия решений позволяет реализовать принцип децентрализованного управления цепями поставок.

14.3. Основные результаты

Применение систем с обратной связью на основе теории управления в комбинации с методами исследования операций и мультиагентных систем позволяет формулировать и моделировать реальные проблемы управления цепями поставок, которые прежде разбивались на несколько частных, несвязанных друг с другом задач.

Речь идет о выходе на принципиально иной уровень моделирования и оптимизации цепей поставок, на котором появляется возможность не только решать задачи в заданной систем управления, но и формировать саму систему для решения в ней управленческих задач.

Это позволяет отойти от традиционного подхода к нахождению оптимальных решений для стандартных формулировок задач (например, распределения трех процессов по трем ресурсам, т.е. когда план уже задан и нужно просто найти расписание для него) и перейти к интегрированным постановкам задач планирования и нахождения расписаний для достижения целей, как правило, многокритериальных (т.е. определять параллельно постановку задачи, т.е. сколько, на самом деле, нужно процессов и ресурсов и находить решения для разных конфигураций плана).

Ниже приведем лишь некоторые преимущества разработанной методологии для предметной области цепей поставок:

- учет динамики функционирования цепей поставок, что дает возможность для реализации процессов и гибкой перенастройки системы и моделей управления цепями поставок в реальных условиях функционирования цепей поставок,

- устойчивость и адаптивность цепей поставок, что дает возможность для управления процессами даже в условиях неопределенности, когда структура модели не соответствует в точности реальным процессам и параметры модели не точны, а также для устранения нарушений и стабилизации процессов,
- учет многокритериальности задач управления цепями поставок, что дает возможность формирования множеств Парето-оптимальных решений, из которых менеджеры могут выбирать приемлемую альтернативу на основе индивидуальных предпочтений и восприятия риска,
- связь задач формирования системы и решения в ней задач управления, что дает возможность на конструктивном уровне связать задачи управления на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях принятия решений,
- согласованное использование различных концепций и инструментов моделирования, что позволяет осуществлять разработку моделей под реальную задачу, а не подгонять задачу под конкретную модель (как это, к сожалению, часто происходит).

Контрольные вопросы

1. Проблемы управления цепями поставок являются междисциплинарными в связи с:
   a) Вертикальными взаимосвязями уровней принятия решений
   b) Горизонтальными взаимосвязями задач управления на каждом из уровней принятия решений
   c) Разнородным характером данных для принятия решений
   d) Различной значимостью решений

2. Реальные задачи управления цепями поставок являются сложными в связи с:
   a) Многоструктурным построением цепей поставок
   b) Динамикой цепей поставок
   c) Неопределенностью в цепях поставок
   d) Наличием оптимальных решений

3. Для эффективного моделирования цепей поставок необходимо:

   a) Учитывать конфликтующие цели предприятий в цепи поставок
   b) Комбинировать различные концепции и инструменты моделирования цепей поставок
   c) Стремиться к оптимальным постановкам задач
   d) Учитывать тесную связь задач планирования и реализации цепей поставок

4. К основным элементам интегрированного моделирования цепей поставок относятся:

   a) интеграция стадий планирования и реализации цепей поставок
   b) интеграция уровней принятия решений
   c) интеграция информационных систем
   d) интеграция различных концепций и инструментов моделирования цепей поставок

5. Применение принципов междисциплинарного моделирования позволяет:

   a) Решать задачи управления цепями поставок с данными различных полноты, определенности и форм представления
   b) Моделировать взаимодействие предприятий
   c) Всегда находить оптимальные решения
   d) Осуществлять реальные практические постановки задач и их решение

Крепость – это не просто множество камней.

Антуан Сент-Экзюпери

Глава 15. Эффективность и устойчивость цепей поставок в условиях неопределенности (концепция STREAM)

В данной главе, которая является логическим продолжением главы 3, будет представлена концепция STREAM (Stability-based Realization of Efficiency and Management – реализация эффективности и управления на основе устойчивости) для поддержки принятия решений по управлению цепями поставок в условиях неопределенности.

То, что принятию решений в условиях неопределенности посвящены сразу три главы этой книги (3, 15 и 16) не случайно – ведь, как отмечалось в главе 1, именно снижение неопределенности поставок явилось одной из отправных точек и целей управления цепями поставок. В данной главе рассмотрены следующие вопросы:

- Какие виды возмущающих и управляющих воздействий существуют в цепях поставок
- Какие существуют основные свойства цепей поставок относительно неопределенности
- Что такое анализ устойчивости цепей поставок и каковы области его применения
- Что такое надежность и робастность цепей поставок
- Что такое безопасность и живучесть цепей поставок
- Что такое гибкость и адаптивность цепей поставок
- Что такое адаптация цепей поставок и каковы области ее применения
- Каким образом взаимосвязаны основные свойства цепей поставок относительно анализа неопределенности
- Как выбрать цепь поставок с максимальным уровнем устойчивости
- Какие решения принимать при нарушениях в цепях поставок и как оценивать эффективность этих решений

15.1. Необходимость разработки концепции STREAM

Проблема неопределенности является одной из ключевых в управлении цепями поставок. В литературе описано множество методов и моделей для снижения негативных последствий влияния неопределенности на управление цепями поставок (см. главы 3 и 16). На концептуальном уровне существует множество работ по менеджменту риска, направленных, главным образом, на стратегический уровень принятия решений.

На стратегическом уровне также приобретает все большее значение менеджмент безопасности цепей поставок. На тактическом уровне принятия решений существует большое разнообразие разработок по снижению влияния колебаний спроса и ошибок в прогнозах спроса (Bullwhip-эффект), оптимальному управлению запасами, координации в цепях поставок, формированию множества неокончательных решений, например, отложенной дифференциации продукции (postponement) или методов «скользящего» планирования.

На оперативном уровне представлены разнообразные методы и модели оперативного планирования (Scheduling) и введения автоматизированной системы мониторинга и регулирования цепи поставок в случае возникновения нарушений и отклонений от плана (SCEM-системы). Для тактического и оперативного уровней принятия решений в литературе представлен ряд моделей анализа устойчивости, гибкости, надежности, робастности и живучести цепей поставок.

Вместе с тем следует отметить, что имеющиеся в настоящее время разработки не лишены определенных методологических недостатков. Приведем некоторые из них:

- Рассмотрение вопросов планирования «идеальной» экономической эффективности отдельно от вопросов достижения этой эффективности реальных условиях реализации цепей поставок в условиях взаимодействия с внешней средой
- Отсутствие единой терминологической базы (многие определения по-разному трактуются различными авторами, которые, как правило, ограничиваются интуитивным пониманием терминов),
- Смешение свойств цепи поставок как бизнес-процесса (например, безопасность и гибкость) и свойств цепи поставок как сложной системы (например, адаптивность и живучесть),

- Разрыв между концептуальными моделями (например, менеджмента риска), автоматизацией (SCEM-системы) и конструктивным уровнем математического моделирования и оптимизации цепей поставок,
- Слабая согласованность стратегического, тактического и оперативного уровней принятия решений,
- Разрозненность анализа возмущающих воздействий и управляющих воздействий в цепях поставок,
- Широкое распространение качественных методов анализа неопределенности на основе менеджмента риска при слабом развитии количественных математических методов,
- «Замыкание» в области математического аппарата исследований операций и слабое использование других подходов к синтезу и анализу сложных систем (например, теории управления).

Желание преодолеть ряд вышеназванных недостатков и сделать шаг в направлении развития методологических основ и повышения практической эффективности управления цепями поставок и послужило отправным пунктом к разработке концепции STREAM.

15.2. Методологические основы концепции STREAM

STREAM представляет собой концептуальную модель и предназначена для улучшения управления цепями поставок на уровне менеджмента. STREAM основана на взаимосвязи концептуального анализа бизнес-характеристик цепи поставок и конструктивном аппарате количественного анализа неопределенности в цепях поставок. STREAM может являться основой автоматизации управления цепями поставок в условиях неопределенности.

В основу концепции STREAM положены имеющиеся в настоящее время разработки в области менеджмента риска, управления событиями в цепях поставок, анализа устойчивости и надежности цепей поставок, снижения Bullwhip-эффекта, исследования операций, а также понятийный и конструктивный аппарат общей теории систем, теории управления, кибернетики и управления сложностью (complexity management).

Основной идеей концепции STREAM является определение фундаментальных свойств цепей поставок относительно взаимного влияния возмущающих и управляющих воздействий, взаимосвязей между этими

свойствами и различными видами воздействий, а также разработка на основе этих взаимосвязей целостной концепции поддержки принятия решений применительно к управлению цепями поставок в условиях неопределенности.

Целью STREAM является поддержка принятия решений в SCM для снижения неопределенности функционирования цепей поставок на этапе планирования и негативных последствий нарушений в цепях поставок на этапе реализации за счет интегрированного анализа реакции цепей поставок на возмущающие и управляющие воздействия.

Особый акцент сделан на учет факторов принятия решения *людьми*, а не автоматическими приборами (как это делается в технических системах, что не позволяет напрямую использовать для управления цепями поставок разработанные ранее применительно к техническим системам методы оценки *надежности* без оценивания устойчивости управленческих решений.

Особенностью предложенной методологии является также то, что она не только дает возможность принимать решения с учетом факторов неопределенности на этапе составления плана, но также обеспечить эффективную реализацию управленческих решений на этапе реализации работ в случае возникновения отклонений от плановых решений.

Предметной областью концепции STREAM является:

- анализ планов цепей поставок с точки зрения обеспечения их экономической эффективности и устойчивости,
- поддержка принятия решения по выбору плана цепи поставок с приемлемым уровнем риска,
- поддержка принятия решений, связанных с выбором управляющих воздействий, направленных на компенсацию отклонений и нарушений в функционировании цепей поставок.

В концепции STREAM разработана концептуальная модель данной предметной области, состоящей из перечня взаимосвязанных понятий, используемых для описания этой области, вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий, по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней.

В основу логической схемы анализа, диагностики и регулирования цепей поставок в концепции STREAM положено свойство адаптивности системы, т.е. способности системы изменять свое поведение с целью сохранения, улучшения или приобретения новых характеристик в усло-

виях меняющейся во времени среды, априорная информация о которой является неполной.

В концепции STREAM представлено определённое множество понятий и связей между ними, являющихся смысловой структурой рассматриваемой предметной области – SCM в условиях неопределенности.

В концепции STREAM разработаны основы управления цепями поставок в условиях меняющихся неизвестных характеристик среды, при которых за конечное время достигаются определенные (удовлетворительные, желаемые или оптимальные) показатели экономической эффективности цепей поставок путем изменения параметров системы или характеристик управляющих воздействий на основе поступающей по цепи обратной связи информации.

Концепция STREAM присвана создать методологическую основу для перехода от абстрактных разговоров о неопределенности в цепях поставок к конструктивным путям решения проблемы достижения плановых значений показателей экономической эффективности в реальных условиях функционирования цепей поставок на основе концептуализации предметной области с единых системно-кибернетических позиций за счет единого рассмотрения вербально описываемых свойств цепи поставок как бизнес-процесса (например, безопасность и гибкость) и теоретико-атрибутных свойств цепи поставок как сложной системы (например, адаптивность и живучесть).

15.3. Терминология

Терминологические вопросы являются одними из самых неблагодарных в социально-экономических науках. Тем не менее, считаем необходимым введение логически взаимосвязанной системы определений для корректного исследования рассматриваемой предметной области на основе понятийного аппарата управления цепями поставок и системно-кибернетических теорий (см. рис. 15.1). Сразу же оговоримся, что понятия и свойства, которые мы будем рассматривать в дальнейшем, использовались и используются другими авторами и в иных значениях и являются в такой же мере общими (абстрактными), как и понятие неопределенности. Поэтому любую количественную оценку этих свойств следует воспринимать как условную меру, имеющую локальное значение в контексте рассматриваемой задачи управления цепями поставок.

Отсюда следует возможность различных терминологических подходов, которые всегда будут опираться на субъективные основания.

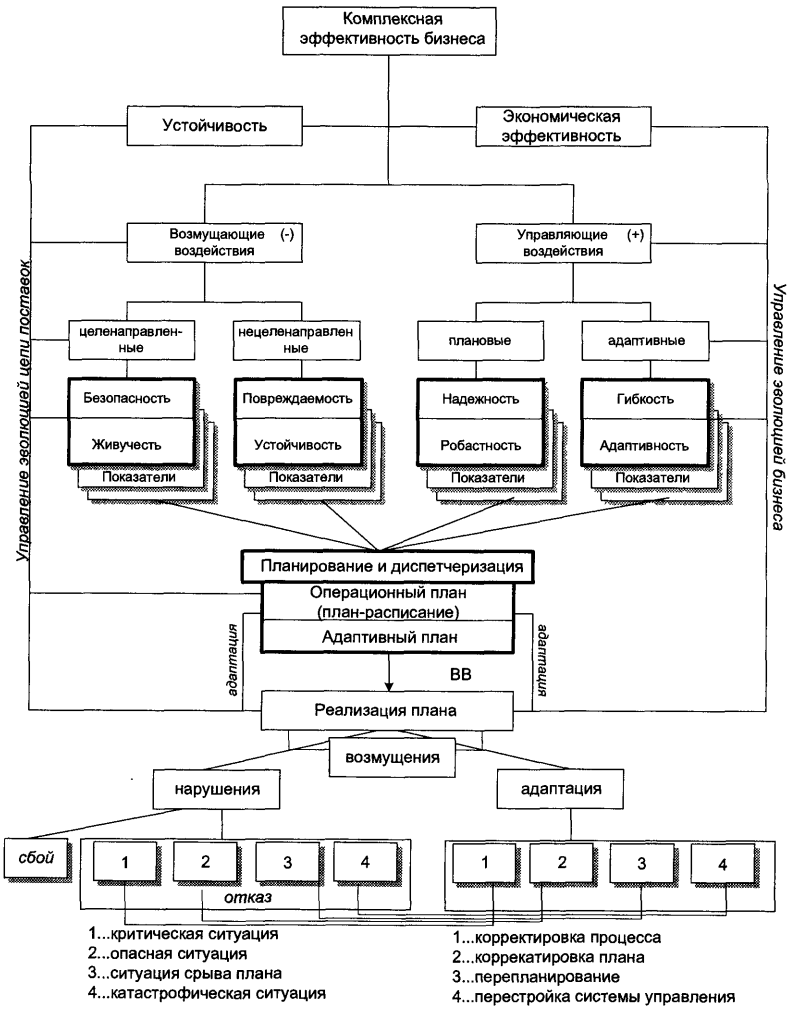


Рис. 15.1. Взаимосвязь основных категорий и свойств для анализа цепей поставок относительно неопределенности

Основная цель данной классификации заключается не в том, как назвать конкретное свойство, а в том, чтобы создать комплексную полную картину всей совокупности свойств цепей поставок, которые необходимо анализировать при рассмотрении задач взаимодействия цепей поставок с внешней средой. В данной классификации сведены к единой логической взаимосвязи разрозненные ранее участки анализа цепей поставок относительно неопределенности. В заключение преамбулы отметим, что свойства систем могут толковаться как в узком, так и в широком смысле.

Общесистемные определения

Первым этапом управления цепями поставок является определение целей управления. Ключевым свойством достижения цепи поставок поставленной перед ней целей является экономическая эффективность.

Экономическая эффективность цепи поставок – это комплексная характеристика результатов работы цепи поставок с учетом соответствия этих результатов целям, поставленных менеджментом. Характеризует связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами. В западной литературе под эффективностью понимается выполнение процессов в системе с минимальным использованием ресурсов (узкое толкование эффективности). Эффективность может характеризоваться через показатели эффективности и критерии показателей эффективности.

Показатель эффективности – это абсолютная или относительная величина, характеризующая количественно или качественно определенный аспект функционирования цепи поставок. Каждый показатель эффективности характеризуется определенными критериями (например, максимизация, минимизация, максимин, минимакс).

Эффективность определяется двумя компонентами:

- целевыми возможностями, характеризующими потенциальную способность цепи поставок достигать поставленных целей в конкретных условиях обстановки;
- устойчивостью функционирования цепи поставок, характеризующей способность цепи поставок сохранять, реализовывать и восстанавливать свойственные цепи поставок целевые возможности в условиях воздействия возмущающих факторов целенаправленного и нецеленаправленного характера.

Данное определение позволяет сделать важный вывод: обеспечение реальной эффективности цепи поставок в соответствии с потенциальной (запланированной) эффективностью основано на обеспечении устойчивости цепей поставок.

Обеспечение реальной эффективности цепи поставок в соответствии с потенциальной (запланированной) эффективностью основано на обеспечении устойчивости цепей поставок.

Эффективность цепи поставок (в широкой интерпретации) – это комплексная характеристика потенциальных и реальных результатов работы цепи поставок с учетом соответствия этих результатов целям, поставленных менеджментом.

Устойчивость цепи поставок (в широкой интерпретации) – это комплексное свойство цепи поставок, характеризующее способность цепи поставок сохранять, реализовывать и восстанавливать свойственные цепи поставок целевые возможности в условиях воздействия возмущающих факторов целенаправленного и нецеленаправленного характера.

Обеспечение эффективности и устойчивости цепей поставок возможно на основе управления.

Управление – процесс формирования (выработки) и реализации управляющих воздействий. Содержит этапы целепологания, планирования, анализа, контроля, учета, координации и регулирования.

Управляемость (в узкой интерпретации) – принципиальная возможность перевода цепи поставок из текущего в требуемое состояние.

Управляемость (в широкой интерпретации) – комплексное свойство цепи поставок, состоящее в принципиальной возможности принимать управленческие решения (воздействия) и реализуемости принимаемых решений.

Управляющее воздействие – входное воздействие на объект управления, предназначенное для достижения цели управления. Всю совокупность управляющих воздействий можно разделить на две категории: построение планов цепей поставок с учетом неопределенности и регулирующие (адаптивные) управляющие воздействия на этапе реализации цепи поставок.

Планирование цепи поставок (в широкой интерпретации) – формирование системы управления и решение в ней управленческих задач.

Планирование цепи поставок (в узкой интерпретации) – решение задач управления в фиксированной системе управления; частная функция управления цепью поставок; определение комплекса мер для достижения поставленных целей. Различают стратегическое планирование (финансовое планирование, конфигурирование цепи поставок), тактическое планирование (прогнозирование спроса, планирование производственной программы) и оперативное планирование (планирование конкретных планов-расписаний для реализации комплекса операций). Все три вида планирования тесно взаимосвязаны.

План цепи поставок – это совокупность целей и мер (операций) для их достижения.

Функционирование цепи поставок – это процесс реализации оперативных планов с целью обеспечения целевых показателей всех трех уровней планирования.

К сожалению, реализация любого плана связана с неопределенностью, связанной с неполнотой наших знаний о будущем (динамике развития событий в процессе функционирования цепи поставок) и настоящем (мы не можем знать все о наших цепях поставок).

Неопределенность – это свойство, характеризующее неполноту наших знаний о внешней среде системы и ее развитии.

Важнейшим понятием анализа неопределенности является риск.

Риск – это: вероятностная оценка негативного исхода события, приводящего к убыткам/потерям (технократический подход); индивидуальная оценка человеком опасности негативного исхода события, приводящего к убыткам/потерям (психологический подход); неотъемлемое свойство любого процесса или системы, управление которым является ключевым в обеспечении экономической эффективности и безопасности (организационный подход).

Возмущающее воздействие – это входное внешнее воздействие на цепь поставок, приводящее к изменению планового хода событий в функционировании системы и (или) угрозе невыполнения целевых критериев. Влияние возмущающих воздействий может приводить к *нарушениям* в цепи поставок, которые в свою очередь могут характеризоваться понятиями *отказ* и *сбой*.

Целенаправленное возмущающее воздействие – это входное внешнее воздействие на цепь поставок с целью нанести вред или ущерб цепи поставок (например, хищения грузов, терроризм, пиратство).

Нецеленаправленное возмущающее воздействие – это входное внешнее воздействие на цепь поставок случайной природы (например, колебания спроса, выход из строя ресурса).

Нарушение – это невозможность осуществления запланированного события в соответствии с планом.

Работоспособное состояние цепи поставок – это состояние, при котором цепь поставок способна выполнять заданные функции (исходя из целей управления), сохраняя значения своих основных параметров в требуемых пределах.

Неработоспособное состояние цепи поставок – это состояние, при котором цепь поставок не выполняет хотя бы одну из своих заданных функций (исходя из целей управления) и значения ее основных параметров выходят из требуемых пределов.

Сбой – это кратковременный переход цепи поставок из планового целеустремленного состояния в незапланированное состояние, не приводящее к потере управляемости. Сбой самоустраняется без внешних воздействий. Сбой характеризуется нештатной ситуацией.

Нештатная ситуация – такой нештатный режим функционирования, в котором отдельные показатели цепи поставок или показатели внешней среды находятся вне интервалов штатного режима в таких пределах, при которых не существует угроза аварии или катастрофы.

Отказ – это переход цепи поставок из планового целеустремленного состояния в незапланированное состояние, в котором невозможно достижение целей управления цепью поставок без дополнительных управляющих воздействий.

Отказ может быть разделен на четыре уровня: критическая ситуация (нарушение одного процесса), опасная ситуация (нарушение нескольких процессов), ситуация срыва плана (нарушение многих процессов) и катастрофическая ситуация (нарушение подавляющего большинства процессов).

Критическая ситуация – такой нештатный режим функционирования, в котором показатели качества цепи поставок или показатели внешней среды находятся вне интервалов штатного режима в таких пределах, при которых появляется реальная угроза срыва плана или катастрофы.

Коррекция процесса – конечный результат критической ситуации; оперативные изменения в процессах с использованием резервов (например, страховых запасов).

Опасная ситуация – такой нештатный режим функционирования, в котором показатели качества цепи поставок или показатели внешней среды находятся вне интервалов штатного режима в таких пределах, при которых почти неизбежен срыв плана или катастрофа. Ликвидация опасной ситуации осуществляется на основе коррекции плана.

Коррекция плана – конечный результат опасной ситуации; изменения в оперативных планах (например, изменения сроков поставки продукции).

Ситуация срыва плана – такой нештатный режим функционирования, в течение которого цепь поставок переходит из работоспособного в такое неработоспособное состояние, при котором для перехода в работоспособное состояние необходимо выполнить перепланирование. Ликвидация ситуации срыва плана осуществляется на основе перепланирования, т.е. изменения тактического плана.

Перепланирование – конечный результат ситуации срыва плана; изменения в тактических планах (например, изменения объемов производства).

Катастрофическая ситуация – такой нештатный режим функционирования, в течение которого цепь поставок переходит из работоспособного в неработоспособное, катастрофическое состояние, при котором переход в работоспособное состояние принципиально исключается и/или экономически нецелесообразен. Ликвидация катастрофической ситуации осуществляется на основе изменения целей управления цепью поставок и финансовых планов, т.е. изменения стратегического плана. По сути, речь уже идет о формировании новых цепей поставок и системы управления ими.

Специальные свойства цепей поставок в концепции STREAM

Безопасность цепей поставок – Сопротивление внешнему, несанкционированному действию (действиям), разработанным, чтобы нанести ущерб или повреждение или нарушить ЦП (в ред. ISO/PAS 28000-2006).

Живучесть цепей поставок – свойство ЦП, заключающееся в ее способности сохранять штатный режим функционирования в прогнозируемых условиях целенаправленного воздействия дестабилизирующих факторов и исключать возможность перехода штатного режима в ситуацию срыва плана или катастрофу в непрогнозируемых условиях воздействия прогнозируемых дестабилизирующих и/или непрогнозируемых факторов риска.

Повреждаемость цепей поставок – Сопротивляемость внешним возмущающим воздействиям случайного характера

Устойчивость цепи поставок (узкой интерпретации) – свойство реализации ЦП; состояние цепи поставок, находящейся в плановом режиме функционирования устойчиво, если при фиксированном множестве допустимых управляющих воздействий ограниченные и относительно малые по величине возмущающие воздействия приводят к ограниченным и относительно малым изменениям выходных переменных.

Надежность цепей поставок – комплексная характеристика безотказности, долговечности, восстанавливаемости, сохраняемости элементов цепи поставок и цепи поставок в целом; обеспечивается созданием системы резервирования (задач/операций и ресурсов) для предотвращения сбоев и отказов.

Робастность – свойство цепи поставок, заключающееся в ее способности выдерживать определенный уровень возмущающих воздействий.

Гибкость – способность цепей поставок быстро изменять свой структурно-функциональный облик в зависимости от складывающейся обстановки, достигая поставленные цели путем изменения своих структур и поведения; обеспечивается созданием системы адаптации (задач/операций и ресурсов) для сохранения, улучшения или приобретения новых характеристик для достижения поставленных целей в условиях меняющейся во времени среды, а также ликвидации сбоев и отказов.

Адаптивность цепей поставок – от лат. *adaptatio «прилаживание, приспособление».* Свойство цепи поставок изменять свое поведение с целью сохранения, улучшения или приобретения новых характеристик для достижения поставленных целей в условиях меняющейся во времени среды, априорная информация о которой является неполной.

Одним из эффективных методов управления с учетом динамики цепей поставок является метод адаптивного управления.

Адаптивное управление – это метод управления цепью поставок с меняющимися неизвестными характеристиками среды, при котором за конечное время достигаются определенные (удовлетворительные, желаемые или оптимальные) показатели качества управления путем изменения параметров цепи поставок или характеристик управляющих воздействий на основе поступающей по цепи обратной связи информации.

Адаптивное планирование – это метод планирования, при котором план ЦП периодически модифицируется путем изменения параметров

цепи поставок или характеристик управляющих воздействий на основе поступающей по цепи обратной связи информации о текущем состоянии цепи поставок, прошлом и обновленных прогнозов будущего.

В параграфах 15.5 и 15.6 мы рассмотрим определенные выше базовые свойства и их взаимосвязь более подробно.

15.4. Концептуальная модель STREAM

15.4.1. Общая концептуальная схема управления цепями поставок в условиях неопределенности

Рассмотрим общую концептуальную схему принятия решений в SCM в условиях неопределенности (см. рис. 15.2).

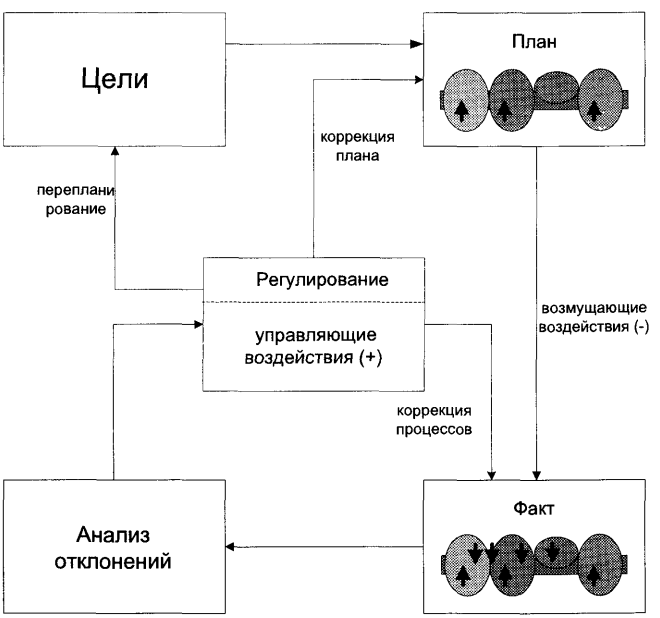


Рис. 15.2. Принятия решений в SCM в условиях неопределенности

Данная схема описывает основные функции управления цепями поставок в условиях взаимодействия с возмущающей внешней средой. Такая схема может быть реализована на каждом из трех уровней принятия решений (стратегический, тактический, оперативный). Взаимосвязь этих трех уровней управления очень важна, т.к. позволяет реализовать построение реалистичных планов, сбалансированных друг с другом, и обеспечить обратную связь для адаптации этих планов с учетом реального выполнения процессов в цепях поставок (см. рис 15.3).

На основе целей вышестоящего уровня цепи поставок формируются планы. Далее эти планы проигрываются в имитационной модели, анализируются и при необходимости изменяются. Когда принято решение о запуске плана в работу, начинается этап реализации плана. Выполнение процессов сопровождается возмущающими воздействиями, мониторингом и анализом фактического протекания процессов и управляющими воздействиями для компенсации негативного влияния отклонений (внешняя адаптация.

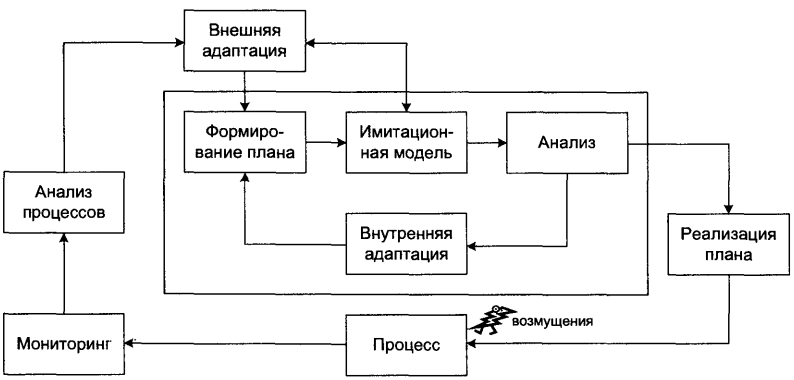


Рис. 15.3. Система управления цепями поставок с обратной адаптивной связью [284, 304]

В процессе выполнения работ анализируется соответствие фактических значений параметров процессов плановым значениям. В случае отклонений подготавливаются и принимаются необходимые управленческие воздействия по коррекции процессов, корректировки плана или перепланирования.

15.4.2. Базовые элементы и свойства STREAM

Концептуальная модель STREAM[1] основана концептуализации предметной области с единых системно-кибернетических позиций за счет взаимосвязанного рассмотрения:

- управляющих и возмущающих воздействий в цепях поставок;
- вербально описываемых свойств цепи поставок как бизнес-процесса (например, безопасность и гибкость) и теоретико-атрибутных свойств цепи поставок как сложной системы (например, адаптивность и живучесть).

В таблице 15.1 представлены основные элементы концепции STREAM.

Как показано в таблице 15.1, в STREAM выделены, соответственно, по два класса управляющих и возмущающих воздействий. Каждому из этих классов соотнесены основные концепции, бизнес-свойства (вербально-атрибутные свойства) и формально-математические свойства (теоретико-атрибутные). Именно на взаимосвязи этих классов и свойств основана концепция STREAM (см. § 15.4.6). Здесь же рассмотрим указанные в таблице 3.6 основные свойства более подробно.

[1] В этой главе анализируются именно свойства анализа устойчивости цепей поставок. Сами же методы анализа будут рассмотрены в главе 16.

Таблица 15.1.

Основные элементы концепции STREAM

	Управляющие воздействия		**Возмущающие воздействия**	
	Избыточность (резервирование)	Адаптивность	Целенаправленные	Нецеленаправленные
Стратегический уровень	Запасы ликвидности; Стратегические запасы материалов	Диверсификация рынков; Аутсорсинг; Гибкость ассортимента продукции (например, модульность)	Терроризм, пиратство;	Финансовые кризисы; Политические кризисы; Природные катастрофы
Тактический и оперативный уровни	Временные буферы, Страховые запасы Дополнительные склады, Резервирование мощностей,	Информационная координация Унификация элементов управления ЦП, Адаптивное планирование, Формирование множества неокончательных решений, Создание виртуальных резервов адаптации Динамическое ценообразование (dynamic pricing) и контрактинг	Хищения и повреждения грузов; Терроризм	Колебания спроса; Внутренний дисбаланс спроса и поставок в цепи поставок; Технологические отказы; Человеческий фактор
Бизнес-свойства	Надежность	Гибкость	Безопасность	Повреждаемость
Атрибутные свойства	Робастность	Адаптивность	Живучесть	Устойчивость
Общее свойство	Глобальная устойчивость			

15.4.3. Робастность, адаптивность и адаптация

В технических системах, под робастностью (лат.: robustus) понимается свойство надежности или нечувствительности («грубости») системы. Анализ робастности позволяет ответить на следующий основной вопрос [76, 135]:

"Какой уровень возмущающих воздействий способна выдержать цепь поставок?»

Мы предлагаем использовать робастность как формальный атрибут оценки надежности цепей поставок. Создание надежности цепи поставок основано на внесении определенной избыточности (резервировании) в цепи поставок, например, многовариантность и модульность продукции, временные буферы, страховые запасы, дополнительные склады, резервирование мощностей.

Другой характеристикой цепей поставок является адаптивность. Адаптивность является формальным атрибутом гибкости цепи поставок. К элементам адаптивности можно отнести создание системы координации и мониторинга ЦП, .унификацию функций управления цепями поставок, использование методов «скользящего» или адаптивного планирования, формирование множества неокончательных решений, создание виртуальных резервов адаптации, введение гибких форм ценообразования (dynamic pricing) и контрактинга.. Говоря о внесении избыточности в цепи поставок относительно робастности и адаптивности, необходимо понимать, зачем это вообще делается, т.е. какова цель или стратегия управления цепью поставок (см. §3.3)

Управляющие воздействия, обеспечивающие как надежность плана, так и его гибкость, могут быть использованы для адаптации цепи поставок. В общем случае, под *адаптацией* понимается свойство системы, заключающееся в приспособлении к изменяющимся условиям функционирования и способности функционировать в нерасчетных условиях путем целенаправленного изменения своих параметров и/или структур [12, 57, 203, 284, 289, 304, 330]. Адаптация отвечает на следующий основной вопрос:

"Какие действия, когда и кем должны быть предприняты для ликвидации последствий нарушений в ЦП для восстановления планового или перехода к новому режиму работы ЦП, обеспечивающему достижение целей SCM и удовлетворение потребностей клиентов?"

Разработанная концепция комплексной адаптации цепей поставок имеет 5-уровневое построение (см. рис. 15.4 и 15.5). При адаптивном управлении цепью поставок осуществляется синхронизация планов различных уровней управления с позиций экономической эффективности и обеспечения устойчивости, а также синхронизированная адаптация планов на основе реальных данных реализации процессов в цепях поставок.

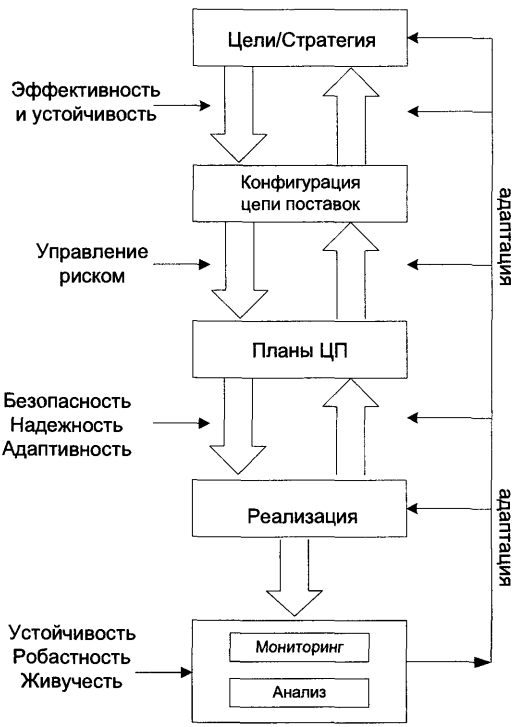


Рис. 15.4. Адаптивное управление цепью поставок

В зависимости от уровня адаптации, можно выделить несколько контуров адаптивного управления (см. рис. 15.4). Каждый уровень представляет собой определенный контур управления и соответствует определенному классу отклонений в функционировании цепи поставок (см. таблицу 15.2).

Таблица 15.2.

Уровни адаптации цепей поставок[2]

Уровень адаптации цепи поставок	Горизонт времени	Адаптационные меры
Параметрическая адаптация (коррекция процессов)	Оперативный	Корректировка параметров функционирования цепи поставок (например, сроков поставки, уровня запасов и т.д.)
Структурно-функциональная адаптация (коррекция плана)	Тактический	Изменение структуры поставщиков, изменение распределения функций в цепи поставок
Целевая адаптация (перепланирование)	Тактический	Корректировка целевых параметров (например, сроков окончания проекта, уровня затрат
Адаптация моделей управления цепями поставок	Тактический; Стратегический	Адаптация моделей SCM в соответствии с изменяющимися условиями реализации цепи поставок и приобретением новой информации о системе
Адаптация стратегии SCM	Стратегический	Изменение начальных целей топ-менеджемента

Контур управления (1) рассчитан на параметрическую адаптацию цепи (коррекцию процессов) поставок в случае, когда устранение выявленных в результате мониторинга отклонений в функционировании цепи поставок возможно путем корректировки некоторых параметров функционирования цепи поставок (например, сроков выполнения операций, уровня запасов и т.д.).

В случае невозможности корректировки цепи поставок путем параметрических изменений необходимо осуществить соответствующие

[2] См. также главу 2, раздел «О взаимосвязи уровней принятия решений при управлении цепями поставок»

структурные преобразования (контур 2 – структурная адаптация). Данный этап ставит более высокие требования к системам поддержки принятия решений и требует комплексного анализа проблемы в тесном взаимодействии затронутых участников цепи поставок.

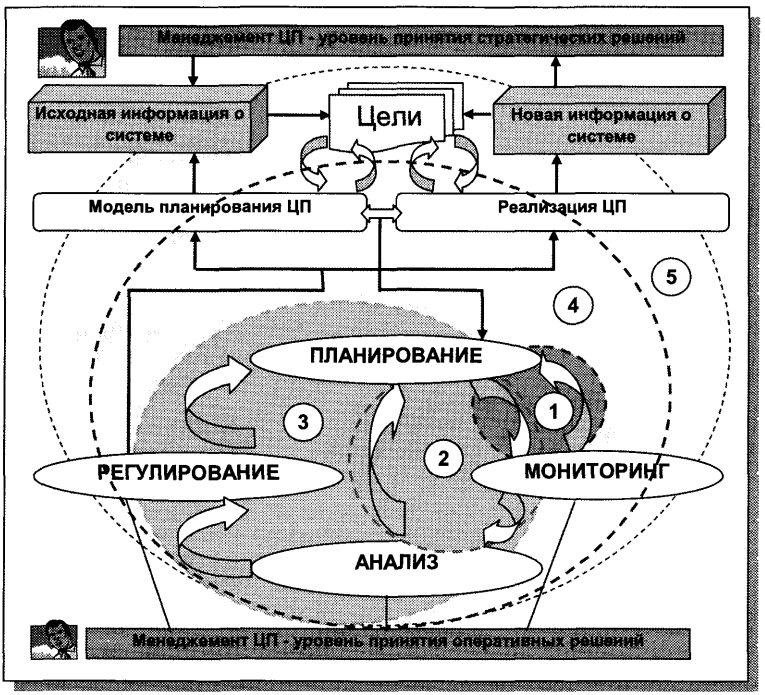


Рис. 15.5. 5-уровневая концепция комплексной адаптации цепей поставок

Если структурно-функциональная адаптация не приносит желаемого эффекта, необходимо регулирование путем корректировки целевых параметров (например, сроков окончания проекта, уровня затрат и т.д.). Целевая адаптация (перепланирование) представляет собой контур управления (3) и еще раз подчеркивает необходимость согласования моделей планирования и мониторинга цепи поставок (модель мониторинга должна соответствовать целям управления цепью поставок). Описанные выше три уровня адаптации представляют собой основу оперативного управления цепью поставок. Следует, однако, отметить, что

вследствие влияния различных объективных и субъективных факторов внутренней и внешней среды происходят изменения не только в планах цепи поставок, но и условий реализации плана. Это означает, что *исходные модели SCM* могут перестать являться репрезентативными и адекватными.

Особенностью предлагаемой концепции адаптации являются контуры управления 4 и 5, предназначенные для адаптации моделей управления цепью поставок, а также целей SCM. Контур (4) является *метамоделью*, описывающей адаптацию моделей SCM в соответствии с изменяющимися условиями реализации процессов и приобретением новой информации о ЦП. Контур (5) представляет собой высший уровень адаптации цепи поставок, когда нарушения в работе цепи поставок настолько серьезны, что достижение изначальных целей топменеджемента уже не является возможным.

Рассмотрим конкретный пример анализа влияния возмущающих воздействий и адаптации цепи поставок.

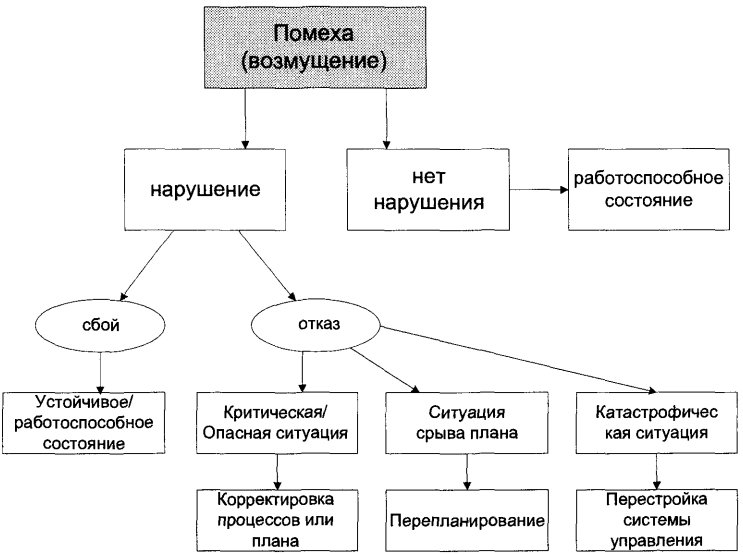


Рис. 15.6. Логическая схема анализа цепей поставок относительно влияния на них возмущающих воздействий и адаптации

На рис. 15.6 представлена логическая схема анализа цепей поставок относительно влияния на них возмущающих воздействий. Рассмотрим пример. В результате возмущающего воздействия «Задержка поставки от поставщика», цепь поставок может оказаться в работоспособном или в неработоспособном состоянии (определяется на основе анализа устойчивости). В случае неработоспособного состояния речь идет о нарушении в выполнении функции ЦП – запуск производства партии изделий – вследствие отсутствия необходимого материала (отклонение в параметре «Срок запуска производства партии изделий»).

Далее это нарушение может быть классифицировано на сбой или отказ. В случае, если нарушенная функция все же может быть выполнена (т.е. параметр «Срок окончания производства партии изделий» не отклоняется от планового значения) без корректирующих управляющих воздействий, например, на основе использования страхового запаса, то речь идет о сбое.

Если же функция может быть выполнена только с применением управляющих воздействий, то речь идет об отказе, который должен быть устранен на основе решений менеджеров (например, коррекции процесса на основе срочного заказа материала у другого поставщика; см. *параметрическая адаптация*).

В случае невозможности выполнения всего заказа (плана) в соответствии с целями (срок поставки, затраты, качество) необходима коррекция плана, например перераспределение ресурсов между различными заказами, привлечение дополнительных поставщиков и т.д. Если же возникает ситуация срыва плана, то необходима целевая адаптация, т.е. перепланирование (например, изменения сроков поставки).

Крайним случаем отказа является катастрофическая ситуация, когда восстановление планов ЦП (на всех трех уровнях управления) невозможно и необходима новая стратегия и система управления цепями поставок. Можно говорить о потере ЦП живучести и устойчивости.

15.4.4. Живучесть и устойчивость (в узкой интерпретации)

Живучесть и устойчивость[3] являются комплементарными свойствами (т.е. взаимно дополняют друг друга). Анализ живучести и устойчивости позволяет ответить на следующий основной вопрос:

---

[3] В данном параграфе речь идет об устойчивости в узкой интерпретации.

"Способна ли цепь поставок продолжать свое функционирование и оставаться при этом эффективной даже в случае возникновения различных отклонений и нарушений?»

Живучесть характеризует способность системы продолжать выполнение своих функций в случае возникновения различных отклонений и нарушений, вызванных целенаправленными разрушающими воздействиями, устойчивость же – нецеленаправленными возмущающими воздействиями. Здесь следует вновь обратить внимание на тот аспект, что цепи поставок, в отличие от технических систем, управляются людьми, а не автоматическими приборами управления. В связи с этим напрашивается важный вывод: цепь поставок не может быть живучей и устойчивой, продолжать свое функционирование, возвращаться в плановое или переходить в новое состояние и оставаться при этом эффективной *без осуществления менеджерами соответствующих управленческих воздействий*[4]. Именно решения, принимаемые людьми, а не автоматами, являются той основой, которая обеспечивает функционирование цепей поставок под воздействием различных возмущающих факторов. Живучесть и устойчивость в таком контексте теснейшим образом связана с адаптацией цепей поставок.

Цепь поставок не может продолжать свое функционирование, возвращаться в плановое или переходить в новое состояние и оставаться при этом эффективной без осуществления менеджерами соответствующих управленческих воздействий.

Классический анализ устойчивости (лат. *stabilis*) (так называемая концепция BIBO (Bounded Input Bounded Output – ограниченный вход, ограниченный выход) предназначен для ответа на следующий вопрос:

"Способна ли цепь поставок вернуться в плановое (штатное) состояние или оставаться в пределах определенной области допустимых отклонений на некотором интервале времени в случае отклонения от планового состояния под воздействием на нее различных возмущающих факторов нецеленаправленного характера?»

[4] Вот почему классические методы анализа надежности технических систем не могут быть использованы применительно к цепям поставок без их определенной модификации.

Понятие устойчивости в теории систем играет фундаментальную роль.[5] Однако смысл свойства системы, определяемого как *устойчивость*, различен для систем различного класса, методов и целей системногт анализа.

Так, например, в BIBO-устойчивости (или устойчивости в малом по Ляпунову), этот смысл состоит в том, что реакция системы на ограниченные по величине входные воздействия (как контролируемые, так и не контролируемые) оказывается также ограниченной. В этом случае говорят, что система устойчива (точнее, устойчива относительно данного класса "возмущающих" входных воздействий). Если же реакция системы оказывается неограниченной, то систему называют неустойчивой [44, 46, 50, 81, 82, 86, 127, 160, 174, 187]. Существуют и другие виды устойчивости, например, асимптотическая и экспоненциальная устойчивость, гиперустойчивость (или устойчивость в большом) и др.

Свойство устойчивости оказывается связанным с объемом области возможных управляющих воздействий, расширение которой ведет к повышению устойчивости. Однако при кардинальных изменениях этой области система становится уже другой, приобретает новые свойства и параметры и, следовательно, другие области устойчивости. Подобное изменение системы можно отразить в виде скачкообразного изменения ее траектории в пространстве состояний.

Такое поведение исследуется в теории динамических систем с использованием понятия точки бифуркации и соответствующего концептуально иного инструментального аппарата [28, 129, 160]. Отсюда следует, что анализ динамических свойств цепей поставок должен производиться в предварительно определенных границах изменения структурных параметров и выходных переменных, т.к. на разных участках траектории в пространстве состояний (между точками бифуркаций) цепи поставок, в общем случае, имеет различные динамические свойства.

Устойчивость имеет выраженный динамический характер и непосредственно связана с факторами неопределенности внешней и внутренней среды. Устойчивость характеризует способность системы возвращаться в исходное состояние и оставаться в допустимых границах функционирования при воздействии возмущающих факторов на определенном интервале времени. Если система не возвращается в допусти-

[5] В данном параграфе использованы материалы проф., д.т.н. А.В. Архипова

мые границы функционирования в течение заданного интервала времени, то говорят, что система потеряла устойчивость. При этом важно подчеркнуть, что устойчивость системы всегда определяется по отношению к *определенным классам возмущений*.

Устойчивость процесса управления сложным объектом — сложное многогранное явление, зависящее от многих особенностей. Измерить или как-то отразить лишь одной характеристикой сложно и не всегда удобно для практического применения. Классическая теория выделила следующие основные направления оценки устойчивости: момент первого выхода, степень устойчивости, запас и область устойчивости. Каждое из них применяется для выбора уже конкретных показателей устойчивости управления сложным объектом.

Момент первого выхода определяет период времени, в течение которого впервые после возникновения возмущения нарушается условие устойчивости. Применительно к данному понятию конкретными показателями могут быть вероятностно-временные характеристики, позволяющие определять значение времени, при котором произойдет нарушение условия устойчивости.

Степень устойчивости управления устанавливает количество и характеристики возмущающих воздействий, которые способна «выдержать» система, не теряя устойчивости. Конкретные показатели — уровень или значение воздействий, выдерживаемых системой или ее элементами, число воздействий по ним, которое она выдерживает до полной утраты свойства устойчивости и др. При этом степень устойчивости управления будет существенно зависеть и от решаемых задач управления.

Запас устойчивости определяется резервом ресурсов, выделяемым для нейтрализации возмущающих воздействий. В качестве показателей могут выступать величина ресурса (временного, людского, энергетического, информационного и др.), предоставляемого для поддержки условия устойчивости.

Область устойчивости определяет множество значений невозмущаемых параметров, при которых соблюдается ее свойство. Конкретными показателями могут являться выбранные параметры системы управления, которые считаются невозмущаемыми, а процесс управления (функционирования системы) считается устойчивым. Данные показатели позволяют предъявлять требования по выполнению свойства устойчивости. Построение указанных областей необходимо для анализа и

синтеза систем управления сложным объектом. При синтезе выбираются значения параметров системы, принадлежащие области устойчивости. При анализе можно делать вывод о поведении системы или процесса управления в реальных условиях. Конкретные же численные значения приведенных показателей целесообразно называть уровнями устойчивости.

Одним из основных аспектов анализа устойчивости является анализ возникающих *колебаний в цепях поставок*. Как правило, выделяют три основных класса колебаний: затухающие колебания, циклические колебания и хаотические колебания [160].

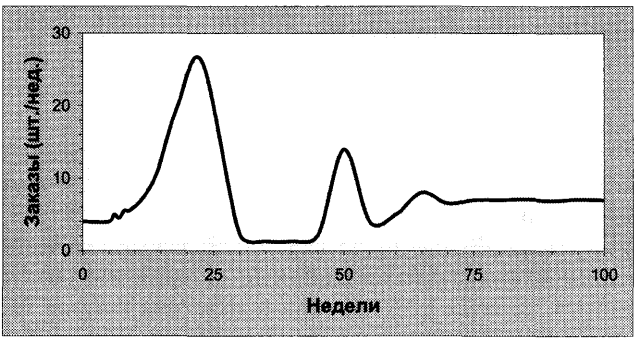


Рис. 15.7. Затухающие колебания

Если система после возмущающего воздействия проявляет определенное колебание, а затем возвращается в исходное состояние и не колеблется, то говорят о *затухающих колебаниях* (рис. 15.7). Классическим примером данного вида колебаний является маятник. Применительно системам, проявляющим подобное поведение, говорят о свойстве *локальной устойчивости*. Наряду с локально устойчивыми системами существуют также множество систем, равновесное состояние которых является локально неустойчивым, т.е. система постоянно отклоняется от точки равновесия под воздействием даже самых незначительных колебаний.

Примером может служить мяч, находящийся на пике холма. Даже незначительный толчок или дуновение ветра выведут подобную систему из равновесия. Тем не менее, система, являющаяся локально неустойчивой, может быть глобально устойчивой, т.е. траектории ее движения имеют определенные границы (данный вид колебаний принято называть

циклическими). Мяч, падающий с вершины холма, будет двигаться не в бесконечность, а придет в нижнюю точку у подножия холма.

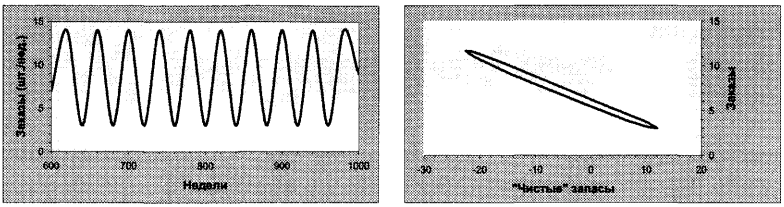


Рис. 15.8. Циклические колебания [160]

В отличие от циклических колебаний, *хаотические колебания* не имеют четко выраженных периодов колебаний. Движение хаотических систем не повторяется и описывается множеством различных орбит, формирующихся рядом с "точкой притяжения" (аттрактором). Поведение хаотических систем является чувствительным к начальным условиям и трудно прогнозируемо.

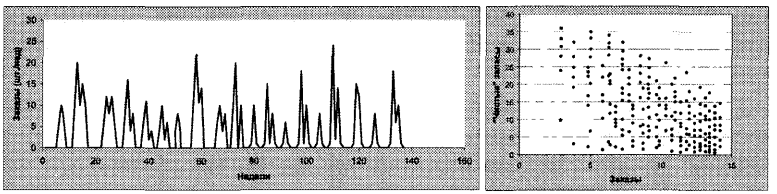


Рис. 15.9. Хаотические колебания [160]

Анализ устойчивости ЦП осуществляется на некотором конечном интервале времени, т.к. воздействие возмущающих факторов и проявление их последствий на функционирование цепи поставок имеет определенные временные лаги. Состояние же ЦП на определенный момент времени можно характеризовать с помощью специальной шкалы в терминах нечеткой логики, например (стабильное, относительно стабильное, опасное). Примером опасного состояния является такая ситуация (зона опасности), при которой совокупность внешних и внутренних факторов функционирования цепи поставок такова, что любое малое возмущение может привести к выводу ЦП из равновесия. На рис. 15.10 представлены основные аспекты анализа устойчивости цепи поставок.

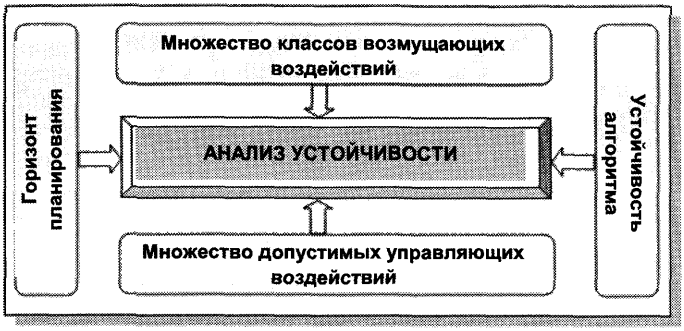


Рис. 15.10. Основные аспекты анализа устойчивости цепей поставок

Анализ устойчивости особенно необходим в тех случаях, когда невозможно построение стохастических моделей факторов риска. Анализ устойчивости позволяет выбирать план с требуемой гарантией выполнения, определять узкие места в плане и меры по их усилению, а также разрабатывать сценарии поддержки принятия оперативных решений по реконфигурированию цепей поставок на основе анализа ключевых показателей выполнения работ и допустимых отклонений параметров плана.

Устойчивость может быть рассмотрена как дополнительная категория и индикатор для планирования и оперативного цепи поставок. Привлечение данного аппарата в модели управления цепями поставок, помимо развития теоретических основ, имеет и *практическое значение*, в частности: повышение качества и точности планирования и управления; поддержка принятия решений менеджментом на уровнях целеполагания, планирования, мониторинга и регулирования цепей поставок; комплексный анализ деятельности цепей поставок, прогнозирование и выработка стратегических, тактических и оперативных решений.

Комплексный учет факторов неопределенности с использованием анализа устойчивости позволяет повысить качество моделей управления цепи поставок за счет адекватного отображения свойств и параметров внешней и внутренней среды цепи поставок. Кроме того, использование данного аппарата предоставляет дополнительные возможности для анализа и прогнозирования процессов в цепях поставок, а также повышения качества выработки управляющих воздействий в условиях неопределенности.

Так, например, цепь поставок может закончить выполнение заказа клиента в соответствии с требуемыми параметрами, но в процессе выполнения возникала постоянная необходимость в перепланировании вследствие различных отклонений. Анализ выполнения работ в цепях поставок с использованием рассмотренного выше аппарата может помочь вскрыть причины этих отклонений, провести анализ сделанных управляющих воздействий и их влияния на цепь поставок. Данные подобного анализа, могут быть учтены при проектировании последующих цепей поставок (прогнозировании). Подобный анализ может проводиться и в процессе функционирования цепи поставок. На его основе появляются возможности улучшения планов и управляющих воздействий уже по ходу выполнения работ, а также структурной и параметрической адаптации моделей планирования и управления с учетом изменений условий функционирования цепей поставок.

15.4.5. Устойчивость цепи поставок (в широкой интерпретации)

Устойчивость цепи поставок (в широкой интерпретации) – это комплексное свойство цепи поставок, характеризующее способность цепи поставок сохранять, реализовывать и восстанавливать свойственные цепи поставок целевые возможности в условиях воздействия возмущающих факторов целенаправленного и нецеленаправленного характера. В такой трактовке устойчивость является ключевым свойством обеспечения достижимости запланированных значений показателей экономической эффективности управления цепями поставок.

Данная идея основана на глобальной устойчивости по Ляпунову, согласно которой нам не заданы *a priori* некоторые статистические свойства неопределенностей, а допускаются лишь некоторые ограничения неопределенности в динамике, в параметрах системы и в самих управляющих воздействиях. В такой постановке глобальную устойчивость можно рассматривать как свойство поведения системы, которое должно сохраняться вопреки внешним воздействиям за счет управления по законам обратной связи. Такой подход позволяет говорить об *управляемой адаптации*, т.е. достижения желаемых свойств устойчивости системы в динамике за счет введения подходящих адаптивных управляющих воздействий [28].

Глобальную устойчивость можно рассматривать как свойство поведения цепи поставок, которое должно сохраняться вопреки внешним воздействиям за счет управления по законам обратной связи. Такой подход позволяет говорить об *управляемой адаптации*, т.е. достижения желаемых свойств устойчивости цепи поставок в динамике за счет введения подходящих адаптивных управляющих воздействий.

Учитывая проблему неопределенности и риска, необходимо рассматривать не только потенциальную эффективность управляющих воздействий, но и возмущающие воздействия и, что самое главное, соответствие уровня возмущающих и управляющих воздействий. Последний аспект может быть сформулирован в виде следующего вывода:

Теорема. Устойчивость цепи поставок определяется балансом возмущающих и управляющих воздействий в каждый момент времени в динамике функционирования цепей поставок.

Вербальным доказательством данной теоремы может служить проведенный выше анализ основных свойств цепи поставок в концепции STREAM, а также взаимосвязь этих свойств, которая будет представлена в параграфе 15.4.6. Формальное доказательство будет представлено на основе модели анализа устойчивости цепи поставок в параграфе 16.4.

Устойчивость цепи поставок определяется совокупностью вербально описываемых свойств цепи поставок как бизнес-процесса и теоретико-атрибутных свойств цепи поставок как сложной системы (см. таблицу 3.6).

На основе анализа литературы мы предложили различать четыре свойства цепи поставок как бизнес-процесса (безопасность (security), повреждаемость (vulnerability), надежность (reliability) и гибкость (flexibility)) и соответствующие им четыре теоретико-атрибутных свойств цепи поставок как сложной системы (живучесть (resilience), устойчивость (в узкой интерпретации; BIBO-stability), робастность (robustness) и адаптивность (adaptability)). Взаимосвязь данных свойств способна давать целостную картину о различных аспектах возмущающих воздействий (целенаправленных и нецеленаправленных) и управляющих воздействий (при планировании и при адаптации) в цепи поставок.

15.4.6 Взаимосвязь свойств

В начале представим общую концептуальную схему взаимосвязи основных свойств цепей поставок в концепции STREAM (рис. 15.11).

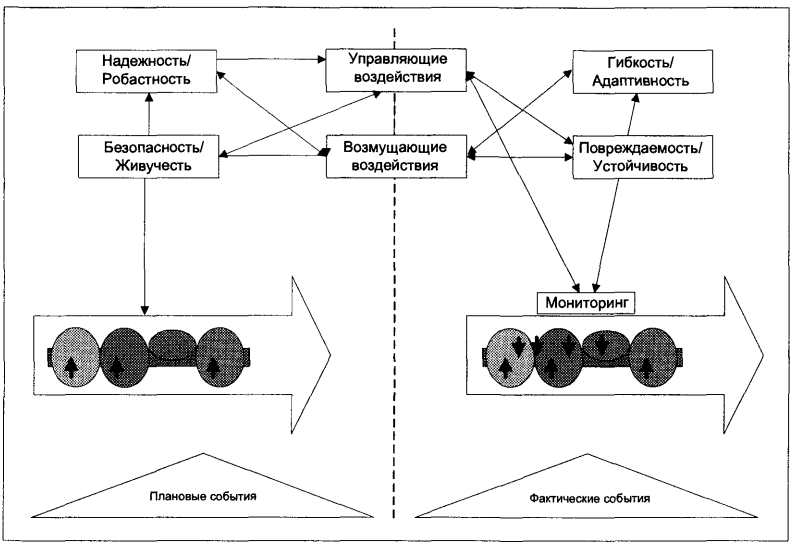


Рис. 15.11. Общая концептуальная схема концепции STREAM

В основу концептуальной модели STREAM положена динамическая операционно-событийная интерпретация планов и фактической реализации процессов в цепях поставок. Все операции цепи поставок, как в плане, так и по факту характеризуются определенными событиями. На этапе планирования оцениваются возможные риски, определяются места цепи поставок, где могут потенциально произойти нарушения (так называемые «узкие места»). Таким образом анализируются безопасность и повреждаемость цепей поставок. После получения такой картины определяются возможные варианты реакции на эти отклонения и при необходимости принимаются решения об усилении как «узких мест» цепей поставок, так и других ее участков. На этом этапе формируется множество управляющих воздействий, направленных на обеспечение надежности и гибкости цепей поставок.

Наличие встроенных в контур управления механизмов, содержащих элементы персоналистической неопределенности (субъективизма),

принципиально отличает цепь поставок от физической системы (по крайней мере, в рамках классической физической теории). Этим объясняется необходимость некоторого расширения для управления цепями поставок понятия устойчивости. Если в физической системе устойчивость определяется исключительно внутренними характеристиками (параметрами) при некоторых предварительно принятых ограничениях и возмущающих воздействиях, то в цепях поставок именно композиция организационно-технологических параметров, характеристик управляющих блоков и возмущающих воздействий определяет свойство устойчивости.

Именно от нахождения правильного баланса управляющих воздействий в соответствии с прогнозируемыми возмущающими воздействиями зависит устойчивость цепи поставок и достижение запланированных значений показателей экономической эффективности!

В результате анализа устойчивости формируется множество альтернативных цепей поставок с разными показателями экономической эффективности, затрат на обеспечение устойчивости и различными возможностями положительного протекания и исхода событий в цепи поставок. Далее анализируются возможные сценарии возмущающих воздействий и действий менеджеров в случае возникновения ситуаций риска (меры адаптации[6]) и определяется устойчивость цепи поставок, а также частные характеристики робастности и адаптивности. В зависимости от стратегии управления цепью поставок, выбирается такой цепи поставок, характеристики которого (экономическая эффективность, надежность, гибкость, безопасность и повреждаемость) соответствуют индивидуальному восприятию менеджерами риска.

На этапе выполнения работ в цепи поставок запланированные события оцениваются ответственными менеджерами, диспетчерами или операторами на их соответствие плану (в определенные интервалы времени на основе данных информационных систем), в случае отклонений происходит оценка устойчивости цепи поставок, выработка необходимых управляющих воздействий и оценка живучести и устойчивости цепи поставок до и после их осуществления. Применение одинакового инст-

---

[6] Еще раз обратим внимание на разницу в понятиях «адаптация» и «адаптивность». Адаптация может осуществляться и с использованием запланированной системы резервирования, в то время как адаптивность характеризует способность цепи поставок находить новые (незапланированные) решения непосредственно в процессе реализации процессов цепей поставок.

рументария анализа и диагностики цепей поставок, как на этапе планирования, так и на этапе оперативного управления позволяет в определенной степени решить проблему непредсказуемых событий в процессе выполнения работ в цепи поставок на основе параметрического анализа устойчивости (см. параграф 15.6.1, шаг 5). Это потенциально позволяет повысить эффективность оперативного управления цепями поставок, сократив время на анализ отклонений и принятие решений, снизив затраты на адаптацию цепей поставок и повысив ее действенность.

Ключевым в модели STREAM является вопрос, каким образом определить необходимые меры адаптации в соответствии с возникшими нарушениями. Основой для данного анализа являются:

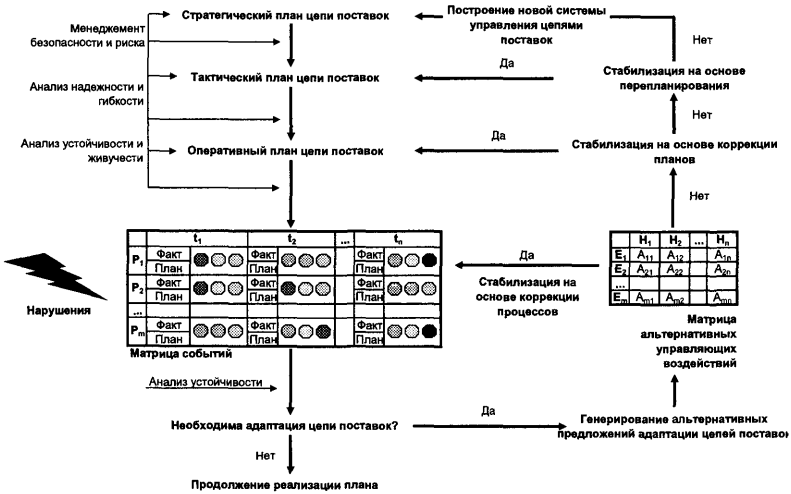
- Определенные на этапе планирования сценарии действия в случае возникновения риска (на основе методов менеджемента риска);
- Результаты анализа устойчивости (в узкой интерпретации) цепей поставок, на основе которого определяются различные зоны отклонения параметров операций цепей поставок от их плановых значений и влияние этих отклонений на целевые показатели цепи поставок;
- Результаты анализа устойчивости (в широкой интерпретации) цепей поставок, на основе которого определяется возможность достижения целей цепи поставок в складывающейся обстановке.

Подготовка альтернативных предложений по мерам адаптации различным менеджерам и диспетчерам цепи поставок осуществляется на основе соотнесения текущей ситуации сценариям риска и результатам анализа устойчивости цепей поставок.

В следующих параграфах рассмотрим более подробно применение концепции STREAM для этапов планирования и выполнения работ в цепи поставок.

15.5. Общая логическая схема принятия решений о выборе конфигурации и об устранении нарушений (адаптации) цепи поставок

Общая логическая схема планирования, анализа, диагностики и регулирования цепей поставок в концепции STREAM представлена на рис. 15.12.



Комментарии: Матрицы событий и альтернативных управляющих воздействий для наглядности представлены в статичной двухмерной форме. В реальности это динамические многомерные матрицы.
$H_1...H_n$ - места принятия решений в цепи поставок (менеджеры, диспетчеры, операторы).
$P_1...P_m$ - параметры цепи поставок

Рис. 15.12. Общая логическая схема анализа, диагностики и регулирования цепей поставок в методологии STREAM

На рис. 15.12 показана комплексная логическая схема анализа, диагностики и регулирования цепей поставок, основанная на взаимосвязи анализа рисков, устойчивости, робастности, живучести и многоуровневой адаптации (системе управленческих воздействий), соответствующей уровню нарушений (возмущающих воздействий). Подробные комментарии к отдельным элементам и понятиям этой схемы были даны выше в данном параграфе.

Ниже рассмотрим подробно пошаговые алгоритмы (логические схемы) принятия решений по управлению цепями поставок для этапов планирования и выполнения работ в цепи поставок.

15.5.1. Общая логическая схема принятия решений о выборе конфигурации цепи поставок с учетом факторов неопределенности

Рассмотрим общую логическую схема принятия решений о выборе конфигурации цепи поставок с учетом факторов неопределенности. Она состоит из 10 шагов, которые будут рассмотрены ниже.

Шаг 1. Анализ неопределенности и идентификация рисков. На первом шаге ЛПР (лицо принимающее решение) комплексно анализирует неопределенность и идентифицирует риски (см. параграф 3.1).

Шаг 2. Анализ рисков в цепи поставок. На этом этапе происходит связывание идентифицированных рисков с конкретными участками и событиями в цепи поставок, определяется влияние риска на цепь поставок, в особенности на ключевые операции в цепи поставок, происходит определение «узких» (критических) мест в цепи поставок. Данный анализ может проводиться на основе экспертных методов и с привлечением аппарата теории чувствительности систем.

Шаг 3. Выработка сценариев действий менеджеров в случае нарушений в цепях поставок. На данном этапе выявленным «узким местам» цепи поставок и потенциальным возмущающим воздействиям (D) соотносятся определенные управляющие воздействия (A). Вырабатываются сценарии действий менеджеров (например, в виде EMP – (Event Management Plan) планов). Результаты выполнения первых трех шагов можно представить в виде матрицы (см. рис. 15.13).

	t_1		t_2		...	t_n	
D_1	A1 A3	●○○	A4 A11	●●○		A34 A21	●○●
D_2	A2 A1	●○○	A3 A8	●○○		A14 A21	●●○
...							
D_n	A4 A6	●●○	A5 A9	●○●		A5 A8	●○●

Рис. 15.13. Матрица соответствия возмущающих и управляющих воздействий в динамике цепи поставок

Шаг 4. Внесение избыточности для усиления цепи поставок. Данный этап предназначен для создания определенных резервов (страховых запасов, резервных каналов, пула альтернативных поставщиков, системы информационной координации, формирования множества неокончательных решений, например, отложенная дифференциация продукции или метод «скользящего» планирования) для усиления надежности и/или создания адаптивности цепи поставок, особенно ее «узких» мест и ключевых операций. Эмпирически строятся различные варианты цепей поставок с разным уровнем избыточности, каждый из которых оценивается на следующем этапе.

Шаг 5. Анализ устойчивости планов цепи поставок. На данном этапе происходит оценка различных вариантов цепей поставок с разным уровнем избыточности под воздействием разных уровней возмущающих воздействий.

Анализ устойчивости позволяет определить допустимые границы отклонения параметров выполнения работ в цепи поставок исходя из критериев влияния этих отклонений на целевые критерии и на возможность возвращения цепи поставок в плановое (или желаемое) состояние после нарушения. В результате такого анализа определяются несколько зон устойчивости, каждой из которых соответствует определенный уровень необходимых управляющих воздействий. Данная идея представлена на рис. 15.14.

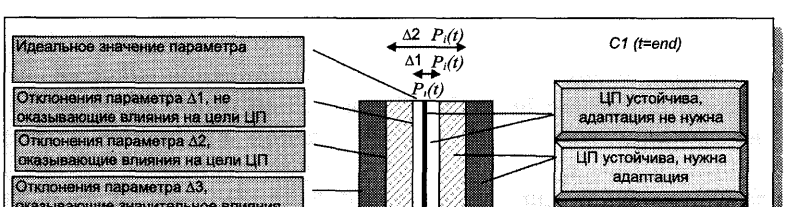


Рис. 15.14. Параметрический анализ устойчивости цепи поставок

На рис. 15.14 представлен фрагмент такого анализа на примере одного параметра Δp_i и одной цели $C\ (t=end) = \{c_1, \ldots, c_c\}$. Различные откло-

нения $\Delta_{1...}\Delta_4$ от идеального значения параметра $p_i(t)$ соответствуют трем крайним классам возможных состояний цепи поставок:

- цепь поставок устойчива, адаптация не нужна (отклонение Δ_1),
- цепь поставок устойчива, нужна адаптация (отклонения Δ_2 и Δ_3)
- и цепь поставок неустойчива (отклонение Δ_4 – цель ЦП не может быть достигнута в складывающейся обстановке с учетом множества допустимых управляющих воздействий и на рассматриваемом горизонте времени).

Внутри класса отклонений Δ_2 и Δ_3 возможны различные варианты адаптации цепей поставок (см. рис. 15.5 и таблицу 15.2).

Представленная выше аналитическая детерминированная модель может быть использована лишь для простых случаев с минимальным количеством целей и возмущений. На практике управления цепями поставок мы имеем дело со сложными динамическими системами, многокритериальностью, одновременными нарушениями на многих операциях многих заказов и недетерминированными данными. Поэтому необходима разработка методов, позволяющих оценивать устойчивость цепей поставок в реальных условиях. Один из подобных подходов будет представлен в параграфе 16.4.

Результаты выполнения шага 5 можно представить в виде матрицы (см. рис. 15.15).

	t_1		t_2		...	t_n	
P_1	A1 A3	●○○	A4 A11	●○○		A34 A21	○○●
P_2	A2 A1	●○○	A3 A8	●○○		A14 A21	○○○
...							
Pm	A4 A6	○○○	A5 A9	○○●		A5 A8	○○●

Рис. 15.15. Матрица соответствия параметрических отклонений и управляющих воздействий в динамике цепи поставок[7]

В отличие от матрицы, представленной на рис. 15.11 и характеризующей запланированные (предсказуемые) события, анализ устойчивости позволяет решить проблему непредсказуемых событий. В данном

[7] Для наглядности матрицы на рис. 15.12 и 15.15 представлены в статичной двухкоординатной системе. На практике, это динамические многомерные матрицы.

случае нам не важно, что вызвало отклонение, важно то, что мы в состоянии оценить влияние отклонения параметров операций цепи поставок вследствие возникшего нарушения. Далее эти отклонения могут быть соотнесены с ранее определенными допустимыми значениями отклонений параметров, вычисленных для других «запланированных» событий и принять соответствующие меры адаптации. Это позволяет существенно повысит эффективность управления цепями поставок, снизить затраты на адаптацию цепей поставок и повысить ее действенность.

Шаг 6. Оценка затрат на внесение избыточности и ликвидацию нарушений. На данном этапе происходит стоимостная оценка различных мер по резервированию, адаптивности и адаптации цепей поставок (см. рис. 15.16).

	Надежность ЦП		Гибкость ЦП		Адаптация ЦП		Процессы ЦП	Общие затраты
ЦП №1	Резерв 1	Затраты	Адаптация 1	Затраты	Регулирование 1	Затраты	ТСО-затраты	Общие затраты 1
	Резерв 2		Адаптация 2		Регулирование 2			
ЦП №2	Резерв 1	Затраты	Адаптация 1	Затраты	Регулирование 1	Затраты	ТСО-затраты	Общие затраты 2
	Резерв 2		Адаптация 2		Регулирование 2			
...								
ЦП №M	Резерв 1	Затраты	Адаптация 1	Затраты	Регулирование 1	Затраты	ТСО-затраты	Общие затраты M
	Резерв 2		Адаптация 2		Регулирование 2			

Рис. 15.16. Стоимостная оценка устойчивости цепей поставок

В результате формируется блок затрат на обеспечение устойчивости цепей поставок, который вместе с затратами, рассчитанными по методике ТСО, составляет базу для оценки совокупных затрат в цепи поставок. На основе экспертных методов происходит отсеивание части альтернативных планов, рассмотренных на этапе 5 (например, вследствие нереалистичных затрат на обеспечение устойчивости или планов с неприемлемо низким уровнем устойчивости).

Шаг 7. Формирование множества альтернативных планов цепей поставок. На данном этапе формируется множество альтернативных планов цепей поставок, полученных после выполнения шага 6.

Шаг 8. Окончательный анализ устойчивости планов цепи поставок. То же, что шаг 5, но на суженном множестве альтернативных планов и с учетом оценки затрат в цепи поставок.

Шаг 9. Получение и анализ результатов по оценке уровня экономической эффективности и безопасности цепей поставок. Данный этап состоит в анализе сформированный на шаге 8 совокупности рас-

сматриваемых альтернативных планов относительно уровня экономической эффективности и устойчивости цепей поставок. Результаты представляются в виде следующей таблицы (см. таблицу 15.3).

Таблица 15.3.

Анализ альтернативных планов цепей поставок

	Доход	Затраты	Прибыль	Устойчивость	Прибыль в худшем случае
ЦП №1	D1	C1	M1	ST1	M1#
ЦП №2	D2	C2	M2	ST2	M2#
...					
ЦП №M	Dm	Cm	Mm	ST3	M3#

Каждая из оцениваемых альтернативных конфигураций цепей поставок в итоге характеризуется определенными показателями доходности, затрат и устойчивости и прибыли в худшем случае (т.е. при одновременном наступлении всех негативных событий, принятых в рассмотрение; данный показатель определяется на основе отношения устойчивости и доходности цепи поставок, см. числовой пример в § 18.6).

В таблице 15.3 представлен фрагмент общего результата работы модели. Этот фрагмент является отображением одного сценария возмущающих воздействий и одного комплекса доступных управляющих воздействий. Реально мы можем комплексно рассматривать несколько сценариев (см. таблицу 15.4).

Данная таблица дает полную картину о всех рассмотренных вариантах планирования цепей поставок относительно различных структур цепей поставок, сценариев возмущающих воздействий и области допустимых управляющих воздействий (УВ). Она служит основой выбора окончательной конфигурации и планов цепей поставок.

Шаг 10. Выбор окончательной конфигурации и планов цепи поставок. На данном этапе, на основе индивидуальных предпочтений и уровня восприятия риска, менеджер принимает решение об окончательном выборе конфигурации и планов цепи поставок.

Таблица 15.4.

Комплексный анализ альтернативных планов цепей поставок

	Возм. воздействие 1			Возм. воздействие 2			Возм. воздействие 3		
	УВ 1	УВ 2	УВ 3	УВ 1	УВ 2	УВ 3	УВ 1	УВ 2	УВ 3
ЦП №1	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход
	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты
	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть
ЦП №2	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход
	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты
	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть
ЦП №3	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход	Доход
	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты	Затраты
	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть	Уст-сть

15.5.2. Общая логическая схема принятия решений об устранении нарушений (адаптации) в цепях поставок

На этапе реализации работ в цепях поставок осуществляется мониторинг и регулирование цепей поставок. Происходит сбор первичной информации о движении и сохранности поставок на основе различных датчиков (например, RFID или штрих-коды). Эти актуальные данные передаются на уровень аналитических информационных систем. Там происходит начальная обработка информации, ее анализ относительно соответствия планам и оповещение участников о возможных отклонениях на основе системы мониторинга цепей поставок. Эти данные передаются на процессный уровень, где на основе метода управления событиями вырабатываются управляющие воздействия по компенсации и устранению возникших отклонений.

Рассмотрим общую логическую схему принятия решений об устранении нарушений (адаптации) в цепях поставок.

Шаг 1. Анализ соответствия фактических и плановых показателей. На данном этапе осуществляется сопоставление фактических значений параметров и целей выполнения работ запланированным (см. рис. 15.12).

Каждый элемент матрицы – это характеристика событий в определенный момент времени. В левой части элементов матрицы представлены соответственно значения фактических и плановых показателей, а в правой - результат сравнения этих значений с точки зрения обеспечения устойчивости и живучести цепи поставок, рассчитанный на основе моделей и алгоритмов анализа устойчивости. Данная матрица представляет собой ни что иное, как монитор цепи поставок, дающий комплексное представление о реакции различных участков цепи поставок на возмущающие воздействия. На основе анализа этой матрицы рассчитывается устойчивость цепи поставок и анализируется ее живучесть, робастность и адаптивность. Если возникшие отклонения в совокупности не приводят к потере робастности, адаптивности, живучести и цепь поставок сохраняет устойчивое состояние, то необходимости в корректирующих управляющих воздействиях нет. В противном случае необходим переход к шагу 2.

Шаг 2. Оповещение менеджеров о необходимости принятия регулирующих решений. В случае, если возмущающие воздействия приводят к потере живучести и цепь поставок теряет устойчивое состояние, необходимы регулирующие управляющие воздействия (см. матрицу управляющих воздействий на рис. 15.12).

На основе данных фактического анализа устойчивости и запланированных сценариев восстановления живучести цепей поставок менеджерам предлагается определенный набор действий по восстановлению планового (или желаемого) хода событий.

Шаг 3. Принятие решений по адаптации цепей поставок. Принятие оперативных решений основано на системном сопоставлении различных видов управляющих воздействий различным уровням отклонений параметров цепей поставок, полученных на основе анализа устойчивости. Иными словами, для анализа живучести цепей поставок предлагается методика интеграции концепции адаптации цепей поставок и анализа устойчивости (см. рис. 15.17).

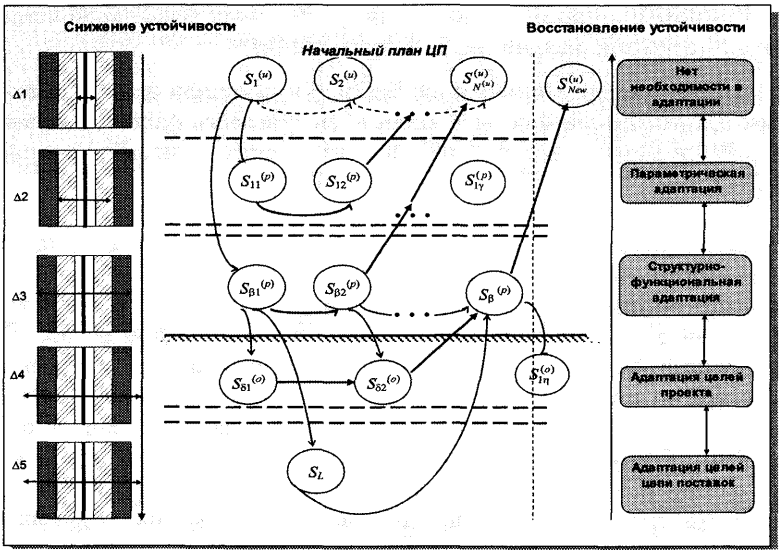


Рис. 15.17. Интегрированная схема анализа живучести цепи поставок на основе анализа устойчивости и адаптации [96, 284]

На рис. 15.17 представлены различные варианты уровня робастности цепей поставок, связанные с переходами цепей поставок из планового состояния $S_1^{(u)}$ в другие состояния вследствие воздействия возмущающих факторов, которые вызывают отклонения параметров Δp_i и снижение устойчивости цепей поставок относительно достижимости конечных целей $C\ (t=end) = \{c_1, \ldots, c_c\}$. Предложенная интегрированная схема реконфигурирования цепей поставок позволяет определить уровень адаптации цепей поставок исходя из результатов анализа устойчивости цепей поставок. Комплексная схема оперативного управления цепями поставок на основе интеграции концепции адаптации и анализа устойчивости цепей поставок представлена на рис. 15.18.

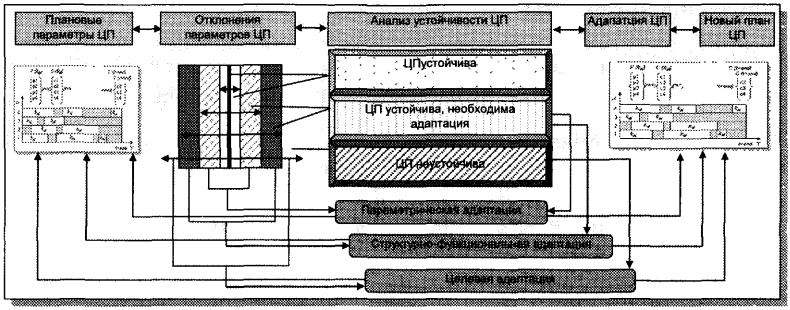


Рис. 15.18. Схема оперативного управления цепью поставок на основе интеграции концепции адаптации и анализа устойчивости цепи поставок [93]

Контур управления параметрической адаптации цепи поставок используется в случае, когда устранение выявленных в результате мониторинга отклонений в функционировании цепи поставок возможно путем корректировки некоторых параметров функционирования цепи поставок (например, сроков поставки, уровня запасов и т.д.). В случае невозможности корректировки цепи поставок путем параметрических изменений необходимо осуществить соответствующие структурные преобразования (контур структурной адаптация цепи поставок). Данный этап ставит более высокие требования к информационным системам поддержки принятия решений и требует комплексного анализа проблемы в тесном взаимодействии затронутых участников цепи поставок. Если структурно-функциональная адаптация не приносит желаемого эффекта, необходимо регулирование путем корректировки целевых параметров (например, сроков окончания проекта, уровня затрат и т.д.) на основе контура целевой адаптации.

Примеры оперативного управления цепями поставок будут рассмотрены в параграфе 18.2.

Контрольные вопросы

1. Какие методы позволяют проводить анализ цепей поставок относительно влияния неопределенности на цепи поставок?

   a) Анализ устойчивости
   b) Анализ надежности технических систем
   c) Анализ чувствительности
   d) Анализ временных рядов

2. К отличительным особенностям цепей поставок как объекта анализа с точки зрения влияния неопределенности относятся:

   a) Автоматическое выполнение функций управления
   b) Человеческий фактор принятия решений
   c) Управленческие воздействия менеджеров
   d) Управленческие воздействия, принимаемые автоматическими системами

3. Для ответа на вопрос о способности ЦП вернуться в плановое состояние после возникновения колебаний используется:

   a) Онтологический анализ
   b) Анализ надежности
   c) Анализ чувствительности
   d) Анализ устойчивости

4. При анализе устойчивости ЦП необходимо учитывать:

   a) Горизонт планирования
   b) Множество возмущающих воздействий
   c) Множество управляющих воздействий
   d) Активность элементов цепи поставок

5. В случае возникновения отклонений в цепи поставок необходимо определить:

   a) Возможность сохранения устойчивости ЦП
   b) Меры по адаптации цепи поставок
   c) Возможность выполнения плана цепи поставок в соответствии с заданными показателями эффективности
   d) Возможность продолжения выполнения работ в ЦП

В каждом большом деле всегда приходится
какую-то часть оставить на долю случая.

Наполеон I

Глава 16. Методы принятия решений по управлению цепями поставок в условиях неопределенности (методология MARINA)

В данной главе представлена методология MARINA (Methodology of Analysis, Reconfiguration, and Integrated Network Adjustment – методология анализа, реконфигурирования и интегрированного улучшения сетей), которая представляет собой совокупность взаимосвязанных методов и моделей управления цепями поставок в условиях неопределенности [73]. Эта глава развивает материал предыдущей главы, акцентируя внимание на методах и моделях учета неопределенности. Основное внимание уделено рассмотрению следующих вопросов:

- Как осуществить взаимосвязь основных методов принятия решений по управлению цепями поставок в условиях неопределенности
- Как организовать функционирование цепей поставок с учетом риска
- На основе каких методов можно осуществить анализ чувствительности цепей поставок
- На основе каких методов можно осуществить анализ устойчивости цепей поставок
- Как адаптировать цепь поставок в случае отклонений и нарушений в ее функционировании.

16.1. Взаимосвязь основных методов принятия решений по управлению цепями поставок в условиях неопределенности

Для анализа основных методов принятия решений в SCM в условиях неопределенности предлагается использовать классификацию задач управления цепями поставок на задачи синтеза плана, анализа плана, анализа реализации плана и корректировки плана (см. рис. 16.1).

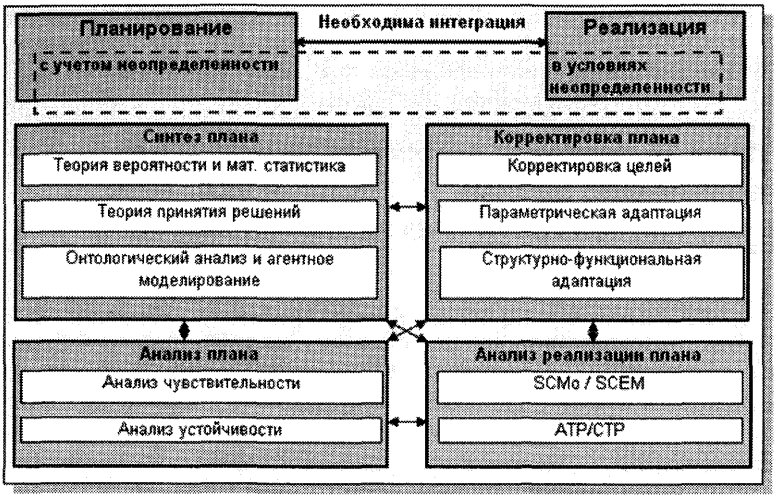


Рис. 16.1. Классификация задач управления цепями поставок и методов учета и анализа неопределенности [73]

К основным методам учета неопределенности на этапе *синтеза плана* цепи поставок следует отнести

- методы теории вероятности и математической статистики, позволяющие прогнозировать различные ситуации, приводящие к риску,
- методы теории принятия решений, позволяющие оценить и выбрать одну из альтернатив реализации процесса,
- онтологический анализ и агентное моделирование, позволяющие учесть неопределенность поведения людей, их знаний и формы представления и передачи информации между людьми.

Методы теории вероятности и математической статистики основаны на формулировании и решение оптимизационных задач, в которых целевая функция и/или ограничения носят вероятностный характер. Эти методы позволяющие прогнозировать различные ситуации, приводящие к риску. Большой задел создан в разделе теории, изучающей вероятностные задачи выбора. В этих задачах предполагается, что альтернативы, предъявленные к выбору, характеризуются одним или несколькими критериями, но значения критериев заданы не точно, как в детерминированных задачах, а являются случайными величинами с известными

законами распределения вероятностей. Этот класс задач изучается в теории стохастического программирования.

С точки зрения математики, для решения задач учета неопределенности при синтезе цепей поставок используются в первую очередь методы стохастической оптимизации, теории принятия решений и робастная оптимизация, которые основаны на снижение влияния возможных колебаний параметров модели на целевые критерии.

В теории принятия решений основные усилия направлены на развитие формальных моделей и методов в виде правил принятия решений и функций полезности для учета и формализации *субъективного* восприятия риска менеджерами. При многоэтапном процессе принятия решения наиболее часто применяются методы графического представления процесса, одним из которых является построение дерева решений. Дерево решений состоит из «решающих» вершин, в которых необходимо принимать решения, и «случайных» вершин, из которых выходят несколько ветвей (ситуаций), характеризующихся определенной вероятностью реализации. Задача поиска оптимального решения сводится к выбору альтернатив, соответствующих одной из ветвей дерева решений. Итоговый результат определяется путем суммирования произведений результатов событий и их вероятностей по всей длине ветви. В качестве примера подобных методов можно привести широко известный метод анализа иерархий.

Наряду с формальной теорией принятия решений, в последнее время развивается *психологическая* теория, которая основана на субъективных представлениях о задачах принятия решений, субъективной оценке полезности возможных исходов и использует субъективные вероятности наступления событий. Исследования, проведённые в рамках данной теории, позволили установить следующие основные особенности поведения людей при принятии решений:

- субъекты, принимающие решения, добиваются различными способами упрощения объективно стоящей задачи, забывая или игнорируя некоторые альтернативы или их последствия;
- субъекты переоценивают вероятности наступления малоправдоподобных событий и одновременно недооценивают вероятности очень правдоподобных событий;
- решения, принимаемые коллегиально, более рискованны, чем индивидуальные решения; чем сильнее у субъекта агрессивные установки

и потребность в доминировании, тем более высокий уровень риска он допускает;

- в задачах, связанных с риском, ЛПР часто выбирает стратегии, максимизирующие субъективно ожидаемую полезность, т.е. определённую линейную комбинацию субъективной вероятности исходов и их полезностей.

Положения психологической теории принятия решений представляются важными для решения задач в системах межфирменной кооперации, так как в них неизбежным является применение данных, полученных экспертным путем и, следовательно, имеющих субъективный характер.

Моделируются данные задачи на основе онтологического анализа, теории игр, теории активных систем или нечеткой логики. Реализация моделей представлена, как правило, в виде мультиагентных систем или сложных адаптивных систем [150, 211, 212, 146, 150, 305]. Онтологический анализ и агентное моделирование предназначены для учета неопределенности поведения людей, их знаний и формы представления и передачи информации между людьми.

Онтологический анализ основан на стремлении к единому и однозначному для всех участников сети описанию информации о продукции, процессах и т.д. Агентное моделирование позволяет учесть неопределенность взаимодействия предприятий, неопределенность их целей, интересов и т.д.

На этапе *анализа плана* цепи поставок необходимо оценить чувствительность плана к возмущающим воздействиям и устойчивость плана. Анализ чувствительности состоит в определении степени влияния отклонения параметров цепи поставок на изменение значений целевых параметров. Анализ устойчивости предназначен для определения возможности и необходимых управляющих воздействий возвращения цепи поставок в плановое состояние после отклонений в результате возмущающих воздействий. Анализ устойчивости будет подробно рассмотрен в следующем параграфе.

На этапе анализа реализации плана и его корректировки широко используются методы мониторинга цепей поставок, проверки доступности продукции и материалов и управления событиями в цепях поставок. Особое внимание следует уделить концепциям SCEM (Supply Chain

Event Management – Управление событиями в цепи поставок) и SCMo (Supply Chain Monitoring)[1].

С помощью метода проверки доступности *(Available To Promise – ATP)* генерируется подтверждение сроков поставки. Эта пересекающаяся с производственным планированием функция получила название *«Capable To Promise – CTP»*. На основе синхронизации проверки доступности с объемами закупок, полученными в результате планирования производственной программы, происходит существенное сокращение времени выполнения заказов. В случае невозможности выполнения заказа в соответствии с требованием клиента по одному или нескольким критериям (срокам поставки, объемам поставки и т.д). Наряду с широким распространением методов мониторинга цепей поставок отметим недостаточную проработанность вопросов регулирования и корректировки планов цепей поставок.

Общая схема учета факторов неопределенности при планировании и оперативном управлении цепями поставок представлена на рис. 16.2.

Для этапа *планирования* разработаны три методики учета факторов неопределенности:

- анализ рисков в цепях поставок,
- анализ устойчивости цепей поставок,
- функториальная связь статических и динамических моделей цепей поставок.

Для этапа *оперативного управления* также разработаны три методики учета факторов неопределенности:

- мониторинг и непрерывное обновление информации о внешней и внутренней средах функционирования цепи поставок,
- система ключевых показателей функционирования цепи поставок,
- система адаптации цепи поставок.

Анализ рисков в цепи поставок предназначен для учета факторов неопределенности, известных на момент планирования (например, на основе стохастических моделей) факторов, анализ устойчивости - для неизвестных на момент планирования факторов (описание которых возможно в лучшем случае в виде интервальных данных), а система

[1] См. главу 12.

адаптации цепи поставок – для факторов, наличие которых проявляется уже в процессе выполнения работ в цепи поставок.

Рассмотрим последовательно три основных методики учета факторов неопределенности при планировании цепи поставок: анализ рисков цепей поставок, анализ устойчивости цепей поставок и функториальную связь статических и динамических моделей цепей поставок.

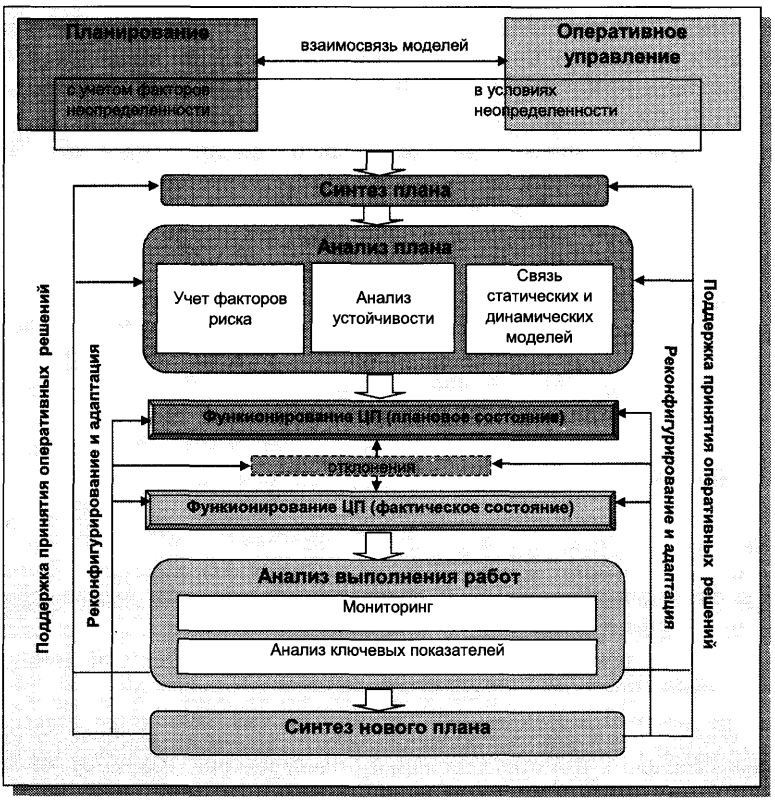


Рис. 16.2. Общая схема учета факторов неопределенности при управлении цепями поставок

16.2. Организация функционирования цепей поставок с учетом риска

Для комплексного анализа рисков в данной работе предлагается использовать следующие основные категории:

- фактор риска,
- источник риска,
- ситуация риска,
- опасная ситуация.

Под фактором риска понимается категория, характеризующая систему на уровне целеполагания (например, невыполнение производственной программы, срыв поставок и т.д.). Источники риска представляют собой определенные события, которые могут привести к возникновению факторов риска. Опасная ситуация характеризует такое состояние системы, при котором высока вероятность возникновения источников риска и их непосредственного воздействия на ЦП. Ситуация риска означает активное воздействие источников риска, приводящее к отклонениям в функционировании ЦП. Общая схема организации функционирования ЦП с учетом факторов риска представлена на рис. 16.3.

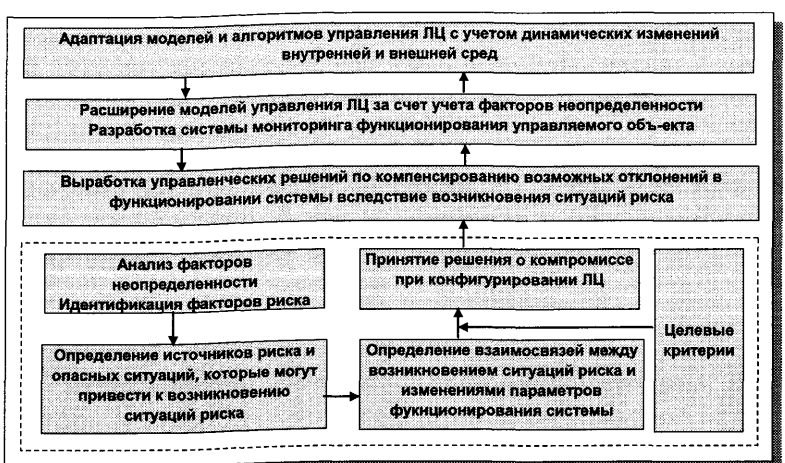


Рис. 16.3. Общая схема организации функционирования цепи поставок с учетом факторов риска

Общая схема организации функционирования системы с учетом факторов риска включает в себя:

- идентификацию факторов риска →
- определение источников риска и опасных ситуаций, которые могут привести к возникновению ситуаций риска →
- определение взаимосвязей между возникновением ситуаций риска и изменениями параметров функционирования системы →
- принятие решения о компромиссе при конфигурировании цепи поставок за счет ухудшения значений одного или нескольких целевых критериев (например, увеличение затрат при сохранении запланированного объема выполнения работ и сроков окончания работ, сокращение объема выполнения работ при сохранении уровня издержек сроков окончания работ, «сдвиг» сроков окончания работ при неизменных затратах и объеме выполнения работ и т.д.) →
- выработку управленческих решений по компенсированию возможных отклонений в функционировании системы вследствие возникновения ситуаций риска, →
- разработку системы мониторинга функционирования цепи поставок.

Можно выделить три группы факторов неопределенности: известные на момент планирования (например, на основе стохастических моделей) факторы, неизвестные на момент планирования факторы (описание которых возможно в лучшем случае в виде интервальных данных) и факторы, наличие которых проявляется уже в процессе выполнения работ в цепи поставок. Концепция управления риском позволяет учесть первую группу факторов, для которых возможно построение стохастических моделей. На практике, построение этих моделей зачастую невозможно вследствие отсутствия или неполноты данных. В связи с этим, необходима разработка дополнительных методов поддержки принятия решений в условиях неопределенности.

16.3. Аналитические методы анализа устойчивости цепей поставок на основе моделей чувствительности

Под *чувствительностью* системы принято понимать зависимость ее свойств от изменений параметров [189, 284]. Совокупность принципов и

методов, связанных с исследованием этого свойства, формирует теорию чувствительности. Стремление к повышению качества планирования и управления цепями поставок требует учёта всего многообразия (комплекса) возмущающих факторов, влияющих на их функционирование. Среди них особое место занимают так называемые параметрические возмущения.

В качестве параметров системы могут выступать внутренние параметры системы (например, уровень запасов, уровень спроса, уровень надежности предприятий и т.д.) и параметры внешней среды (например, рыночные колебания и т.д.). Планирование цепи поставок, как правило, производится при номинальных (расчётных, модельных) значениях параметров. В процессе производства, хранения, транспортировки и эксплуатации параметры в силу ряда причин будут варьироваться («плыть»).

Под влиянием указанных факторов параметры α_0 получат вариации $\Delta\alpha$. При этом изменяются переменные состояния Y и величина показателя качества функционирования системы I

$$Y(t,x) = Y(t,\alpha_0) + \Delta Y(t);$$
$$I(\alpha) = I(\alpha_0) + \Delta I(\alpha) \tag{4}$$

Основными понятиями теории чувствительности являются исходная система, варьированная система, основная траектория движения $Y(t,\alpha_0)$, I_0, дополнительная траектория движения $\Delta Y(t), \Delta I$ w - функции и коэффициенты чувствительности (рис. 16.4).

Наиболее простым и универсальным способом является классический метод конечных разностей. В простейшем виде метод реализуется соотношением:

$$\frac{y_i(t,\alpha_0+\Delta\alpha) - y_i(t,\alpha_0)}{\Delta\alpha} \tag{5}$$

При своей универсальности метод требует значительных затрат машинного времени, обладает ограниченной точностью и не всегда удобен для решения ряда прикладных задач. При наличии математической модели системы выгоднее иногда пользоваться методом моделей чувствительности.

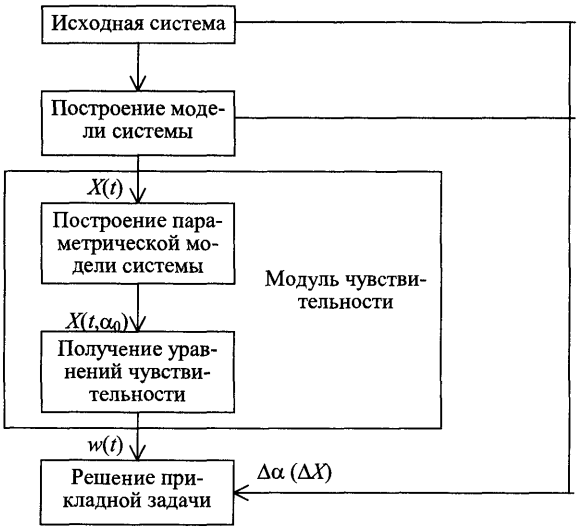


Рис. 16.4. Метод моделей чувствительности [189, 284]

Реализация метода осуществляется в четыре этапа:

- построение модели исходной системы,
- построение параметрической модели исходной системы,
- построение моделей чувствительности и ее реализация с целью получения функций чувствительности,
- использование функций чувствительности для решения задачи.

Кратко остановимся на прикладных задачах теории чувствительности. Обязательным элементом всех прикладных задач являются функции (коэффициенты) чувствительности w, дополнительное движение $\Delta y(t)$, (ΔI) и вариации параметров, причём функции чувствительности задаются (получаются на моделях чувствительности) всегда, а искомыми являются дополнительное движение или вариации параметров. В зависимости от последнего, большинство прикладных задач может быть распределено по трём группам:

- прямые задачи теории чувствительности – по функциям чувствительности и вариациям параметров оценивается дополнительное движение
- обратные задачи теории чувствительности – по функциям чувствительности и дополнительному движению оцениваются вариации параметров
- смешанные задачи теории чувствительности – охватывают задачи, процесс решения которых включает элементы прямых и обратных задач.

К прямым задачам относятся задачи исследования устойчивости, прогнозирования, робастности и параметрической инвариантности цепей поставок. К обратным задачам отнесены задачи идентификации, диагностики и контроля цепей поставок. Типовыми смешанными задачами являются некоторые задачи адаптивного управления, оптимизации, оценки готовности цепи поставок к работе. К прикладным задачам можно отнести и исследование чувствительности вариационных задач и задач линейного программирования.

Рассмотрим следующий вариант задания исходных данных. Выполнение работ в каждой компетенц-единице $k_{\mu j}$ характеризуется набором параметров $P = \{p_{1.....}, p_i\}$(например, потребность, запасы, мощности, затраты). Результат выполнения работ в каждой компетенц-единице $k_{\mu j}$ характеризуется индикаторами – ключевыми показателями контроля выполнения работ в цепи поставок $C = \{c_{1.....}, c_c\}$ (например, вероятность поставки, время производственного цикла, степень покрытия потребности и затраты цепи поставок). Существует также набор показателей $C\ (t=end) = \{c_{1.....}, c_c\}$, которые характеризуют общее выполнение работ в цепи поставок (например, сроки окончания работ и общие затраты цепи поставок).

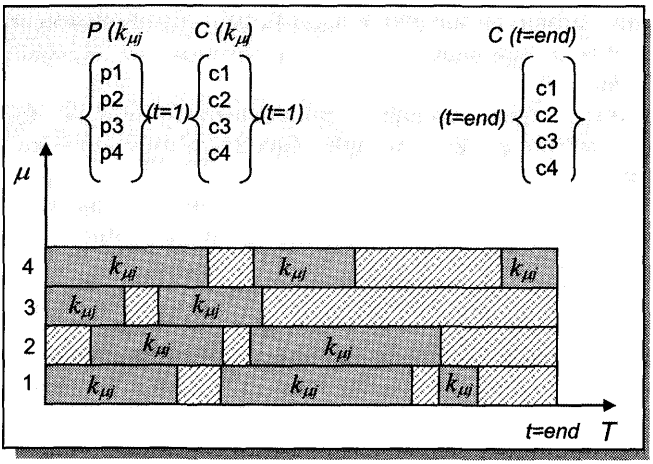


Рис. 16.5. План выполнения работ в цепи поставок

В общем случае, цель анализа устойчивости состоит в исследовании влияния отклонений значений параметров выполнения работ Δp_i в цепи поставок на изменение конечных целей цепи поставок $C\ (t=end) = \{c_{1....}, c_c\}$. В такой постановке, анализ устойчивости позволяет определить допустимые границы отклонения параметров выполнения работ в цепи поставок. Представленная выше аналитическая детерминированная модель может быть использована лишь для простых случаев с минимальным количеством целей и возмущений. На практике управления цепями поставок мы имеем дело со сложными динамическими системами, многокритериальностью и недетерминированными данными. Поэтому необходима разработка методов, позволяющих оценивать устойчивость цепей поставок в реальных условиях. Один из подобных подходов представлен в следующем параграфе.

16.4. Динамический многокритериальный анализ устойчивости на основе областей достижимости[2]

Представленная в данном параграфе модель направлена на непосредственную связь задачи оценивания и анализа устойчивости бизнес-процессов с задачами оценивания и анализа их экономической эффективности. Модель основана на динамической интерпретации процесса функционирования цепей поставок. Модель позволяет произвести многокритериальное оценивание и анализ устойчивости цепей поставок, учитывая комбинированные варианты задания исходных данных о возможных возмущающих воздействиях (детерминированные, нечеткие, стохастические, интервальные данные и их комбинации).

Модель позволяет произвести анализ устойчивости различных альтернативных планов цепей поставок относительно различных видов и масштабов возмущающих и управляющих воздействий, рассчитать для каждого из планов и возможных сценариев индекс устойчивости, предоставив тем самым ЛПР возможность выбора того плана, который в наибольшей степени соответствует его индивидуальному восприятию риска. Суть расчета индекса устойчивости сводится к построению и сравнению двух множеств (области допустимых значений целевых показателей цепи поставок и аппроксимированной области достижимости цепи поставок под воздействием возмущений), выраженных в виде площадей двух прямоугольников.

Введем *основные обозначения*, которые будут использоваться в модели:

$\boldsymbol{x}(t)$ – обобщённый вектор состояния динамической системы, описывающей процессы цепи поставок,

$\boldsymbol{y}(t)$ – обобщённый вектор выходных характеристик динамической системы, описывающей процессы цепи поставок,

$\boldsymbol{u}(t)$ – обобщённый вектор управления цепью поставок (который есть, по сути, план функционирования цепи поставок),

$\boldsymbol{v}(\boldsymbol{x}(t),t)$ – обобщённый вектор управляющих воздействий, в т.ч. в условиях возмущающих воздействий,

---

[2] При написании данного параграфа использованы материалы профессора Б.В. Соколова [284].

$\xi(t)$ – вектор возмущающих воздействий, имеющих как целенаправленный, так и нецеленаправленный характер,

β – вектор структурных параметров (характеристик) цепи поставок, определяющих её текущий облик в момент времени $t \in (T_0, T_f]$,

$Q(\boldsymbol{x}(t),t)$ – заданная область допустимых плановых (целевых) управляющих воздействий,

$V(\boldsymbol{x}(t),t)$ – заданная область допустимых управляющих воздействий,

$\Xi(\boldsymbol{x}(t),t)$ – заданная область допустимых возмущающих воздействий,

T_0, T_f – соответственно начальный и конечный моменты времени интервала, на котором осуществляется планирование цепей поставок,

$\widetilde{X}(t)$ – область допустимых текущих значений вектора состояния структурной динамики цепи поставок[3],

$\mathbf{B}$ – область допустимых значений структурных параметров планов ЦП,

φ, ψ – заданные переходные и выходные функции состояний и событий цепи поставок,

J – вектор значений показателей, характеризующих цели SCM, например, затраты и уровень сервиса, в рамках соответствующего плана $\boldsymbol{u}(t)$,

$\boldsymbol{J}(\boldsymbol{x}(t), \boldsymbol{u}(t), \xi(t),t)$ – обобщенный показатель качества плана ЦП,

$D\left(t,T_0,\vec{x}(T_0),U\left(\vec{x}(t)\right)\right)$ – область достижимости цепи поставок,

$D_x^{(\xi)}(T_f,T_0,X_0,\Xi,\boldsymbol{u}_i)$ – область достижимости цепи поставок под воздействием возмущений,

$\overline{\overline{D}}_J^{(\xi)}(T_f,T_0,X_0,\Xi,\boldsymbol{u}_i)$ – аппроксимированная область достижимости цепи поставок под воздействием возмущений,

Δ^{nd} – Множество недоминирующих альтернатив (множество Парето)

P_J – область допустимых значений целевых показателей ЦП.

$S_i(\boldsymbol{u}_i(t))$ – площадь пересечения областей $\overline{\overline{D}}_J^{(\xi)}(T_f,T_0,X_0,\Xi,\boldsymbol{u}_i)$ и P_J

Динамическая модель функционирования цепи поставок в условиях возмущающих воздействий

При формальном описании задачи в качестве базовой выбрана математическая структура, задающая модель обобщённой динамической системы (ДС) следующего вида [284]:

[3] См. §17.4.

$$\boldsymbol{x}(t) = \varphi(\boldsymbol{x}(t), \boldsymbol{u}_{\text{пр}}(t), \boldsymbol{v}(\boldsymbol{x}(t),t), \xi(t), \beta, t), \tag{6}$$

$$\boldsymbol{y}(t) = \psi(\boldsymbol{x}(t), \boldsymbol{u}_{\text{пр}}(t), \boldsymbol{v}(\boldsymbol{x}(t),t), \xi(t), \beta, t). \tag{7}$$

$$\boldsymbol{u}(t) \in Q(\boldsymbol{x}(t),t), \tag{8}$$

$$\boldsymbol{v}(\boldsymbol{x}(t),t) \in V(\boldsymbol{x}(t),t), \tag{9}$$

$$\xi(t) \in \Xi(\boldsymbol{x}(t),t), \tag{10}$$

$$\boldsymbol{x}(t) \in \widetilde{X}(t), \tag{11}$$

$$\beta \in \mathbf{B}. \tag{12}$$

Кроме перечисленных ограничений при формальной постановке задачи планирования цепи поставок необходимо также задать ограничения, накладываемые на вектор $\boldsymbol{x}(t)$ в начальный – T_0 и конечный – T_f моменты времени, определяющие интервал планирования реализации процессов в цепи поставок:

$$\boldsymbol{x}(T_0) \in X_0(\beta), \qquad \boldsymbol{x}(T_f) \in X_f(\beta), \tag{13}$$

Для оценивания эффективности и устойчивости планов функционирования цепи поставок вводится вектор показателей следующего вида:

$$\boldsymbol{J}(\boldsymbol{x}(t), \boldsymbol{u}(t), \xi(t),t) = \|J_1,J_2,J_3,J_4,J_5,J_6,J_7,J_8\|^{\mathrm{T}}, \tag{14}$$

где $J_1,J_2,J_3,J_4,J_5,J_6,J_7,J_8$ – значения показателей, характеризующих цели управления цепями поставок, например, затраты и уровень сервиса, в рамках соответствующего плана $\boldsymbol{u}(t)$.

Задача оценивания устойчивости полученного плана функционирования цепи поставок сводится к расчёту и анализу возможных значений, которые принимают компоненты обобщённого показателя качества функционирования цепи поставок (14) для фиксированных сценариев возмущающих воздействий $\xi(t) \in \Xi(\boldsymbol{x}(t),t)$ и управляющих воздействий $\boldsymbol{v}(\boldsymbol{x}(t),t) \in V(\boldsymbol{x}(t),t)$ применительно к каждому полученному плану функционирования цепи поставок $\boldsymbol{u}_i(t) \in Q(\boldsymbol{x}(t),t)$ ($i = 1,\ldots,n$; где n – количество сформированных планов и плановых управляющих воздействий).

В работе [284] подробно рассмотрены методы оценки устойчивости применительно к детерминированному, стохастическому и интервальному заданию исходных данных. Здесь же рассмотрим основные аспекты применительно к детерминированному и стохастическому заданию исходных данных, а подробно остановимся на методе областей достижимости[4] применительно к интервальному заданию данных, который наиболее распространен на практике.

Детерминированные данные

Применительно к детерминированному заданию исходных данных (ИД №1) предлагается использование интегрированный анализ вектора состояний цепи поставок $\boldsymbol{x}(t)$ и показателей эффективности цепи поставок $\boldsymbol{J} = \|J_1, J_2, \ldots, J_{I_M}\|^{\mathrm{T}}$.

На рис. 16.6 и 16.7 для примера приведены варианты задания диаграмм Кивиата, которые построены соответственно в фазовом пространстве для динамических моделей управления структурной динамикой цепей поставок и в пространстве показателей, оценивающих эффективность функционирования цепей поставок. При этом для простоты изображения на рисунках приведена только часть компонент векторов $\boldsymbol{x}$, $\boldsymbol{J}$.

[4] Подробные правила построения областей достижимости представлены в работах [221, 284].

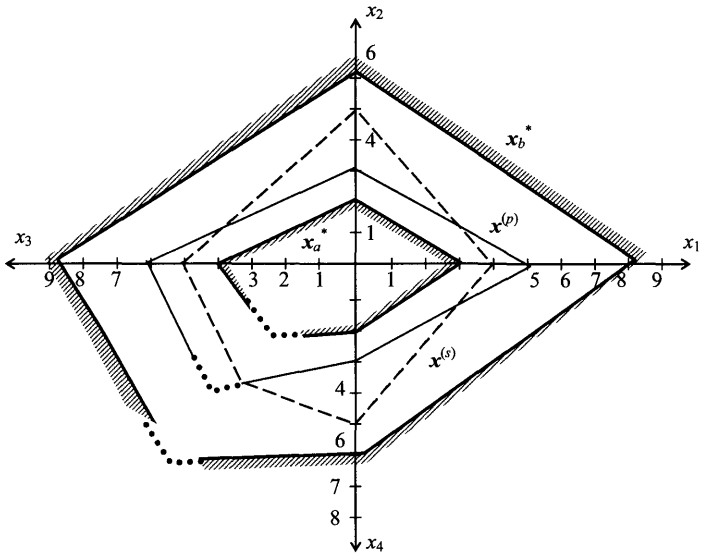


Рис. 16.6. Диаграмма Кивиата в фазовом пространстве

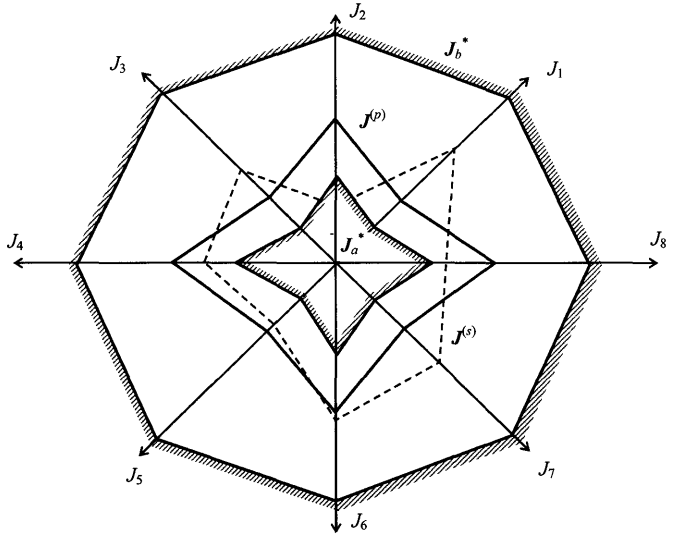


Рис. 16.7. Диаграмма Кивиата в пространстве показателей

Алгоритм оценивания устойчивости планов функционирования цепей поставок при первом варианте задания исходных данных представлен в приложении на компакт-диске.

Стохастические исходные данные

При задании *стохастических исходных данных (ИД)* (вариант ИД № 2) так же, как и при задании ИД № 1, для каждого полученного плана $\boldsymbol{x}_i^{(p)}(t)$ имитируются варианты целенаправленного воздействия внешней среды на элементы и подсистемы цепи поставок, а также имитируются процессы оперативного управления цепью поставок на этапе выполнения работ в цепи поставок. Анализ показывает, что для стохастических ИД в качестве основного показателя, с помощью которого оценивается устойчивость комплексных планов цепей поставок, целесообразно принять статистическую оценку вероятности выполнения целевой задачи, стоящей перед цепью поставок на интервале планирования $\sigma = (T_0, T_f]$:

$$\widetilde{P}\left(\left\| \boldsymbol{x}_i^{(s)}(T_f) - \boldsymbol{x}_i^{(p)}(T_f) \right\| < \varepsilon_3^{(p)} \right), \tag{15}$$

где $\boldsymbol{x}_i^{(s)}(T_f)$ – случайный вектор, характеризующий состояние выполнения целевых задач цепи поставок в конце интервала планирования в случае стохастических целенаправленных воздействий внешней среды на $\boldsymbol{x}_i^{(p)}(t)$.

В этом случае в соответствии с принципом допустимой гарантии условие устойчивости планов цепи поставок может быть записано в следующем виде

$$\widetilde{P}\left\{ \left\| \boldsymbol{x}_i^{(s)}(T_f) - \boldsymbol{x}_i^{(p)}(T_f) \right\| < \varepsilon_3^{(p)} \right\} \geq \widetilde{P}_g^{(1)}, \tag{16}$$

$$\widetilde{\widetilde{P}}\left\{ \left| \hat{J}_{il}^{(s)} - J_{il}^{(p)} \right| < \varepsilon_{4l}^{(p)} \right\} \geq \widetilde{P}_{gl}^{(2)}, \tag{17}$$

где $\widetilde{P}_g^{(1)}$, $\widetilde{P}_{gl}^{(2)}$, $\varepsilon_3^{(p)}$, $\varepsilon_{4l}^{(p)}$ – заданные величины.

При проведении планирования возможны ситуации, при которых ещё до решения задачи планирования может заранее задаваться необходимый уровень устойчивости планов в виде следующих условий:

$$P\{\hat{z}_{н} \geq z_{\alpha}\} = \alpha, \tag{18}$$

где z_{α}, α – заданные величины, $\hat{z}_{\tilde{н}} = \rho\left(\hat{\boldsymbol{x}}_i^{(s)}(T_f), \hat{\boldsymbol{x}}_i^{(p)}(T_f)\right)$ – функция случайного вектора, позволяющая оценить величину отклонения возмущённой фазовой траектории (её i-го варианта) $\boldsymbol{x}_i^{(s)}(t)$ от плановой траектории $\boldsymbol{x}_i^{(p)}(t)$ в конце интервале планирования:

$$z_{\alpha} = \mathsf{F}_z^{-1}(1-\alpha), \tag{19}$$

где $\mathsf{F}_z^{-1}(1-\alpha)$ – обратная функция к функции распределения $\mathsf{F}_{\hat{z}_i}(z_i)$ при значении аргумента, равного (1–α) (квантиль распределения $\mathsf{F}_{\hat{z}_i}(z_i)$).

Тогда при оценке и выборе устойчивых к возмущающим воздействиям планов цепей поставок необходимо выбирать наилучшую альтернативу плана исходя из условия

$$z_{\alpha}(\boldsymbol{u}_i(t)) \geq z_g, \tag{20}$$

где z_g – допустимый уровень гарантированного (с вероятностью α) результата, связанного с отклонением $\boldsymbol{x}_i^{(s)}(T_f)$ от $\boldsymbol{x}_i^{(p)}(t)$.

Интервальное задание исходных данных

При интервальном задании исходных данных предлагается использование множества достижимости как инструмента анализа устойчивости альтернативных планов цепей поставок.

Множеством достижимости (областью достижимости) управляемой динамической системы в момент времени $t_1 \in (T_0, T_f]$ называется совокупность концов всех фазовых траекторий данной системы в момент времени $t = t_1$, начинающихся в момент времени $t = T_0$ в точке $\vec{x}(T_0)$ и полученных в результате всевозможных вариантов варьирова-

ния допустимых управляющих воздействий $\vec{u}(t)$ на интервале времени (T_0, t_1) [221, 284]. В дальнейшем область достижимости (ОД) будем обозначать следующим образом: $D(t,T_0,\vec{x}(T_0),U(\vec{x}(t)))$, где $U(\vec{x}(t))=Q(\vec{x}(t),t)\times V(\vec{x}(t),t)$ – область допустимых управляющих воздействий. В ряде случае, для простоты записи, мы будем в условном обозначении ОД опускать множество $U(\vec{x}(t),t)$.

Экономический смысл области достижимости состоит в следующем: область достижимости характеризует множество планов цепей поставок и соответствующих им значений целей цепи поставок.

Сведения об области достижимости и её основных характеристиках по существу заменяют собой всю информацию, необходимую для решения задач оценивания возможностей цепи поставок, устойчивости её функционирования, синтеза цепей поставок и их развития.

Однако, нас интересует не вся область достижимости а только то её подмножество многоструктурных макросостояний, находясь в котором цепь поставок способна выполнить поставленные перед ней задачи. Иными словами, нас интересуют только те планы, находящиеся внутри области достижимости, которые позволяют достичь целевых критериев в рамках установленных интервалов.

Для получения данного решения образуем из точек $\vec{x}_{<p,\mu>}(T_f)$ выпуклую оболочку $\overline{E}=conv\{E_\mu,\mu=1,...,e\}$, где E_μ - заданная точка расширенного фазового пространства $\vec{x}_{<p,\mu>}(T_f)$. В этом случае можно показать, что ортогональная проекция множества $\overline{E}$ на множество достижимости $D(t,T_0,\vec{x}(T_0))$ (в нашем случае аппроксимацию области достижимости) позволяет в последнем выделить множество недоминируемых альтернатив или, по-другому, *множество Парето*. В этом множестве и надо искать те достижимые многоструктурные макросостояния цепи поставок[5], которые обеспечат её устойчивое функционирование в условиях возмущающих воздействий.

Анализ показывает, что существует несколько вариантов взаимного расположения выпуклой оболочки $\overline{E}$ и ОД $D(t,T_0,\vec{x}(T_0))$ [284].

[5] Подробнее о многоструктурных макросостояних цепей поставок см. § 17.4.

Вариант 1: $\overline{E} \cap D\left(t,T_0,\vec{x}(T_0)\right) = \varnothing$. В этом случае выпуклая оболочка $\overline{E}$, построенная на точках E_μ ($\mu = 1,...,e$) и ОД $D\left(t,T_0,\vec{x}(T_0)\right)$ не пересекаются (см. рис. 3.41). Обозначим оператор ортогонального проектирования $\overline{E}$ на ОД через $\pi_{D(t,T_0,\vec{x}(T_0))}\overline{E}$. Множество недоминируемых альтернатив (множество Парето) – Δ^{nd} – в этой ситуации определяется следующей формулой:

$$\Delta^{nd}(t) = \left\{\vec{x}_p(t) \mid \vec{x}_p(t) \in \pi_{D(t,T_0,\vec{x}(T_0))}\overline{E}\right\}. \qquad (21)$$

Таким образом, при данном варианте расположения $\overline{E}$ и ОД парето-оптимальные точки $\vec{x}_p(t)$ (характеризующие варианты многоструктурных макросостояний цепи поставок) являются проекциями выпуклой оболочки точек $E_\square$ на границу ОД. На рис. 16.8.1 множество Парето в расширенном пространстве состояний выделено утолщённой линией.

Вариант 2: $\overline{E} \subset D\left(t,T_0,\vec{x}(T_0)\right)$. Тогда

$$\Delta^{nd}(t) = \left\{\vec{x}_p(t) \mid \vec{x}_p(t) \in \pi_{D(t,T_0,\vec{x}(T_0))}\overline{E} = \overline{E}\right\}. \qquad (22)$$

Данной ситуации соответствует довольно редкий случай, когда все заданные «точки» E_μ ($\mu = 1,...,e$) достижимы (см. рис. 16.8.2). Все парето-оптимальные точки $\vec{x}_p$ при данном варианте принадлежат выпуклой оболочке $\overline{E}$.

Вариант 3. Пусть точки E_μ ($\mu = 1,...,e$) расположены таким образом, что $D\left(t,T_0,\vec{x}(T_0)\right) \subset \overline{E}$. Тогда

$$\Delta^{nd}(t) = \left\{\vec{x}_p(t) \mid \vec{x}_p(t) \in \pi_{D(t,T_0,\vec{x}(T_0))}\overline{E} = D\left(t,T_0,\vec{x}(T_0)\right)\right\}. \qquad (23)$$

Таким образом, все точки границы ОД при рассматриваемом варианте взаимного расположения $\overline{E}$ и $D\left(t,T_0,\vec{x}(T_0)\right)$ являются паретооптимальными точками (16.8.3).

Вариант 4. При данном варианте рассматривается наиболее общий случай расположения $\overline{E}$ и $D(t,T_0,\vec{x}(T_0))$ (см. рис. 16.8.4): $\widetilde{E}=\overline{E}\cap D(t,T_0,\vec{x}(T_0))\neq\varnothing$. Тогда

$$\Delta^{nd}(t)=\left\{\vec{x}_p(t)\,|\,\vec{x}_p(t)\in\pi_{D(t,T_0,\vec{x}(T_0))}\overline{E}\cup\widetilde{E}\right\}. \qquad (24)$$

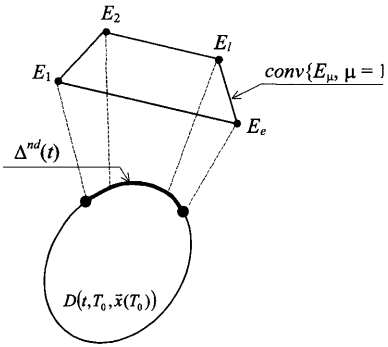


Рис. 16.8.1

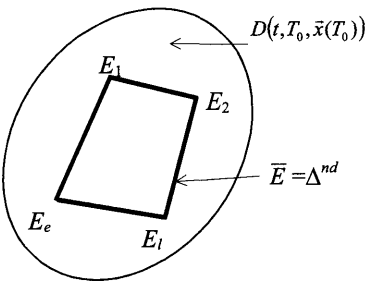


Рис. 16.8.2

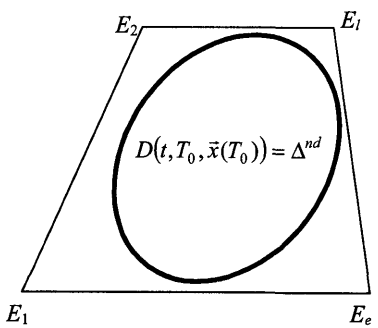


Рис. 16.8.3

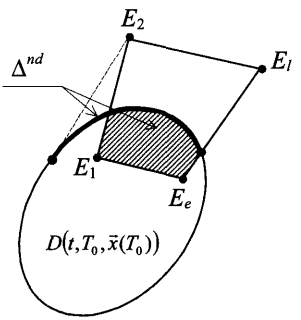


Рис. 16.8.4

Рис. 16.8. Варианты взаимного расположения выпуклой оболочки $\overline{E}$ и области достижимости $D(t,T_0,\vec{x}(T_0))$ [221]

Таким образом, результатом решения задачи выбора устойчивого плана цепи поставок на первой фазе является множество недоминируемых альтернатив (множество Парето), в качестве элементов которого рассматриваются возможные многоструктурные макросостояния цепи поставок.

Далее необходимо перейти у анализу влияния возмущающих воздействий на цепь поставок. При *интервальном задании ИД* (вариант 3) будем предполагать, что область допустимых возмущающих воздействий $\Xi(\boldsymbol{x}(t),t)$, будет описываться следующими соотношениями:

$$\xi_j^{(1)}(t) \le \xi_j(t) \le \xi_j^{(2)}(t),\ j = 1,\ldots,m, \tag{25}$$

где $\xi_j^{(1)}$, $\xi_j^{(2)}$ – соответственно заданные векторные функции, определяющие минимальные и максимальные значения возмущающих воздействий, которые могут появиться на этапе реализации каждого фиксированного плана цепи поставок ($\boldsymbol{u}_i(t)$, $t \in (T_0, T_f]$, $i = 1,\ldots,n$) в рамках того или иного сценария воздействия внешней среды на цепь поставок ($\xi_j(t)$, $t \in (T_0, T_f], j = 1,\ldots,m$).

Пусть задано некоторое начальное состояние цепи поставок $\boldsymbol{x}(T_0)$ и рассматривается некоторый план её функционирования $\boldsymbol{u}_i(t)$. Тогда указанным векторам и области возмущающих воздействий (26) для фиксированного сценария $\xi_j(t)$ соответствует область (множество) возможных значений фазовых переменных.

Назовём эту область (множество) областью (множеством) достижимости цепи поставок под воздействием возмущений и обозначим её следующим образом:

$$D_x^{(\xi)}(T_f, T_0, X_0, \Xi, \boldsymbol{u}_i). \tag{26}$$

Множеству $D_x^{(\xi)}(T_f, T_0, X_0, \Xi, \boldsymbol{u}_i)$ в пространстве состояний соответствует множество точек (область) в пространстве значений показателей, оценивающих эффективность и устойчивость функционирования цепи поставок, которое мы обозначим как

$$D_J^{(\xi)}(T_f, T_0, X_0, \Xi, \boldsymbol{u}_i). \tag{27}$$

Для удобства и наглядности дальнейшего изложения рассмотрим только два компоненты векторного показателя (14), которые соответствуют показателям уровня сервиса (выраженным в денежных единицах) (J_1) и прибыли (J_2) цепи поставок. В этом случае можно при геометрическом описании области достижимости (27) перейти от полярной системы координат к декартовой системе координат (см. рис. 16.9).

На рис. 16.9 показана область достижимости (39) для сокращённого вектора показателей эффективности и устойчивости функционирования цепи поставок вида

$$\boldsymbol{J}' = \|J_1, J_2\|^{\mathrm{T}}. \tag{28}$$

Пусть заданы допустимые границы изменений значений показателей уровня сервиса и затрат цепи поставок в виде следующих соотношений

$$J_{a1} \le J_1 \le J_{b1}, \tag{29}$$

$$J_{a2} \le J_2 \le J_{b2}, \tag{30},$$

определяющих в пространстве показателей некоторую область P_J (см. рис. 6.19).

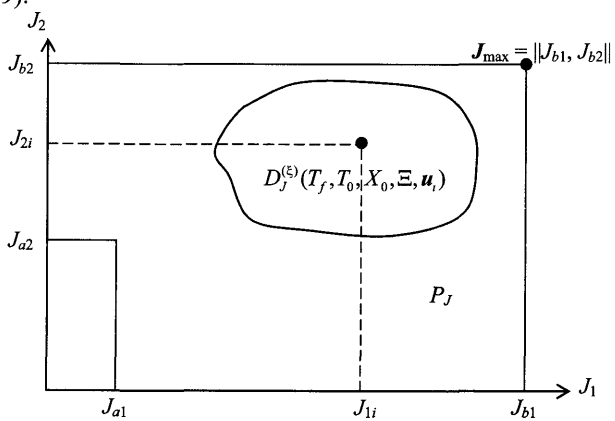


Рис. 16.9. Допустимые границы изменений значений показателей уровня сервиса и затрат цепи поставок

В рамках решения задачи оценивания устойчивости планов функционирования цепи поставок цель решения задачи состоит в отыскании некоторой точки $\boldsymbol{J}^* = \| J_1^*, J_2^* \|^{\mathrm{T}}$, лежащей на границе множества (27) и некоторой прямой вида

$$c_1 J_1^*, + c_2 J_2^* = 0, \tag{31}$$

касательной к данному множеству и проходящей через точку J^*. Определив множество точек J_γ^* и соответствующие касательные прямые для некоторых вариантов варьирования компонент вектора $\boldsymbol{c}_\gamma$, $\gamma = 1,\ldots,\Gamma$ (Γ – число вариантов варьирования коэффициентов $\boldsymbol{c}_\gamma$), можно получить внешнюю аппроксимацию множества (27), которую мы обозначим следующим образом:

$$\overline{\overline{D}}_J^{(\xi)}(T_f, T_0, X_0, \Xi, \boldsymbol{u}_i) \tag{32}$$

Данная аппроксимация области достижимости представляет собой геометрическую фигуру, заключённую между прямыми, задаваемыми выражениями вида $\boldsymbol{c}_\gamma^{\mathrm{T}} \boldsymbol{J}'^*$, $\gamma = 1,\ldots,\Gamma$.

Рассмотрим случай, когда $\Gamma = 4$, а векторы $\boldsymbol{c}_\gamma$ имеют вид

$$\boldsymbol{c}_1 = \|0,1\|^{\mathrm{T}};\ \boldsymbol{c}_2 = \|0,-1\|^{\mathrm{T}};\ \boldsymbol{c}_3 = \|1,0\|^{\mathrm{T}};\ \boldsymbol{c}_4 = \|-1,0\|^{\mathrm{T}} \tag{33}$$

и удовлетворяют условиям нормировки. В этом случае для аппроксимации ОД необходимо решить следующие четыре задачи вида (34):

$$J_1' = J_2 \to \min_{\xi_j \in \Xi};$$

$$J_2' = -J_2 \to \min_{\xi_j \in \Xi};$$

$$J_3' = J_1 \to \min_{\xi_j \in \Xi};$$

$$J_4' = -J_1 \to \min_{\xi_j \in \Xi}. \tag{34}$$

Решение данных задач можно осуществить широко известными комбинированными методами поиска оптимальных программных управлений динамической системы. В результате решения задач (27) получаются координаты точек $J_1'^*$, $J_2'^*$, $J_3'^*$, $J_4'^*$, позволяющие с учётом (34) построить внешнюю аппроксимацию множества достижимости (26), которая будет представлять собой область, образованную в результате пересечения четырёх прямых, касательных к множеству (27).

На рис. 16.10 показаны точки J_γ^*, $\gamma = 1,\ldots,4$ и соответствующие прямые. В этом случае можно гарантировать, что в рамках принятых допущений, возмущения $\xi_j(t)$ не «выведут» показатели качества функционирования цепи поставок за пределы области вида (32).

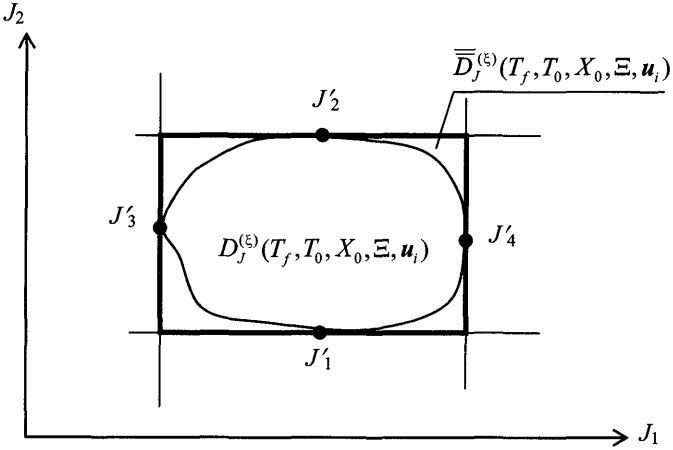


Рис. 16.10. Аппроксимация области достижимости

Решение задач (33) и аппроксимация соответствующих ОД должны осуществляться для каждого из альтернативных планов) функционирования цепи поставок u_i ($i = 1,\ldots,4$) для каждого фиксированного сценария возмущающих воздействий $\xi_j(t)$ ($j = 1,\ldots,m$).

Результаты анализа устойчивости

- На рис. 16.11 показаны наиболее характерные случаи взаимного расположения областей P_J и $\overline{\overline{D}}_J^{(\xi)}$ для различных вариантов планов цепи поставок.

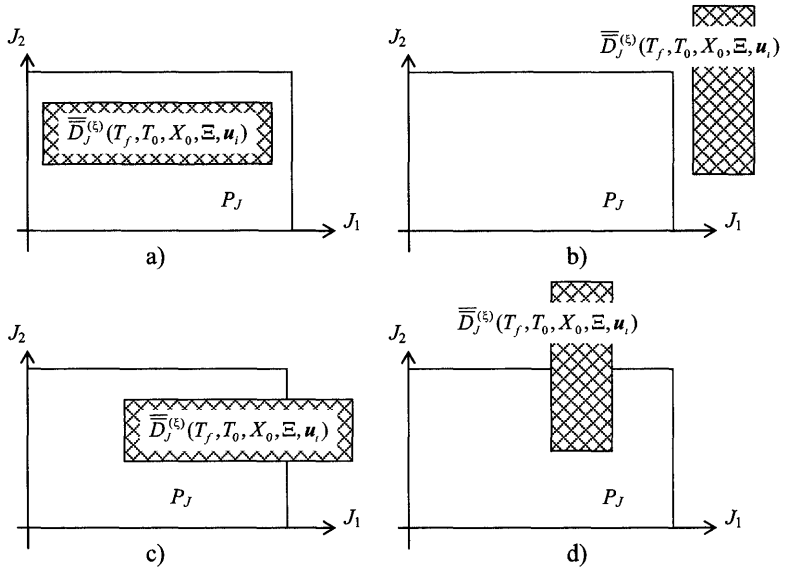


Рис. 16.11. Результаты анализа устойчивости различных планов цепи поставок[6]

Можно утверждать следующее:

- в случае *a* отклонение значений показателей качества функционирования цепи поставок, вызванные возмущениями, недопустимы, а соответствующий план цепи поставок неустойчив к воздействию возмущений;
- в случае *b* возможные отклонения значений показателей качества функционирования цепи поставок (показателей эффективности и устойчивости цепи поставок), вызванные возмущениями, являются допустимыми, а соответствующий план цепи поставок устойчив к воздействию возмущений;

[6] Одним из преимуществ представленного метода анализа устойчивости цепей поставок является именно такое наглядное представление результатов расчетов в виде простых геометрических фигур, что позволяет менеджерам без специального математического образования быстро оценить устойчивость цепей поставок.

- в случае *c* план цепи поставок неустойчив к воздействию возмущений, причём эти возмущения в большей степени влияют на показатель прибыли цепи поставок J_2;
- в случае *d* план цепи поставок неустойчив к воздействию возмущений, причём эти возмущения в большей степени влияют на показатель уровня сервиса цепи поставок J_1;

Если для некоторого плана функционирования цепи поставок $\boldsymbol{u}_i(t)$, ($i = 1,\ldots,n$), подверженного влиянию возмущающих воздействий $\xi_j(t)$ вида (25) выполняется условие

$$D_J^{(\xi)}(T_f, T_0, X_0, \Xi, \boldsymbol{u}_i) \subset P_J, \tag{35}$$

то план цепи поставок $\boldsymbol{u}_i(t)$ *устойчив* к воздействию возмущений $\xi_j(t)$. Другими словами, возможные отклонения значений показателей качества (эффективности) функционирования цепи поставок вида J_1, J_2, вызванные возмущениями $\xi_j(t)$, являются допустимыми.

Окончательный выбор наиболее устойчивых планов цепей поставок в этом случае целесообразно проводить, исходя из следующего условия (36)

$$S_i^*(\boldsymbol{u}_i(t)) = \max_{1\le i\le n} \min_{1\le j\le m} S_i(\boldsymbol{u}_i(t)), \tag{36}$$

где $S_i(\boldsymbol{u}_i(t))$ – площадь пересечения областей $\overline{\overline{D}}_J^{(\xi)}(T_f, T_0, X_0, \Xi, \boldsymbol{u}_i)$ и P_J; n – общее количество анализируемых планов цепи поставок; m – общее количество сценариев возмущающих воздействий на этапе реализации планов функционирования цепи поставок.

На рис. 16.12 дано наглядное представление описанной выше математической модели.

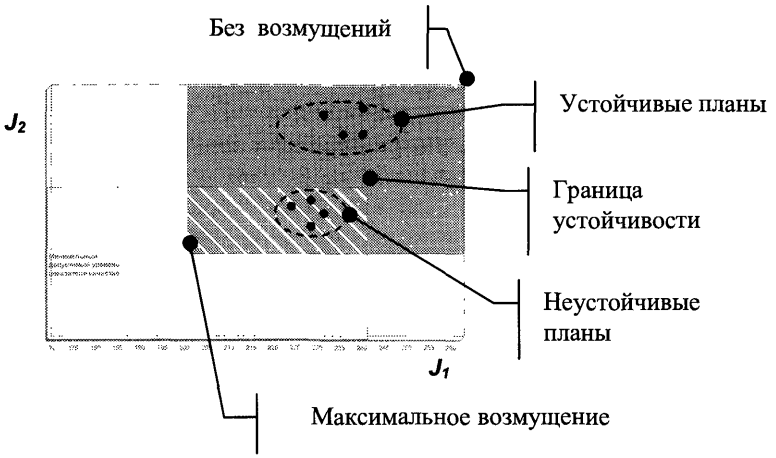


Рис. 16.12. Пересечение областей достижимости

Представленный выше подход базируется на концепции комплексного моделирования цепей поставок и позволяет:

- за счет полимодельного описания соответствующей предметной области объединить (компенсировать) достоинства (недостатки) традиционных моделей, используемых для решения задач оценивания и анализа устойчивости исследуемых объектов и систем;
- произвести многокритериальное оценивание и анализ устойчивости;
- учесть комбинированные варианты задания исходных данных о возможных возмущающих воздействиях (детерминированные, нечеткие, стохастические, интервальные данные и их комбинации);
- удается непосредственно связать задачи оценивания и анализа устойчивости бизнес-процессов с задачами оценивания и анализа их эффективности;
- за счет динамической интерпретации процесса функционирования бизнес-систем удается на конструктивном уровне использовать ранее полученные в классической теории автоматического управления фундаментальные и прикладные научные результаты для оценивания устойчивости процессов функционирования организационных систем;

- достичь максимальной наглядности и простоты интерпретации результатов анализа устойчивости цепей поставок за счет представления в виде геометрических фигур.

Представленная выше модель реализована в виде программного продукта и опробована на многочисленных практических задачах, которые доказали ее эффективность. Один из расчетных примеров будет приведен в §18.6.

16.5. Анализ структурной[7] устойчивости цепей поставок

Особенностью комплексного анализа устойчивости цепей поставок является не только анализ устойчивости планов, но и анализ устойчивости организационной структуры цепей поставок. В данном параграфе представлена методика проведения подобного анализа[8].

Обычно под устойчивостью понимают способность системы сохранять значения своих характеристик в заданных пределах под действием внешних возмущающих факторов определенной силы. При анализе устойчивости организационной структуры цепей поставок предлагается применять несколько иной подход. Каждое предприятие-участник цепи поставок несет определенные обязательства в части выполнения конкретной стадии проекта (компетенции): работа должна быть выполнена в срок, в полном объеме, с необходимым уровнем качества и т.д. Таким образом, каждая стадия может быть описана вектором выходных параметров $\varphi = (k, t, V, q...n)$, компоненты которого характеризуют отдельные составляющие требуемой компетенции.

При построении структуры цепи поставок ранжирование исполнителей по предпочтительности можно осуществлять, руководствуясь данными по способности предприятия отвечать установленному для его компетенции вектору φ. Эта способность i –го предприятия может быть

---

[7] В данной работе термин «структурная устойчивость» характеризует структуру цепи поставок и не является аналогом структурной устойчивости с позиций теории хаоса и точек бифуркаций.

[8] В данном параграфе использованы материалы проф., д.т.н. А.В. Архипова и к.э.н. В.Е. Толкачевой

описана с помощью характеризующего его компетенцию вектора «покрытия» – $\mu_i = (k_i`, t_i`, V_i`, q_i`...n_i`)$.

Иными словами, ранг предприятия будет тем выше, чем меньше будет разность $||\varphi - \mu_i||$. Под воздействием внешних возмущающих факторов вектор параметров μ_i может измениться так, что предприятие будет не в состоянии выполнить свои обязательства (разность $||\varphi-\mu||$ будет больше критической) или пожелает выйти из цепи поставок, что ставит под угрозу возможность реализации проекта, т.е. ведет к распаду ЦП

Так как мы не можем заранее определить силу воздействия возмущений, действующих на цепь поставок, и ограничить ее какими-либо определенными рамками, то подход к определению устойчивости системы, указанный ранее, является трудно применимым. В данном случае необходимо оценить устойчивость цепи поставок под действием всевозможных возмущений различной силы.

В связи с этим, предлагается подход к оценке устойчивости, основанный на анализе тесноты внутренних связей между элементами системы. *Степень заинтересованности* предприятий в совместной работе выступает как интегральная мера воздействия всех возмущений.

Под действием внешних возмущений структура может оставаться устойчивой в том случае, когда «желание» участников системы оставаться в составе цепи поставок превышает по своей силе воздействие внешних возмущений. В обратном случае, при низкой заинтересованности элементов в совместной работе структура представляется достаточно хрупкой и неустойчивой по отношению даже к незначительным по силе внешним возмущениям. Таким образом, задача оценки структурной устойчивости сложных структур сводится к более конкретной задаче оценки тесноты внутренних связей в системе.

Коэффициент консолидации

В случае оценки устойчивости цепи поставок, предложенная методика позволяет провести анализ и оценку внутренней связности, «прочности» сформированной структуры. Такой подход отражает очень важный практический элемент обеспечения устойчивости цепи поставок – постоянное наличие „win-win"-ситуации.

Структурная устойчивость отражает очень важный практический элемент обеспечения устойчивости цепи поставок – постоянное наличие „win-win"ситуации (т.е. ситуации, выигрышной для всех партнеров).

С указанными оценками можно связать ее потенциальную устойчивость и, следовательно, возможность успешного функционирования ЦП. Предлагаемый подход к оценке структурной надежности цепи поставок основан на использовании показателя взаимной заинтересованности координатора и исполнителей в совместной работе. Данную оценку, представленную в количественной форме, предлагается называть коэффициентом консолидации цепи поставок ($K_{конс}$) и использовать в качестве одного из критериев при поиске наилучшего варианта структуры. Подробное описание процедуры оценки структурной устойчивости цепей поставок, основанной на относительных оценках взаимной заинтересованности партнеров в совместной работе, представлено в главе 18.

16.6. Мониторинг и адаптация

Учитывая, что сама цепь поставок и внешняя по отношению к ней среда изменяются в процессе выполнения плана, возникает необходимость периодической корректировки первоначального плана. В связи с этим, для комплексного моделирования ЦП необходимо, во-первых, рассмотреть процессы мониторинга выполнения плана, а во-вторых – вопросы выработки управляющих воздействий для компенсирования отклонений в функционировании ЦП. Проблематика оперативного управления ЦП в условиях неопределенности будет рассмотрена ниже.

Функционирование цепей поставок является чрезвычайно динамичным процессом, сопровождающимся структурной динамикой, изменением свойств и параметров сети в процессе принятия решений, активным целеориентированным поведением агентов (предприятий). В процессе функционирования цепей поставок неизбежны отклонения от плана и его изменения. Это обусловливает необходимость формулирования моделей оперативного управления цепями поставок комплексно с моделями планирования с целью обеспечения адекватности текущим условиям функционирования цепей поставок.

В соответствии с разработанными в настоящее время методами, мониторинг цепей поставок может осуществляться в различных аспектах, например, мониторинг вероятности поставок, мониторинг событий в цепи поставок (концепции SCMo и SCEM), оценка выполнения работ (Performance Management), а также диагностика Bullwhip-эффекта.

Данные методики основаны, как правило, на мониторинге запасов в цепях поставок (см. рис. 16.13), определение возможности поставок на основе концепций ATP (Available-To-Promise) и CTP (Capable-To-Promise), а также сценарном моделировании регулирующих воздействий при нарушениях в работе цепей поставок (системы Workflow).

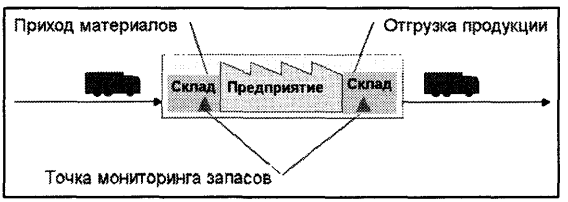


Рис. 16.13. Концепция SCMo – Supply Chain Monitoring

Особенностью развиваемого в данной работе подхода к мониторингу цепей поставок является мониторинг устойчивости ЦП (см. рис. 16.14).

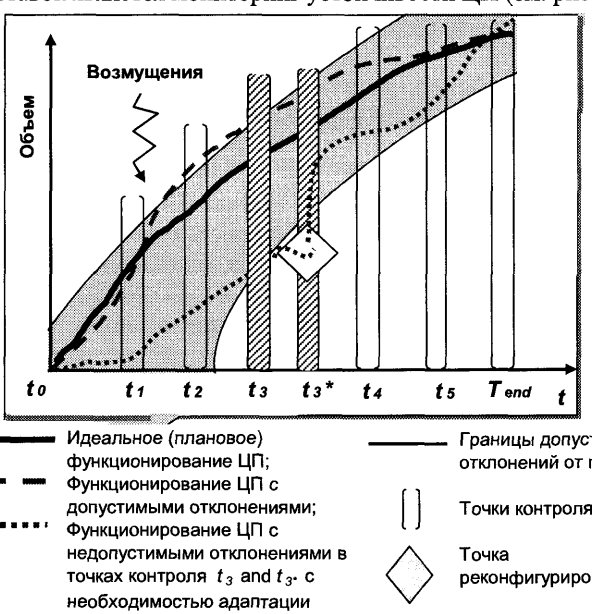


Рис. 16.14. Траектории функционирования цепи поставок, точки мониторинга и реконфигурирования

В случае отклонений в функционировании цепей поставок осуществляется анализ причин их возникновения, и определяется дополнительная точка контроля. В случае, если и в этой точке система не вернулась в допустимые границы функционирования, необходимо осуществить регулирующие воздействия по реконфигурированию цепей поставок.

Функция регулирования тесно связана с функцией мониторинга. *Реконфигурирование* цепей поставок состоит из анализа отклонений, выработки компенсирующих регулирующих воздействий, формирования нового плана и выработки механизмов перехода цепей поставок с текущей на плановую траекторию функционирования на интервале времени $(t', t''] \in (T_0, T_f]$ или к концу выполнения работ.

На первой фазе реконфигурирования должно осуществляться формирование (генерирование) допустимых вариантов многоструктурных макросостояний цепей поставок. На второй фазе проводится выбор конкретного варианта многоструктурного макросостояния цепей поставок с одновременным синтезом (построением) адаптивных планов управления переходом цепей поставок из текущего в требуемое (выбранное) макросостояние.

Следует отметить, что принятия решения о реконфигурировании цепей поставок, т.е. о переходе цепей поставок из состояния S_i в состояние S_{i+1}, состоит также в согласовании интересов фокусной компании и участников цепей поставок. Это означает, что новая конфигурация цепей поставок должна не только обеспечить выполнение плана в соответствии с параметрами заказов клиентов, но и обеспечить участникам цепей поставок достижение их локальных целевых критериев (т.е. как минимум не ухудшить положение участников цепей поставок после реконфигурирования). На этапе *анализа плана* цепей поставок необходимо оценить чувствительность плана к возмущающим воздействиям и устойчивость плана. Основные положения анализа чувствительности и устойчивости были подробно рассмотрены в предыдущем параграфе.

Выполнение работ в цепях поставок сопровождается непрерывными изменениями первоначальных планов вследствие влияния различных объективных и субъективных факторов внутренней и внешней среды. Это требует оперативной корректировки как самих цепей поставок, так и моделей управления ими.

Одним из важнейших элементов модели оперативного управления цепями поставок является адаптация (см. рис. 16.15).

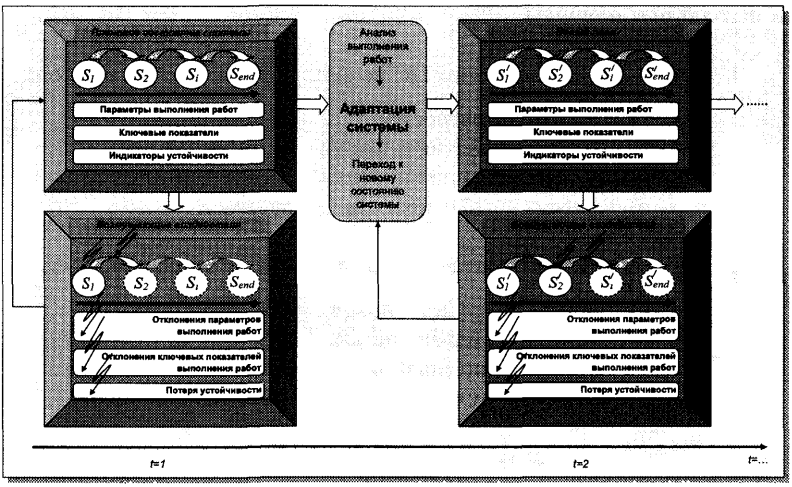


Рис. 16.16. Функционирование цепей поставок и их непрерывная адаптация [70]

Схема, показанная на рисунке 16.15, отображает принципы *адаптивного или «скользящего» (rolling) планирования,* основанные на работах [12, 57, 70, 96, 203, 284, 289, 304, 330]. Для представления данной проблемы удобно воспользоваться понятийным аппаратом теорий систем и управления, рассматривающих подобную оперативную «настройку» систем в рамках концепции адаптации (см. главу 15 и §16.4).

На практике цикл адаптации цепей поставок является медленным и не позволяет в должной степени учесть оперативные колебания спроса, доступности материалов, доступных мощностей, времени производственного цикла, объемов производства и брака и т.д.

Помимо *параметрических колебаний* необходимо также учитывать *структурные и целевые колебания.* Изменения в различных структурах цепей поставок, таких как изменения состава предприятий, ввод новых продуктов, изменения информационной инфраструктуры ЦП, изменения в структуре финансирования ЦП могут привести к тому, что *исходная модель* ЦП не будет являться репрезентативной и адекватной. Изменения в целях, как объектов внешней среды (клиентов), так и самих участников ЦП, также могут вызвать необходимость изменения моделей ЦП. Изменения моделей ЦП являются сложными и затратными.

Контрольные вопросы

1. На этапе планирования ЦП используются следующие методы:

    a) Теория вероятностей
    b) Теория принятия решений
    c) Адаптация цепей поставок
    d) Анализ устойчивости цепей поставок

2. К основным элементам учета риска в SCM относятся:

    a) Определение источников риска в цепи поставок
    b) Адаптация цепей поставок
    c) Определение влияния риска на цепь поставок
    d) Разработка системы мониторинга цепи поставок

3. Для анализа устойчивости цепи поставок используются:

    a) Имитационные модели
    b) Модели оптимального планирования
    c) Аналитические модели
    d) Динамические модели

4. Анализ устойчивости ЦП может проводиться относительно:

    a) Затрат в цепи поставок
    b) Плана цепи поставок
    c) Структуры цепи поставок
    d) Уровня сервиса цепи поставок

5. Восстановить устойчивость и робастность ЦП можно за счет:

    a) Параметрической адаптации
    b) Структурной адаптации
    c) Сервисной адаптаций
    d) Целевой адаптации

6. Мониторинг цепей поставок:

    a) Направлен на выявление отклонений от плана
    b) Информирования менеджеров о нарушениях
    c) Регулирования цепи поставок
    d) Анализа цепи поставок

Теория может быть проверена экспериментом,
но ни одна дорога не приведет от эксперимента к теории.

Альберт Эйнштейн

ЧАСТЬ IV

ОПТИМИЗАЦИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

Заключительная часть книги посвящена рассмотрению примеров моделей и алгоритмов поддержки принятия решений и оптимизации в SCM. В ней рассматриваются следующие основные вопросы:

- Планирование цепей поставок: суть, особенности, модели
- Комплексное моделирование цепей поставок
- Структурная динамика цепей поставок
- Планирование расписаний в цепях поставок
- Примеры и реализация моделей и алгоритмов оптимизации цепей поставок

Все должно быть изложено так просто,
как только возможно, но не проще.

Альберт Эйнштейн

Глава 17. Примеры построения интегрированных моделей цепей поставок

В данной главе рассмотрены следующие вопросы:

- Постановка интегрированной задачи планирования и оперативного управления цепями поставок
- Сущность и особенности планирования цепей поставок
- Адаптивное планирование цепей поставок
- Обобщенная схема комплексного моделирования цепей поставок
- Обобщенная модель планирования и оперативного управления адаптивными цепями поставок
- Понятие структурной динамики цепей поставок
- Модель управления структурной динамикой цепей поставок
- Модель планирования и диспетчеризации работ в цепях поставок

17.1. Постановка интегрированной задачи планирования и оперативного управления цепями поставок

17.1.1. Планирование цепей поставок

Анализируя проблему комплексного планирования цепей поставок, необходимо отметить следующее [284]:

- планирование – это процесс принятия предварительного решения об облике цепи поставок (структурно-функциональном синтезе её облика), а также механизмах функционирования цепи поставок;

- результатом планирования является система взаимосвязанных решений, распределённых как в пространстве, так и во времени, оказывающих влияние друг на друга, поэтому планирование должно быть комплексным, при этом в силу общности ресурсов, используемых для выработки и поддержки программных траекторий, функция планирования непосредственно связана с функцией регулирования;
- процесс планирования постоянно приближается к завершению, но никогда не достигает его по двум причинам: во-первых, существует возможность бесконечно пересматривать ранее принятые решения, хотя из-за необходимости предпринимать конкретные действия по достижению поставленных целей требуется всё-таки рано или поздно остановиться на каком-то варианте решения; во-вторых, планирование осуществляется в течение определённого промежутка времени, в ходе которого может измениться как сама цепь поставок, так и внешняя среда, поэтому сформированные планы нуждаются в корректировке и адаптации.

Основными требованиями к комплексному планированию являются:

- Реализуемость (план должен быть реализуем в условиях реальной действительность),
- Целедостижимость (план должен обеспечивать достижение поставленных целей менеджемента),
- Анализируемость (план в целом и его отдельные операции должны быть анализируемы),
- Контролируемость (план в целом и его отдельные операции должны быть контролируемы),
- Регулируемость (план в целом и его отдельные операции должны быть регулируемы и адаптивны),
- Синхронизируемость (план должен быть синхронизируем на горизонтальном уровне между отдельными предприятиями и на иерархическом уровне с планами вышестоящей и подчиненной системы).
- Разработка не планов-расписаний, а ситуативных планов-инструкций, с помощью которых можно легко обеспечить адаптивность.

На практике нередко возникают ситуации, когда приходится вообще отказываться от планирования как системы достижения целей и достигать эти цели эмпирическим путем. Здесь очень важен вопрос анализа сложности и управляемости системы (см. также главу 4, Т.1). Система

может быть такой сложной, что планирование становится просто бессмысленным в силу следующих основных причин:

- Очень долгий и сложный процесс планирования, в течение которого реальность может значительно измениться,
- Составленный сложный план невозможно анализировать, контролировать и изменять,
- План неустойчив и рушится под возмущающими воздействиями.

Не только сложность системы, но и неопределенность ее развития может служить причиной невозможности точного планирования. Если на момент составления плана недостаточно точной информации о динамике развития системы, то необходимо определить те ключевые операции и события, неизвестность состояния которых не позволяет сформировать план. В результате такого анализа могут быть сформированы несколько альтернативных сценариев развития событий. Далее, когда с течением времени неопределенные на начальном этапе состояния операций приобретают те или иные характеристики, появляется возможность быстрого выбора из множества альтернатив и составления плана.

Анализ показывает, что задачи планирования и оперативного управления цепями поставок концептуально тесно связаны друг с другом. Данная взаимосвязь заключается в следующем: эффективность управления цепями поставок на этапе планирования зависит, в общем случае, от двух составляющих – принимаемых в данный момент плана и от будущих управляющих воздействий, направленных на устранение возможных отклонений от плана. С другой стороны, эффективность регулирующих воздействий также зависит от двух составляющих: принимаемого (выбираемого) в данный момент регулирующего воздействия и от будущего корректирующего воздействия, направленного на устранение возможного отклонения. Таким образом, подсистема регулирования и планирования должны обладать свойством взаимной рефлексии, т.е. в каждой из них должны воспроизводиться механизмы принятия решений другой подсистемы. Перспективным направлением является развитие не оптимальных планов-расписаний, а ситуативных планов-инструкций, с помощью которых можно легко добиться адаптивности.

Задачи планирования и оперативного управления цепями поставок концептуально тесно связаны друг с другом. Перспективным является развитие не оптимальных планов расписаний, а ситуативных планов-инструкций, с помощью которых можно легко добиться адаптивности.

17.1.2. Адаптивное планирование

Принципы *адаптивного или «скользящего» (rolling) планирования* основаны на работах [12, 57, 203, 284, 289, 304, 330]. В данной постановке, планирование рассматривается ни как дискретный, а как непрерывный адаптивный процесс. Для адаптации планов системно рассматривается информация о прошлом, текущем и прогнозируемом будущем состоянии системы. Это позволяет комплексно рассматривать этапы планирования и оперативного управления цепями поставок, а также адаптировать соответствующие модели к текущим условиям функционирования цепей поставок, например, путем изменения принципов выбора партнеров в цепях поставок, структуры алгоритма планирования, параметров и критериев модели планирования и т.д. [92-96]. Дополнительная информация по использованию принципов адаптивного планирования содержится в § 17.5.

17.1.3. Концептуальная постановка задачи планирования и оперативного управления цепями поставок

Рассмотрим концептуальную постановку задачи планирования и оперативного управления цепями поставок. Цепи поставок формируются исходя из множества потенциальных исполнителей работ. Характерным является наличие альтернативных исполнителей, отличающихся друг от друга по некоторым параметрам ключевых компетенций (сроки поставок, цены и т.д.). Взаимодействие предприятий осуществляется децентрализованно. При этом существует координатор цепи поставок (фокусная компания или 4PL провайдер), который несет ответственность перед клиентом и координирует при необходимости деятельность участников цепи поставок. Как на этапе планирования, так и на этапе опе-

ративного управления, решаются задачи синтеза и анализа цепи поставок (рис. 17.1).

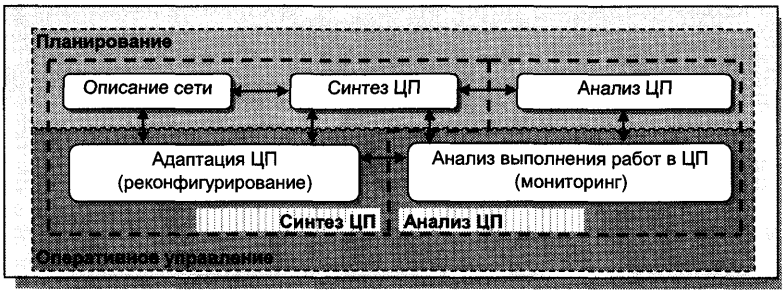


Рис. 17.1. Основные задачи управления цепями поставок [71]

Задача планирования в цепи поставок состоит из задач синтеза и анализа цепи поставок. Задача синтеза состоит в выборе на множестве альтернативных цепей поставок наилучшей конфигурации цепи поставок (состава исполнителей и плана выполнения работ) с учетом параметров заказов клиентов (сроки поставок, цены, количество, технология изготовления и т.д.), а также характеристик доступных в данных момент времени компетенций предприятий (производственные мощности, затраты и т.д.). Задача анализа плана цепи поставок состоит в проверке его выполнимости в реальных условиях функционирования.

Задача оперативного управления цепью поставок состоит из задач оперативного анализа цепи поставок (мониторинга) и реконфигурирования (синтеза нового структурно-функционального облика цепи поставок) в случае недопустимых отклонений от плановых состояний в результате воздействия возмущающих факторов.

Целью мониторинга цепи поставок является отслеживание влияния возмущающих факторов на параметры функционирования цепи поставок, а целью реконфигурирования цепи поставок – компенсирование возникающих отклонений путем структурных, функциональных и других преобразований. Задача мониторинга состоит в как можно более раннем распознавании рисковых ситуаций, которые могут привести к отклонениям в работе цепи поставок, а задачей регулирования – разрешение проблемных ситуаций с помощью определенных управляющих воздействий.

На рис 17.2 представлена кибернетическая схема управления цепью поставок с обратной связью.

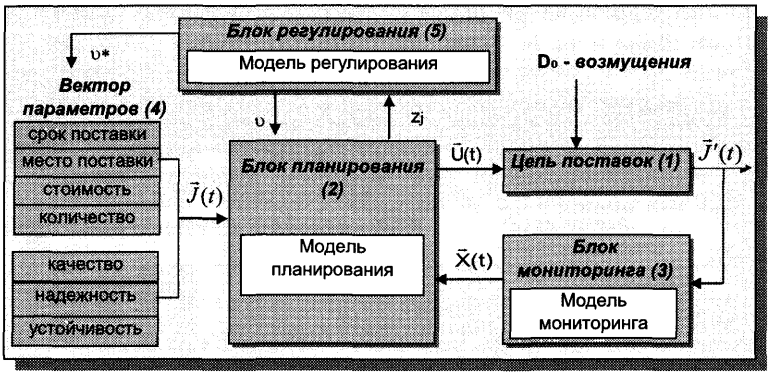


Рис. 17.2. Кибернетическая модель управления цепями поставок

Предложенная схема управления цепями поставок состоит из *пяти основных частей:* цепи поставок (1) как объекта управления, блока планирования (2), содержащего соответствующие модели и алгоритмы, системы мониторинга (3), задающего вектора параметров (4) и блока регулирования (5). Данные части взаимосвязаны и образуют два *контура управления*: основной контур (блоки 2, 3, 1), обеспечивающий функционирование цепи поставок и отслеживающий соответствие фактических значений параметров функционирования цепи поставок $\vec{J}'(t)$ плановым значениям $\vec{J}(t)$ так, чтобы отклонение $\delta_j = (\vec{J}'(t) - \vec{J}(t))^2$ было минимальным, и дополнительный контур (блоки 5, 4, 2, 1, 3), который служит для мониторинга выполнения процессов в цепи поставок и выработки регулирующих управляющих воздействий в случае отклонений от планового состояния или изменений целевых установок (см. главы 15-16).

Блок планирования содержит специально разработанные для оперативного управления цепями поставок алгоритмы, например, АСО-алгоритмы, предназначенные для поиска наилучших конфигураций цепи поставок [230]. Его главной задачей является построение цепи поставок в соответствии со значениями целевых показателей.

Основной задачей *блока мониторинга* является измерение фактических параметров функционирования цепи поставок и сравнение их с плановыми. В случае отклонения от планового состояния запускается блок регулирования. Таким образом, регулирующие воздействия выра-

батываются на основе актуальной информации о текущем функционировании цепи поставок. Блок регулирования служит для выработки компенсирующих воздействий u, u^* на основе актуальных данных z_j. После этого, сформированные управляющие воздействия передаются в блок планирования, где осуществляется реконфигурирование ЦП.

17.2. Обобщенная схема комплексного моделирования цепей поставок

Рассмотрим обобщенную схему комплексного моделирования задачи динамического структурно-функционального синтеза и реконфигурирования цепи поставок [72, 228, 229].

Шаг 1. Описание структур цепи поставок

Исходных пунктом моделирования цепи поставок является описание элементов и структур цепи поставок. Цепи поставок характеризуются множеством структур (структура целей, функций и задач цепи поставок; структура технологии функционирования цепи поставок; технологическая структура; топологическая структура; организационная структура; структура информационного обеспечения цепи поставок [94, 96, 284].

Перечисленные структуры являются инвариантными для любого класса цепей поставок и должны учитываться в первую очередь при системном исследовании цепей поставок. Особенность задач планирования цепи поставок состоит в том, что все перечисленные структуры на различных этапах её жизненного цикла под действием субъективных и объективных причин *постоянно изменяются*, другими словами, наблюдается *структурная динамика.*

Совместное решение задач планирования и функционирования цепи поставок основано на построении соответствующего полимодельного комплекса, описывающего все основные аспекты исследуемых процессов. Масштабность и сложность исследуемых задач требует обоснованного выбора соответствующей методологии их решения. По нашему мнению она должна базироваться на методологиях обобщённого системного анализа, современной теории управления и мультиагентных систем (см. главу 14). В рамках данных методологий на основе гармоничного сочетания формально-математических и логико-эвристических методов осуществляется конструктивное решение разнородных и раз-

ноуровневых задач анализа и синтеза цепи поставок на различных этапах их жизненного цикла [284].

Шаг 2. Описание активных элементов

Использование методологии МАС позволяет описать элементы организационного графа (предприятия, компетенции) в качестве *активных элементов*, а также построить модель взаимодействия агентов (предприятий).

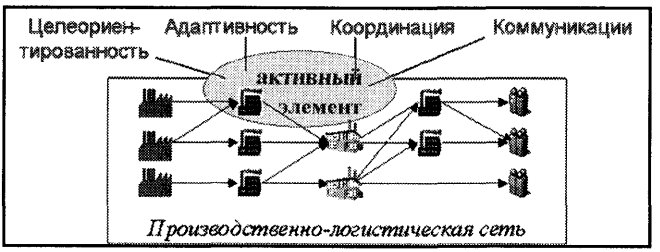


Рис. 17.3. Агенты как активные элементы в модели теории графов

Шаг 3. Моделирование структурной динамики цепей поставок

Далее необходимо перейти к динамическому описанию сети, т.е. построить модели функционирования цепи поставок. Данный переход представляется возможным на основе использования динамического альтернативного мультиграфа и категорийно-функториального описания [92-96, 284 308].

Шаг 4. Учет факторов неопределенности

После комплексного описания цепи поставок необходимо перейти к рассмотрению факторов и условий планирования функционирования цепи поставок. Основой управления цепями поставок является определение целевых критериев, т.е. постановка многокритериальной задачи и определение методов ее решения. Особенностью данной проблематики применительно к цепям поставок является необходимость балансировки общесистемных критериев (параметров заказов клиентов, показателей прибыли и рентабельности и т.д.) и локальных целевых критериев предприятий.

Другой важной составляющей описания факторов и условий планирования функционирования цепи поставок является комплексный ана-

лиз факторов неопределенности и их интеграция в модели и алгоритмы планирования и управления цепями поставок.

Шаг 5. Расчетные алгоритмы

Далее необходимо разработать собственно алгоритмы планирования цепи поставок. Результатом этапа планирования является конфигурирование цепи поставок (т.е. формирование ее функционально-организационной структуры, информационной структуры, определение сроков старта и окончания работ, построение сценариев функционирования и регулирования цепи поставок).

Шаг 6. Мониторинг и регулирование

Модель оперативного управления цепями поставок базируется на моделях мониторинга и регулирования цепи поставок. Учитывая, что функционирование цепи поставок является чрезвычайно динамичным процессом, сопровождающимся структурной динамикой, активностью элементов сети и значительной неопределенностью, фаза оперативного управления приобретает особо важное значение. Тесная взаимообусловленность и рефлексия моделей управления цепями поставок обусловливает необходимость формирования соответствующих моделей на единой методологической основе для обеспечения адекватности моделей текущим условиям функционирования цепи поставок.

17.3. Обобщенная аналитическая модель планирования и оперативного управления адаптивными цепями поставок

Как уже отмечалось в главе 7, Т.1, основным отличием адаптивных цепей поставок от традиционных цепей поставок является создание дополнительного структурно-функционального резерва из различных альтернативных поставщиков для возможности оперативного маневра с целью учета колебаний спроса, заказов технологически новых продуктов, нарушений в процессе выполнения работ в цепях поставок.

В данном параграфе представлена общая модель поддержки принятия решений по оперативному планированию или перепланированию заказов клиентов на основе формирования новых структур с учетом индивидуальных характеристик заказа, изменения объемов поставок

или, при необходимости, внесения оперативных изменений в ход выполнения уже запущенных заказов.

Особенностью модели управления адаптивными цепями поставок является одновременный структурно-функциональный синтез цепей поставок. Модель направлена на повышение уровня сервиса за счет увеличения скорости реакции на заказы потребителей, гибкости относительно продуктовой программы, а также снижение логистических затрат.

Особенностью разработанной модели является одновременный структурно-функциональный синтез цепей поставок на основе ключевых компетенций. Представленная модель направлена на повышение уровня сервиса за счет увеличения скорости реакции на заказы потребителей, гибкости относительно продуктовой программы, а также снижение логистических затрат.

17.3.1. Пространственный» и временной аспекты планирования

Рассмотрим концептуальную постановку задачи планирования и оперативного управления адаптивными цепями поставок [48-51, 113, 142, 152, 175-177, 182]. Адаптивная цепь поставок состоит из множества предприятий-изготовителей, поставщиков сырья и материалов, складских терминалов, транспортных фирм, которые обладают определенными функциональными возможностями (*компетенциями*). В каждый момент времени в цепи поставок имеется несколько претендентов на каждую из работ (см. рис. 17.4).

Основными этапами *технологии управления адаптивными цепями поставок* являются: планирование, мониторинг и адаптация. Главная особенность процессов производства и логистики в адаптивных цепях поставок состоит в привлечении, как правило, большого количества поставщиков сырья, материалов, комплектующих элементов, а также соисполнителей для реализации отдельных этапов производственного процесса.

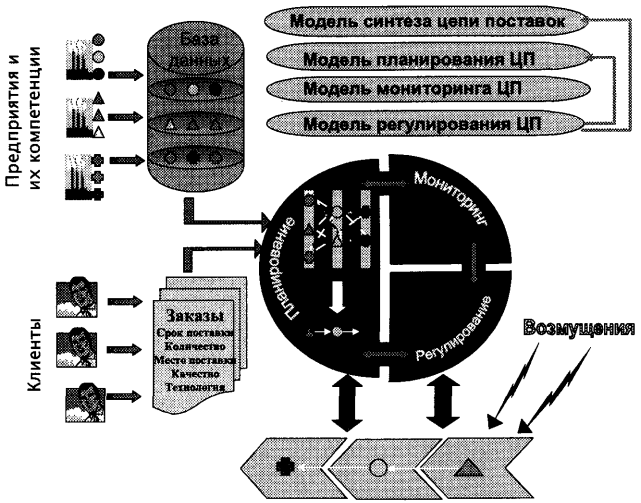


Рис. 17.4. Управление адаптивными цепями поставок

Задача размещения заказов на поставку или выполнение некоторых производственных функций, состоит в поиске по определенным критериям наилучших партнеров (соисполнителей (контрагентов, субконтракторов), поставщиков). Как было ранее отмечено, эта задача относится, условно говоря, к *«пространственному» аспекту* планирования. В результате решения этой задачи формируется производственно-логистическая структура.

При выборе исполнителей предполагается выполнение работ по структуризации производственного процесса. Однако, возможен вариант постановки задачи, когда структуризация процесса производства осуществляется с учетом компетенций потенциальных исполнителей отдельных этапóв. Такая «совмещенная» постановка задачи, в общем случае, имеет более высокую размерность, что усложняет ее практическую реализацию, но, с другой стороны, может привести к получению дополнительного экономического эффекта.

Будем в дальнейшем рассматривать более простую и чаще имеющую место на практике ситуацию, когда процесс производства структурирован только на основании «технологической логики». Эта ситуация соответствует распространенному типу отношений между предприятиями-

партнерами, когда фокусной компании принадлежит ведущая роль в организации процесса производства изделия и оно осуществляет выбор соисполнителей этапов из соответствующих списков предприятий-субконтракторов. Другими словами, рынок производственных услуг является «рынком потребителя».

Если число потенциальных исполнителей некоторой функции процесса исполнителей невелико (рынок «продавца услуг»), то условиям партнерских отношений может быть принятие структуры процесса, более выгодной для исполнителя. Подобная ситуация может, например, иметь место, когда результаты отдельных этапов трудно формализовать и представить в некоторой «стандартизированной» форме.

Будем полагать, что структура процесса задана и имеет вид технологического графа, состоящего из множества вершин, ассоциированных с этапами процесса и, следовательно, с необходимыми компетенциями исполнителей, и заданного на этом множестве отношения непосредственного предшествования. Эти отношения предопределены принятой технологией производства изделия.

Технологический граф является первой составляющей исходных данных. Второй является множество исполнителей, с каждым элементом которого (т.е. потенциальным исполнителем) связан список его компетенций. Итак, *пространственный аспект* планирования предварительно структурированного процесса производства изделия состоит в назначении исполнителей для каждого этапа процесса.

Наряду с продолжительностями выполнения этапов процесса отношения предшествования составляют основу исходных данных при реализации задачи календарного планирования. В отличие от задач изготовления изделий в рамках одного предприятия, когда длительности основных и вспомогательных операций являются нормированными величинами, в цепях поставок при выполнении отдельных этапов процесса, допускается большая свобода в выборе интенсивности использования исполнителями своих ресурсов. Сроки выполнения этапов устанавливаются контрактом между исполнителем и заказчиком и не являются параметрами управления со стороны последнего. Это обстоятельство привносит неопределенность в ситуацию формирования плана и, следовательно, приводит к появлению риска невыполнения в срок всего процесса. Снизить этот риск заказчик может, ужесточая условия договора или сдвигая договорные сроки для создания запаса по времени между датой потребности в результатах этапа и датой сдачи этапа ис-

полнителем. «Платой» за снижение риска является увеличение потребности в оборотных средствах и возникновение дополнительных организационных проблем.

Таким образом, *временной аспект* планирования процесса в цепях поставок отличается более широкими возможностями варьирования значений продолжительности этапов и сопряженным с этим риском нарушения сроков выполнения проекта в целом.

17.3.2. Аналитическая модель

Исходных пунктом моделирования цепи поставок является описание элементов и структур цепи поставок (см. § 17.2). Цепь поставок может состоять из множества $B = \{B_\mu, \mu \in M\}$ предприятий-изготовителей, поставщиков сырья и материалов, складских терминалов, транспортных фирм (в дальнейшем, предприятия). В рамках цепи поставок может выполняться множество операций $E = \{E_j, j \in L\}$. Цепь поставок может быть представлена в рамках общей теории графов в виде направленного (ориентированного) графа, в котором вершины являются компетенц-единицами предприятий, а дугами обозначены технологические связи между компетенц-единицами.

Таким образом, формируется статическое описание цепи поставок в виде ориентированного графа (рис. 17.5).

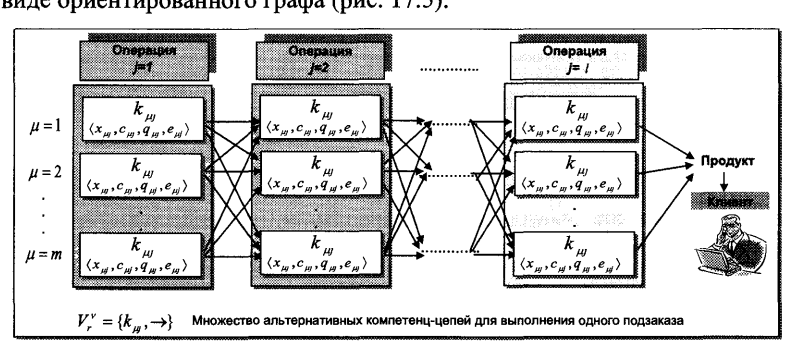


Рис. 17.5. Описание цепи поставок в виде компетенц-графа

При описании заказов клиентов, помимо традиционных параметров (сроки поставок, цены, количество, технология изготовления и т.д.), с

целью учета факторов неопределенности предлагается использовать ряд дополнительных характеристик, определяемых менеджером сети, таких как допустимый уровень надежности и запас устойчивости. Для этого при описании характеристик доступных компетенций предприятий, помимо традиционных параметров (производственные мощности, затраты и т.д.), вводится в рассмотрение параметр надежности предприятия, характеризующий риск невыполнения работы на данном элементе цепи поставок.

Для соотнесения элементов множеств B и E введем понятие *компетенции*. Под компетенцией будем понимать пару (B_μ, E_j), т.е. если μ-предприятие может выполнять j-операцию, то оно обладает компетенцией $k_{\mu j}$. Каждая компетенция характеризуется такими свойствами, как доступные производственные мощности $x_{\mu j}(t)$ на каждом из интервалов времени t, стоимость выполнения работы $c_{\mu j}$, надежность $q_{\mu j}$.

Т.к. элементы графа являются активными, действуют целеориентированно, автономно и коммуницируют с другими агентами, целесообразно ввести в рассмотрение описание элементов графа в виде активных элементов в терминах мультагентных систем.

Для формального представления агентов, как правило, используются три основные функции [99]: производственная функция, функция прибыли и функция предложения. Агенты имеют собственные локальные цели. В частности, каждое предприятие по каждой из своих компетенций стремиться, во-первых, к максимальному использованию мощностей $x_{\mu j}(t) - \tau_j^{\nu}(\lambda_{\nu j}^{\mu}) \to \min$, $\lambda_{\nu j}^{\mu} \in \Delta, \lambda_{\nu j}^{\mu} \in \{0;1\}$, а во-вторых – к получению работы с максимальным уровнем прибыли $p_j^{\nu} - c_{\mu j}(\lambda_{\nu j}^{\mu}) \to \max$, где τ_j^{ν} – нормативное временя выполнения работы, p_j^{ν} – предлагаемая цена за выполнение работы, $\lambda_{\nu j}^{\mu}$ – вариант использования ресурсов агентом B_μ, Δ – множество альтернативных вариантов использования ресурсов.

Для множества заказов двухкритериальная функция прибыли может быть сформулирована как

$$\begin{aligned} J_1^{\mu} &= \sum_{j=1}^{L} x_{\mu j}(t) - \sum_{j=1}^{l}\sum_{\nu=1}^{N} \tau_j^{\nu}(\lambda_{\nu j}^{\mu}) \to \min \\ J_2^{\mu} &= \sum_{j=1}^{l}\sum_{\nu=1}^{N} p_j^{\nu} - \sum_{j=1}^{l}\sum_{\nu=1}^{N} c_{\mu j}^{\nu}(\lambda_{\nu j}^{\mu}) \to \max \end{aligned} \qquad (37)$$

Для учета так называемых «нежестких» факторов (soft-factors), как например, репутация фирмы, уровень доверия, надежность поставщика, предлагается ввести в рассмотрение функцию репутации агента $\varphi_{\mu j} = f(W_{\mu j}, V_j)$, где $W_{\mu j}$ – знания об агенте B_μ по компетенции $k_{\mu j}$, V_j – важность работы E_j. Функция предложения агента B_μ по компетенции $k_{\mu j}$ может быть сформулирована как

$$\mathrm{BF}_{\mu j} = f(x_{\mu j}(t), c_{\mu j}, q_{\mu j}, r_{\mu j}) \tag{38}$$

Для заказанного клиентом конечного изделия формируется заказ A. Для описания изделия используется многоуровневая спецификация. Для каждой позиции спецификации (сырье, материалы, детали, узлы, готовое изделие) формируется отдельный подзаказ A_ν. Выполнение заказа A состоит в выполнении всех ν-подзаказов. Таким образом, для выполнения заказа A в соответствии со спецификацией заказанного изделия формируется множество $A=\{A_\nu,\ \nu \in N\}$ подзаказов (множество подзаказов и заказ клиента обозначены одинаково с целью однозначного соотнесения каждого ν-подзаказа определенному заказу клиента).

Для каждого подзаказа известна технология его выполнения D_ν, которая представляет собой упорядоченную последовательность технологических операций E_j $(j=1,2,...,j_\nu)$, где j_ν - количество операций, необходимое для выполнения ν-подзаказа. Каждому подзаказу соответствует нормативное время выполнения $t_\nu > 0$, стоимость c_ν и критические сроки старта ρ_ν и окончания τ_ν. Упорядоченная совокупность технологий D_ν представляет собой технологический план $D^a=\{D_\nu, \rightarrow\}$ для заказа A. Подзаказы могут выполняться параллельно в соответствии со структурой спецификации и ограничениями по критическим срокам.

Выполнение заказа A должно быть произведено в соответствии с требованиями клиента, к которым относятся желаемая дата поставки T^a_{end}, предельно допустимая стоимость заказа C^a, а также ряд дополнительных параметров (место поставки, объем партии, риск возникновения брака и т.д.).

Задача составления плана цепи поставок состоит из двух этапов. На первом этапе, для каждой технологической операции каждого подзаказа определяются возможные исполнители работы из кластеров P^j, т.е. формируется множество альтернативных вариантов компетенц-цепей

$V_r^v, r \in R$. Каждая компетенц-цепь характеризуется своим набором исполнителей.

На втором этапе происходит оценивание альтернативных вариантов компетенц-цепей с учетом соответствия требованиям заказа клиента по срокам (39), стоимости работ (40) и надежности (41):

$$\max\{\tau_v\} \le T_{end}^a \pm \delta^{T_{end}^a} \tag{39}$$

$$\sum_{v=1}^{N} c_v \le C^a + \delta^{c^a} \tag{40}$$

$$\sum_{v=1}^{N} q_v \ge Q^a + \delta^{q^a} \tag{41}$$

По каждому *h*-параметру из множества оцениваемых параметров *H (*дата поставки, стоимость, надежность и т.д.) могут быть определены некоторые предельно допустимые отклонения δ_h. Компетенц-цепи, не удовлетворяющие ограничениям (39-41), из дальнейшего рассмотрения исключаются.

Из множества оставшихся вариантов компетенец-цепей следует выбрать единственный вариант. Наличие разнородных оценок вариантов делает целесообразным применение многокритериального подхода. В качестве критериев в данной постановке удобно использовать штрафные функции $f_h(\delta_h)$,зависящие от величины отклонений характеристик от желаемых значений. В общем виде, набор экстремальных требований условно может быть записан в следующей форме:

$$F = \langle f_1(\delta_1) \ldots f_H(\delta_H) \rangle \to \min \tag{42}$$

Для выбора финального варианта компетенц-цепи следует принять тот или иной принцип оптимальности и соответствующую ему форму свертки векторного критерия, а также установить веса локальных критериев. Выбор в этом случае включает этапы формирования множества Парето-оптимальных вариантов компетенц-цепей и выделения из этого множества единственного наиболее предпочтительного варианта.

Компетенц-цепь с соответствующими ей параметрами формирует участок цепи поставок для v-подзаказа, которую обозначим Λ_v. Совокупность Λ_v формирует общую цепь поставок для заказа клиента:

$$(\Lambda_\nu) = \langle V_r^\nu, \rho_\nu, \tau_\nu, c_\nu, q_\nu \rangle$$
$$\Lambda = \{(\Lambda_\nu), \nu \in N\} \quad (43)$$

Помимо указанных основных ограничений могут быть введены дополнительные ограничения организационного характера. К ним могут относиться: запрет на связи между некоторыми компетенциями (например, вследствие специфики сформировавшейся на рынке конкурентной ситуации), ограничения на допустимое количество перевозок в рамках одной компетенц-цепи (например, принимать в рассмотрение лишь те цепи, в которых на одном предприятии могут быть выполнены как минимум две последовательные операции – технологический блок) и т.д.

Далее необходимо разработать собственно алгоритмы планирования цепи поставок. В наших работах [70-96, 199-201, 228-255], мы рассмотрели различные аналитические (оптимизационные), эвристические (генетические алгоритмы) и имитационные (мультиагентные системы, линейные динамические системы, сети Петри) модели и алгоритмы синтеза цепи поставок.

В качестве примера рассмотрим обобщенный аналитический алгоритм построения календарного плана для выполнения заказа клиента в адаптивной цепи поставок [199]. Он включает в себя 4 основные стадии:

- I – нормативное моделирование выполнения заказа клиента и отбор компетенций-претендентов на выполнение определенных операций,
- II – отбор Парето-оптимальных компетенц-цепей для каждого подзаказа,
- III - отбор Парето-оптимальных цепей поставок для заказа клиента,
- IV – окончательный выбор цепи поставок.

На первой стадии составляется нормативная модель выполнения заказа клиента, т.е. каждому подзаказу ставится в соответствие плановое время $t_\nu > 0$, стоимость c_ν и критические сроки старта ρ_ν и окончания τ_ν его выполнения. Далее производится отбор компетенций-претендентов на выполнение определенных операций.

Вторая стадия состоит в отборе Парето-оптимальных компетенц-цепей для каждого подзаказа с учетом требований нормативной модели, а также ряда дополнительных структурных и организационных ограничений. После того, как для каждого подзаказа определено множество

альтернативных компетенц-цепей, необходимо произвести отбор наилучших из них. На первом шаге фильтрации исключаются из дальнейшего рассмотрения те цепи, которые не удовлетворяют организационным ограничениям и критическим срокам старта ρ_v и окончания τ_v. На втором шаге фильтрации исключаются цепи, не удовлетворяющие ограничению по стоимости изделия

$$\sum_{j=1}^{L} c_{\mu j} \le c_v + \delta_{c_v} \tag{44}$$

Оставшиеся альтернативы оцениваются по суммарной величине штрафных функций (таблица 17.1) с учетом требования

$$F = \langle f_1(\delta_1) \ldots f_H(\delta_H) \rangle \to \min \tag{45}$$

Таблица 17.1

Оценочные функции альтернативных компетенц-цепей для v-подзаказа

Альтернативные компетенц-цепи для v-подзаказа	**Оценки**				
	$f_1(\delta_1)$	$f_2(\delta_2)$	...	$f_h(\delta_h)$	$\sum f_h(\delta_h)$
V_1^v	$f_1(\delta_1)$	$f_2(\delta_2)$	...	$f_h(\delta_h)$	$\sum f_h(\delta_h)(V_1^v)$
V_2^v	$f_1(\delta_1)$	$f_2(\delta_2)$	...	$f_h(\delta_h)$	$\sum f_h(\delta_h)(V_2^v)$
……	……	……	...	……	……
V_r^v	$f_1(\delta_1)$	$f_2(\delta_2)$	...	$f_h(\delta_h)$	$\sum f_h(\delta_h)(V_r^v)$

Из полученных оценочных результатов отбираются альтернативы компетенц-цепей из числа Парето-оптимальных.

На третьей стадии производится отбор Парето-оптимальных цепей поставок для заказа клиента с учетом значений многокритериального вектора требований клиента. В качестве альтернативных элементов для выполнения каждого из подзаказов выступают отобранные на стадии 2 цепи поставок для каждого из подзаказов.

Множество Парето-оптимальных альтернатив по каждому из подзаказов может быть представлено в виде ориентированного графа $G = (V_v, \vec{Y}_v)$, состоящего из вершин V_r^v, соединенных дугами Y_v в соответствии с технологией изготовления изделия D^a. Каждой вершине графа соответствуют значения параметров цепи поставок Λ_v. Пути в этом

графе представляют собой альтернативные возможности выполнения заказа A.

На четвертой стадии выбирается окончательный вариант цепи поставок из предложенных на стадии 3 альтернатив. Каждая из данных альтернатив имеет различные значения по каждому из заданных критериев (сроки поставки, стоимость выполнения работ и т.д.). Отбор производится лицом, принимающим решение (ЛПР), исходя из степени соответствия желаемым значениям этих критериев и их важности.

Выбор наилучших вариантов цепей поставок происходит с учетом ограничений (39-41) с использованием оценочной системы, аналогичной выбору цепей поставок для подзаказа. Из найденных Парето-оптимальных решений, лицо, принимающее решение, осуществляет окончательный выбор цепи поставок A.

Результатом этапа планирования является конфигурирование цепи поставок и программ ее функционирования (т.е. формирование ее функционально-организационной структуры, информационной структуры, определение сроков старта и окончания работ, построение сценариев функционирования и регулирования цепи поставок).

Приведенная выше процедура является обобщенным аналитическим алгоритмом. Для решения реальных задач управления цепями поставок разработаны более сложные алгоритмы, в частности, эвристические алгоритмы (генетические алгоритмы), имитационные (мультиагентные системы, линейные динамические системы, сети Петри) модели, а также модели и алгоритмы синтеза цепей поставок на основе управления структурной динамикой цепей поставок. Именно модель управления структурной динамикой цепей поставок и будет рассмотрена в следующем параграфе.

17.4. Модель управления структурной динамикой цепей поставок[1]

17.4.1. Понятие структурной динамики

Современные исследования развивают подход к интегрированному рассмотрению управления не только как функции состояния, но и как функции структуры и даже функции одновременно и структуры, и состояния. Последний подход представлен в работе [284] в виде теории управления многоструктурными макросостояниями. В данном параграфе мы покажем развитие теории управления структурной динамикой применительно к предметной области управления цепями поставок.

Важной особенностью цепей поставок является их многоструктурность [79, 94, 96]. Цепь поставок не ограничивается только набором организационных элементов. Анализируя цепи поставок, необходимо рассматривать весь комплекс формируемых в ней структур – организационную, функциональную, информационную, продуктовую, технологическую, топологическую и финансовую структуры. Все эти структуры тесно взаимосвязаны и изменяются в динамике. Иными словами, на практике мы постоянно имеем дело со структурной динамикой [94, 96, 154, 284, 306, 308] (см. рис. 17.6).

На рис. 17.6, S - многоструктурное макросостояние цепи поставок, δ - номер многоструктурного макросостояния цепи поставок в динамике, $\{0,\ldots,K\}$ – детерминанты времени эволюции цепи поставок.

Почему необходимо многоструктурное представление цепей поставок и их структурной динамики? Во-первых, решения в управлении цепями поставок рассредоточены по различным структурам. Во-вторых, структуры и условия принятия решений изменяются в динамике. Результат решения одной задачи, как правило, является исходными данными для другой взаимосвязанной задачи.

---

[1] Данный параграф написан с использованием материалов проф., д.т.н. Р.М., Юсупова, Б.В. Соколова и М.Ю. Охтилева [284]

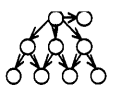
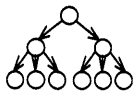
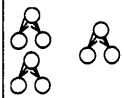
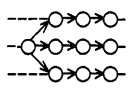
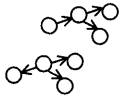
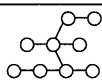
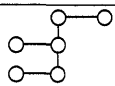
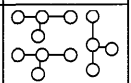
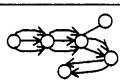
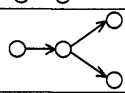
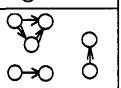
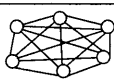
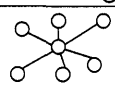
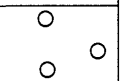
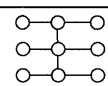
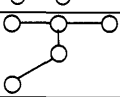
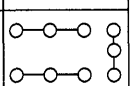
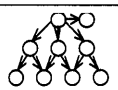
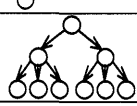
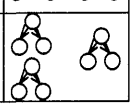
Структуры ЦП	Структурная динамика цепей поставок			
	$S_0^{(\delta)}$	$S_1^{(\delta)}$	...	$S_K^{(\delta)}$
Продуктовая структура			...	
Функциональная структура бизнес-процессов			...	
Организационная структура			...	
Технико-технологическая структура			...	
Топологическая структура			...	
Финансовая структура			...	
Информационная структура			...	

Рис. 17.6. Многоструктурное представление цепей поставок и их структурной динамики [96, 284]

Бизнес-процессы конфигурируются исходя из целей цепи поставок и продуктовой структуры, а выполняются на организационной и технико-технологической структурах с использованием информационных технологий. Элементы организационной структуры распределены географически и связаны с топологической структурой. Все управленческие и технологические процессы связаны с финансовой структурой. Решения на разных структурах связаны между собой. Изменения в одной структуре влекут за собой изменения в других структурах. Все это ставит требование рассмотрения *цепи поставок как сложной многоструктур-*

ной динамической системой с распределенным децентрализованным принятием решений.

Решения в управлении цепями поставок рассредоточены по различным структурам. Эти структуры и условия принятия решений изменяются в динамике. Решения на разных структурах связаны между собой. Изменения в одной структуре влекут за собой изменения в других структурах. Все вышеназванное требует рассмотрения цепей поставок как сложных многоструктурных динамических систем с распределенным децентрализованным принятием решений.

17.4.2. Обобщенная модель структурной динамики цепей поставок

Рассматриваемая модель основана на теории управления структурной динамикой сложных систем [284]. В ней впервые для предметной области управления цепями поставок предложено и реализовано использование *динамического альтернативного мультиграфа* и *многоструктурных макросостояний* цепей поставок.

Введем в рассмотрение ряд данных. Обозначим $D = \left\{ D^{(c)} \cup \{D_{æ}^{(i)}\}, æ \in K_i^{(o)} \right\}$ – множество макроопераций, выполняемых при функционировании цепи поставок; $\{D_{iwf\eta_1}^{(c,1)}\}$ – множество макро операций, описывающих процесс функционирования цепи поставок в макросостоянии S_{iwf} на η_1-м цикле управления; $\{D_{iwf}^{(c,3)}\}$ – множество макроопераций, описывающих процесс перехода цепи поставок из текущего макросостояния $S_{iw'f'}$ в требуемое макросостояние S_{iwf}; $P = \left\{ \{P_{<æ,\rho>}^{(i)}\} \cup \{P_{<æ,\rho>}^{(i,j)}\} \; æ' \in K_i^{(o)}, æ \in K_{<i,j>}^{(o)}, \rho \in K_i^{(п)} \right\}$ – множество потоков, образующихся при функционировании цепи поставок; $G = \left\{ G_\chi, \chi \in NS \right\}$ – множество возможных типов структур цепи поставок.

Для связи перечисленных множеств друг с другом введём в рассмотрение динамический альтернативный мультиграф (ДАМГ) следующего вида:

$$G_\chi^t = \left\langle X_\chi^t, F_\chi^t, Z_\chi^t \right\rangle \qquad (46)$$

где $X_{\chi}^{t}=\{x_{\chi l}^{t}, l \in L_{\chi}\}$ – множество элементов, входящих в состав структуры G_{χ}^{t} (множество вершин ДАМГ) в момент времени t; $F_{\chi}^{t}=\{f_{<\chi,l,l'>}^{t}, l,l' \in L_{\chi}\}$ – множество дуг ДАМГ типа G_{χ}^{t}, отражающих взаимосвязи между его элементами в момент времени t; $Z_{\chi}^{t}=\{f_{<\chi,l,l'>}^{t}, l,l' \in L_{\chi}\}$ – множество значений параметров, количественно характеризующих взаимосвязь соответствующих элементов ДАМГ.

Кроме того, зададим множество допустимых операций отображения указанных выше ДАМГ друг на друга $M_{<\chi,\chi'>}^{t}: F_{\chi}^{t} \to F_{\chi'}^{t}$ а также операции композиции указанных отображений в момент времени t: $M_{<\chi,\chi'>}^{t} = M_{<\chi,\chi_1>}^{t} \circ M_{<\chi_1,\chi_2>}^{t} \circ ... \circ M_{<\chi'',\chi'>}^{t}$.

С учётом вышеизложенного, многоструктурное состояние можно определить как подмножество декартова произведения множеств элементов, на которых строятся соответствующие структуры цепи поставок:

$$S_i \subseteq X_1^{t} \times X_2^{t} \times X_3^{t} \times X_4^{t}, \quad i = 1,..., K_{\Delta} \tag{47}$$

Множество многоструктурных состояний цепи поставок запишется следующим образом:

$$S = \{S_i\} = \{S_1,..., S_{K_{\Delta}}\} \tag{48}$$

Введём ещё множество допустимых операций отображения многоструктурных состояний цепи поставок друг на друга:

$$\Pi_{<i,i'>}^{t}: S_i \to S_{i'} \tag{49}$$

При этом предполагается, что каждое многоструктурное состояние цепи поставок в момент времени $t \in T$ задаётся в результате операции композиции соответствующих ДАМГ, описывающих каждый тип структуры. *Графовая интерпретация* рассматриваемых задач управления структурной динамикой цепей поставок в этом случае сводится к поиску такого многоструктурного состояния $S_i^{*} \in \{S_1, S_2,..., S_{K_{\Delta}}\}$ и такой последовательности (композиции) выполнения операций отображения во времени, при которых обеспечивается выбор и реализация оптимальной (с точки зрения обобщённого показателя эффективности)

программы управления структурной динамикой цепи поставок, обеспечивающей переход динамической системы из заданного в требуемое многоструктурное состояние (рис. 17.7).

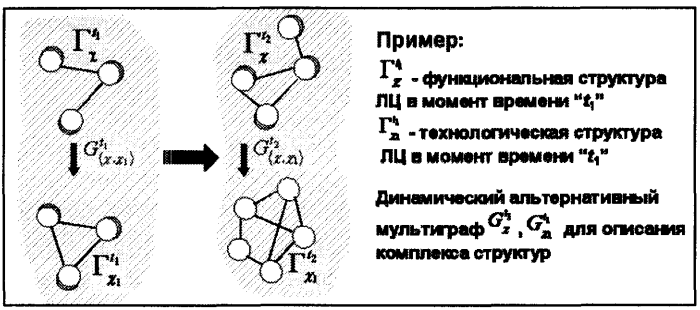


Рис. 17.7. Графовая интерпретация задач управления структурной динамикой цепей поставок

При описании динамики цепей поставок формируется комплекс динамических моделей управления цепями поставок. К основным *динамическим моделям* данного комплекса относятся:

- модель управления каналами цепи поставок,
- модель управления операциями, проводимыми в цепи поставок,
- модель управления потоками в цепи поставок,
- модель управления ресурсами в цепи поставок,
- модель управления параметрами операций, проводимыми в цепях поставок,
- модель управления структурной динамикой цепи поставок,
- модель управления многоструктурными макросостояниями цепи поставок.

При построении данных моделей используется *динамическая* интерпретация происходящих в цепях поставок событий. Переход от статической графовой модели к динамическим моделям возможен на основе использования *полимодельных комплексов*. В развиваемом в данной работе подходе предлагается использовать функториальный переход из категории орграфов *Kat Ф,* задающей модели технологий выполнения работ (операций) ЦП, в категорию динамических моделей *Kat D,* описывающих собственно процессы функционирования цепи поставок. В этом случае конструирующий ковариантный функтор $G: \Phi \rightarrow D$ уста-

навливает соответствие как между вершинами ориентированного графа в статической модели планирования работ в цепи поставок и динамическими моделями, описывающими процессы выполнения работ в цепи поставок, так и между рёбрами графа и отображениями динамических моделей, названными отображениями сопряжённости (рис. 17.8).

В рамках данного полимодельного описания выполняются не только условия функториальности, но и общности положения отображений сопряженности. Это открывает широкие возможности для использования достижений современной теории управления для решения задач структурно-функционального синтеза цепей поставок.

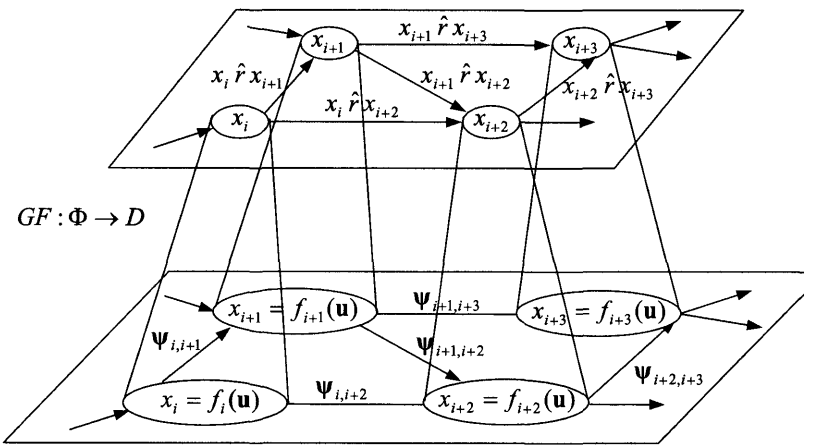


Рис. 17.8. Функториальный переход из категории статических моделей в категорию динамических моделей цепи поставок

Упрощенный вариант отношений сопряженности может быть представлен в виде следующей модели:

$$\Psi = \left\{ \mathbf{u} \mid a'_{vj} = \sum_{j=1}^{l} u_{ij}; \sum_{i=1}^{n} u_{ij}(t) \le 1; \sum_{j=1}^{l} u_{ij} \le 1; u_{ij}(t) \in \{0,1\}; \right.$$

$$t \in (t_0, t_f] = T;\ a'_{vj}(t_0) = 0;\ a'_{vj}(t_f) = a_{vj}; \qquad (50)$$

$$\left. \sum_{j=1}^{l} u_{ij} \left[\sum_{\varepsilon \in \Gamma^-_{1i}} (a_\varepsilon - a'_\varepsilon(t)) + \prod_{\varphi \in \Gamma^-_{i2}} (a_\varphi - a'_\varphi(t)) \right] = 0; i = 1,...,n;\ j = 1,...,l \right\}$$

где $a'_{vj}(t)$ – переменная, характеризующая состояние выполнения операции (работы) E_{vj} в момент времени t; a_{vj} – заданный объём выполнения указанной операции; $u_{ij}(t)$ – управляющее воздействие, принимающее значение 1, если операция E_{vj} выполняется на B_μ предприятии (участке) поставок, 0 – в противоположном случае; $\varepsilon \in \Gamma^-_{1i}$, $\kappa \in \Gamma^-_{2i}$ – множество номеров операций, непосредственно предшествующих и технологически связанных с операцией E_{vj} с помощью логических операций "И", "ИЛИ" (альтернативное "ИЛИ")

17.5. Динамическая многокритериальная модель и алгоритм интегрированного адаптивного планирования (planning) и нахождения расписаний (scheduling) цепей поставок[2]

Краткая аннотация

Планирование цепей поставок состоит в определении целей рассматриваемого уровня управления и мер по их достижению. Например, целью тактического планирования является получение прибыли, а мерами получения прибыли является реализация заказов клиентов на имеющихся ресурсах. Для реализации плана формируются оперативно-календарные расписания выполнения заказов. Составление планов свя-

[2] Данный параграф написан совместно с проф., д.т.н. Б.В. Соколовым и с использованием материалов [187, 256, 257, 284].

зано с многокритериальностью, а выполнение составленных расписаний связано с неопределенностью и неизбежными изменениями расписаний и планов.

Предлагается динамическая многокритериальная модель интегрированного адаптивного планирования (planning) и нахождения расписаний (scheduling) цепей поставок. Модель основана на теории управления в сочетании с методами исследования операций и мультиагентных систем. Модель позволяет осуществлять динамическое многокритериальное составление расписаний в соответствии с изменениями целей планирования, спроса на продукцию и доступности ресурсов. Это означает, что в такой постановке управление цепями поставок рассматривается с позиций реализации планов (динамики функционирования цепей поставок), а не с позиций составления идеальных нереалистичных планов.

В предлагаемой модели, управление цепями поставок рассматривается с позиций реализации планов (динамики функционирования цепей поставок), а не с позиций составления идеальных нереалистичных планов.

Речь идет о ином взгляде на моделирование и оптимизацию цепей поставок, при котором появляется возможность не только решать задачи в заданной системе управления, но и формировать эту систему для решения в ней управленческих задач. Это дает возможность перейти от формирования нереалистичных оптимальных планов к адаптивным и анализируемым планам, обеспечивающим достижение целевых значений многих показателей экономической эффективности с требуемой степенью устойчивости.

17.5.1. Планирование расписаний в цепях поставок: проблемы и тенденции

Традиционно, задача нахождения оптимальных оперативных планов (составления производственных расписаний; scheduling) состоит в нахождении оптимального распределения некоторого множества работ на заданном множестве ресурсов исходя из одного целевого критерия (как правило, минимизация общего времени выполнения работ). Данная задача, известная как задача Джонсона, широко исследуется в теории. Известно, что по мере увеличения размерности задачи количество воз-

можных вариантов распределения работ по ресурсам стремительно увеличивается. Известно множество алгоритмов нахождения оптимальных решений при случаях с двумя ресурсами, а вот, например, для задачи 10x10 (10 ресурсов, 10 работ) нахождение оптимума практически невозможно или связано с колоссальными затратами времени на вычисление. Поэтому для задач большой размерности используются, как правило, эвристические алгоритмы, например, генетические алгоритмы. Они не гарантируют оптимального решения, но позволяют достаточно быстро найти приемлемое (допустимое) решение. Помимо неоптимальности решений, использование эвристик имеет и ряд других недостатков. Во-первых, нет возможности оценить качество решения (если только речь не идет о некоторой стандартной, т.н. бенчмаркинговой проблеме, для которой известно оптимальное решение), а во-вторых остается нерешенной проблема многокритериальности.

Но и эти недостатки не самые главные. Они имеют больше научный, теоретический характер. Значительно большее значение имеет то, что такой подход к решению задач планирования расписаний имеет очень слабую связь с реалиями управления цепями поставок. Пожалуй, главным недостатком моделей планирования цепей поставок является отсутствие системы обратной связи. Планирование цепей поставок связано со значительной неопределенностью условий, в которых будет происходить реализация цепей поставок. С другой стороны, выполнение работ в цепях поставок сопровождается непрерывными изменениями первоначальных планов вследствие влияния различных объективных и субъективных факторов внутренней и внешней среды. Это требует оперативной корректировки как самих цепей поставок, так и моделей управления ими. Кроме того, цепи поставок как сложный объект планирования и управления, как правило, описывается с помощью *нескольких моделей* (статические и динамические, стохастические и детерминированные, аналитические и имитационные и т.д.).

Если обратиться к рисунку 13.1 (глава 13), то имеющиеся в настоящее время модели управления цепями поставок (главным образом, на основе методов исследования операций) представляют собой только верхнюю часть рисунка, т.е. систему исключительно с позитивным циклом управления (без системы обратной негативной связи через модуль *F*). Это означает, что в моделях не учитывается динамика фактической реализации процессов в цепях поставок, а, значит, такой подход право-

мерен лишь для тех задач, где нужно получение одноразового оптимального решения определенной проблемы.

В работе [130] отмечается, что «задача *планирования расписаний* (Scheduling) не может более рассматриваться с точки зрения статического назначения работ на постоянную структуру ресурсов. Новая цель планирования расписаний определяется ни как составление оптимального расписания для набора работ, а как динамическое составление расписания в соответствии с изменениями спроса и доступности ресурсов. Данная концепция названа Real-time Scheduling (планирование расписаний в режиме реального времени)». Еще одной важной особенностью планирования расписаний является учет активности элементов цепей поставок, что не позволяет рассматривать их как статичные машины, на которые можно *назначать задания без согласования с ними*.

Составление расписания в режиме реального времени означает, что необходимо введение обратной связи в концептуальную модель планирования расписаний. Таким образом, появляется возможность не просто для решения задачи в рамках фиксированных начальных условий (постановки задачи), но и для формирования самой системы управления и решения в ней управленческих задач. И это имеет большую практическую значимость, т.к. в реальности нам, как правило, нужно не просто найти оптимальное решение для какой-то задачи, но обеспечить выполнение целей планирования, поставленных перед вышестоящей системой (например, достичь определенного уровня прибыли).

Поэтому стремиться нужно не к решению задачи в рамках фиксированной постановки (например, оптимизации распределения 5 заказов по 10 ресурсам), а к достижению максимальной прибыли от деятельности в цепи поставок. А для этого, возможно, нужно решать задачу распределения 4 заказов по 7 ресурсам. Именно параллельное рассмотрение формирования задачи (планирования) и ее решения (составления расписания) является основной идей предлагаемой модели. На практике необходимо не наличие оптимальных планов, но адаптивных и анализируемых планов, обеспечивающих достижение целевых значений многих показателей экономической эффективности с требуемой степенью устойчивости. Оптимизация цепи поставок должна рассматриваться именно с позиций целостного анализа цепи создания стоимости и ключевых показателей эффективности (KPI), а не локальной оптимизации времени производственного цикла, уровня запасов и т.д.

На практике необходимо не наличие оптимальных планов, но адаптивных и анализируемых планов, обеспечивающих достижение целевых значений многих показателей экономической эффективности с требуемой степенью устойчивости. Оптимизация цепи поставок должна рассматриваться именно с позиций целостного анализа цепи создания стоимости и ключевых показателей эффективности (KPI), а не локальной оптимизации времени производственного цикла или запасов.

17.5.2. Методология решения задачи

Модель основана на теории оптимального управления в сочетании с методами исследования операций и мультиагентных систем. Пожалуй, главным причиной использования теории управления является система обратной связи. Теория управления содержит мощный методический и конструктивный аппарат, предназначенный в первую очередь для решения динамических задач гибкого распределения комплекса работ между различными ресурсами. Система с обратной связью имеет целый ряд преимуществ:

- устранение нарушений,
- гарантированное выполнение процессов даже в условиях неопределенности, когда структура модели не соответствует в точности реальным процессам и параметры модели не точны,
- стабилизация неустойчивых процессов,
- снижение чувствительности к колебаниям значений параметров.

Комбинирование теории управления с методами исследования операций и мультиагентных систем связано с наличием ограничений использования положений теории управления для предметной области цепей поставок. В теории управления управляющей системой является автоматический прибор. В цепях поставок – это человек, принимающий решения. А человек, в отличие от автоматического прибора, имеет собственные цели, интересы, индивидуально воспринимает опасность и риск (ему, например, не нужна 100%-надежность выполнения процессов). Поэтому здесь необходимо не решать строго оптимальные задачи, а формировать решения в виде множества альтернатив, из которых ме-

неджеры могли бы выбирать наиболее подходящее им решение. Другой проблемой является сложность разработки динамических моделей и дифференциальных уравнений. Пожалуй, это главная проблема, почему методы теории управления не нашли пока широкого распространения в управлении цепями поставок. При рассмотрении математической модели мы покажем пути решения этих проблем, как на концептуальном уровне путем комбинирования теории управления с агентными системами для учета человеческого фактора принятия решений, так и на математическом уровне путем существенного упрощения формирования динамических моделей и сокращения размерности решаемых задач в процессе вычислений с помощью ряда специальных математических приемов.

17.5.3. Принцип работы модели и алгоритма

Математическая модель является реализацией концептуальной кибернетической схеме управления цепями поставок, представленной на рис. 17.2. Предлагаемая математическая модель основана на теории оптимального управления, теории динамических систем и концепции адаптивного планирования. *Адаптация* планов осуществляется на основе изменения параметров моделей планирования. При этом адаптация к "прошлому" осуществлялась на основе анализа предыдущих реализаций планов, а адаптация к "будущему" на основе анализа устойчивости планов по отношению к различным сценариям возмущающих воздействий. На рис. 17.9 представлена обобщенная структурная схема указанной обобщенной процедуры.

В модели реализована многоэтапная процедура решения многокритериальной задачи адаптивного планирования работ и составления расписания их выполнения при реализации поставок. При этом в каждый момент времени при решении данной динамической задачи с помощью *принципа максимума* Л.С. Понтрягина [257, 278, 284] решаются следующие задачи математического программирования:

- Задачи линейного программирования и транспортные задачи при определении назначения работ на конкретные виды ресурсов,
- Задачи целочисленного программирования при распределении складируемых (материальных) и нескладируемых (временных) ресурсов.

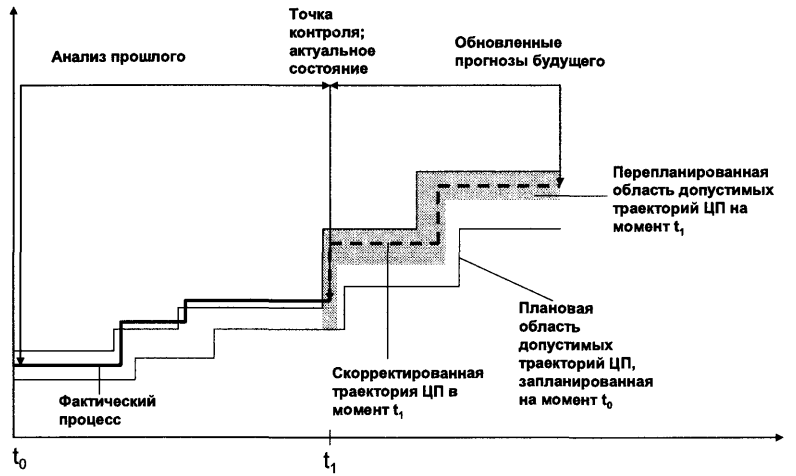


Рис. 17.9. Обобщенная схема реализации адаптивного планирования

Процедура решения построена на использовании релаксированной задачи и *множителей Лагранжа в динамической интерпретации*. Модель управляемых процессов представлена в виде линейной динамической системы, а нелинейность и нестационарность процессов перенесена в блок ограничений. Ранее, в классической теории управления, эта нелинейность присутствовала в самой модели процессов, что приводило к сложнейшей системе дифференциальных нелинейных уравнений. По сути, наряду с проблемой бесконечности производной от ступенчатой функции [257, 279], это явилось тем тормозом, который практически прекратил развитие методов оптимального управления применительно к экономических системам.

Предложенный подход позволяет комбинировать дискретность процессов принятия решения в цепях поставок и непрерывность потоковых процессов в них.

Предложенная нами модель позволяет получить свойство выпуклости и перейти к интервальным ограничениям. Но, самое главное, что в результате появляется конструктивная возможность решения дискретных по своей природе задач (а таковыми являются практически все экономические задачи) в непрерывном виде и получать в результате дис-

кретные значения. Таким образом, нам удается комбинировать *дискретность процессов принятия решения в цепях поставок и непрерывность потоковых процессов в них.*

Работа модели основана на существенном *сокращение размерности задач* теории расписаний, решаемых в каждый момент времени (за счёт рекуррентного описания моделей операций).

Работа модели основана на существенном сокращение размерности задач теории расписаний, решаемых в каждый момент времени (за счёт рекуррентного описания моделей операций).

Текущая размерность решаемых задач оптимального планирования операций в ЦП по соответствующим ресурсам определяется числом независимых путей в графе, т.е. в текущем фронте работ находятся активные операции, для которых выполняются экономические, пространственно-временные и технологические ограничения.

Операции уже выполненные и/или операции еще неразрешенные к выполнению (из-за невыполнения соответствующих ограничений) во фронт работ не входят. Это позволяет свести решаемую задачу к условиям полиноминальной, а не экспоненциальной сложности. При традиционном подходе к решению задач теории расписаний (модели и методы математического программирования, динамического программирования и т.п.) при поиске решений приходиться все время манипулировать практически со всем списком операций и ограничений.

Работа модели основано на получении начального решения (расписания) на основе эвристического алгоритма, который запускает собственно оптимизационную модель (см. рис.17.10).

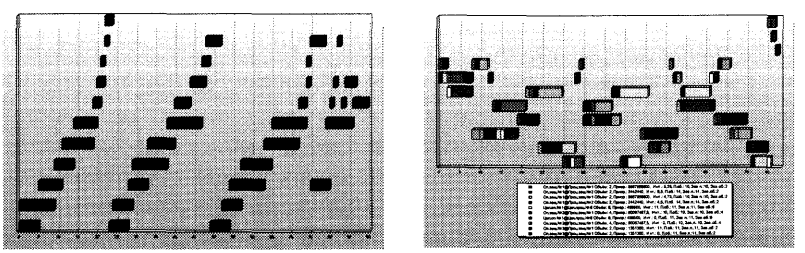


Рис. 17.10. Эвристический (слева) и оптимизированный (справа) оперативные планы цепи поставок

На рис. 17.11 представлена реализация возможного плана выполнения комплекса операций, построенного на основе эвристического подхода, базирующегося на правиле FIFO "первый пришел - первый обслуживается" и оптимального плана, построенного на основе предложенного подхода, базирующегося на методологии современной теории управления. Разработанный подход позволяет с более высокой оперативностью и качеством решать динамические задачи планирования поставок по сравнению с традиционными подходами. Сравнение результатов эвристического составления расписания с результатами оптимального планирования расписаний позволяет провести оценивание величины выигрыша от оптимизации и принять решение о том, в каких ситуациях какие расписания целесообразно использовать.

17.5.4. Математическая модель

Пусть имеется множество заказов A_i, для каждого из которых существует комплекс частично упорядоченных работ (операций) D_κ^i $(\kappa = 1,...,s;\ i = 1,...,n)$. Выполнение заказов осуществляется в цепи поставок, характеризующейся множеством ресурсов $B = \{B_1,...,B_m\}$ и ресурсных потоков $P = \{P_1,...,P_k\};\ \rho = 1....k.$ В каждый момент времени ресурс $B_j\,(j = 1,...,m)$ может выделяться для выполнения не более чем одной работы и при выполнении любой работы в каждый момент времени может использоваться только один ресурс. Все работы должны выполняться без прерываний. Известны моменты времени t_κ^i поступления работ D_κ^i в цепь поставок, директивные сроки и время выполнения работ при выделении ресурса.

Необходимо составить такое расписание работ, чтобы все работы были выполнены до конца (требование к уровню сервиса цепи поставок), без прерываний (технологические требования), суммарный штраф за нарушение директивных сроков выполнения работ был минимальный (требование надежности поставок), а выделяемые ресурсы использовались равномерно на интервале планирования (требование к взаимодействию в цепи поставок).

Формализацию поставленной задачи расписаний проведем, используя *динамическую интерпретацию процесса выполнения операций.*

Математическая модель управляемых процессов

Рассмотрим математическую модель выполнения работы D_{κ}^{i}. Введем следующие обозначения:

$x_{i\kappa}$ – неотрицательная величина, характеризующая текущий объем выполнения операций, которую будем называть состоянием работы D_{κ}^{i},

$\dot{x}_{j}^{(\kappa,1)}$ – переменная, которая характеризует общую продолжительность работы ресурса B_j,

ε_{ij} – заданная функция ($\varepsilon_{ij} = 1$, если $t \geq t_{\kappa}^{i}$, $\varepsilon_{ij} = 0$, если $t < t_{\kappa}^{i}$), характеризующая режим работы ресурсов (например, с 9 часов утра до 18 часов вечера),

$u_{i\kappa j}^{(o,1)}$ – управляющее воздействие ($u_{i\kappa j}^{(o,1)} = 1$, если ресурс B_j выполняет работу D_{κ}^{i}, $u_{i\kappa j}^{(o,1)} = 0$ в противном случае),

t – текущий момент времени;

$t \in T = (T_0, T_f]$ – интервал планирования,

$T_0\,(T_f)$ – начальный (конечный) момент времени интервала планирования.

Изменение состояния работы D_{κ}^{i} определяется дифференциальным уравнением

$$\dot{x}_{i\kappa}^{(o)} = \sum_{j=1}^{m} \varepsilon_{ij}(t) u_{i\kappa j}^{(o)} \,. \tag{51}$$

Наряду с (51) введем дифференциальные уравнения

$$\dot{x}_{j}^{(\kappa)} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{\kappa=1}^{S_i} u_{i\kappa j}^{(o)} \,, \tag{52}$$

с помощью которых можно оценить общее время задействования ресурсов.

Экономический смысл уравнений (51) и (52) заключается соответственно в представлении модели выполнения операций, в которой отражается нестационарность процессов, и модели расходования ресурсов

времени (т.н. нескладируемые ресурсы). Для учета расходования ресурсных потоков (складируемых ресурсов, например, материальных ресурсов) запишем следующее уравнение:

$$\dot{x}_{i\kappa}^{(\text{п})} = \sum_{j=1}^{m} u_{i\kappa j}^{(\text{п})} \tag{53}$$

Уравнения (51-53) представляют собой модель управления процессами цепи поставок в динамике. Наличие фактора времени в данной модели отличает ее от традиционных постановок задач линейного программирования.

Ограничения на управляющие воздействия

На практике, различные заказы конфликтуют за ресурсы, а в каждый момент времени ресурс может выделяться для выполнения не более чем одной работы и при выполнении любой работы в каждый момент времени может использоваться только один ресурс. Более того, модель должна учитывать запрет на разрывание операций. Учитывая, что выполнение операций связано с неопределенностью, необходимо учитывать возможность снижения производительности ресурсов под воздействием возмущающих факторов. Введем дополнительные обозначения:

$a_{i\kappa}$ – заданный объем (время выполнения) работы D_{κ}^{i},

$\Gamma_{i\kappa}^{-}$ – множество работ, непосредственно предшествующих работе D_{κ}^{i},

α – ограничение типа «и», т.е. требование к выполнению всех предшествующих операций,

β – ограничение типа «или», т.е. требование к выполнению хотя бы одной из предшествующих операций,

C_j – интенсивность использования ресурса, т.е. максимальная суммарная производительность ресурса B_j,

$C_{i\kappa j}^{(\text{п,l})}$ – интенсивность использования ресурса с привязкой к конкретной работе D_{κ}^{i},

ξ_j – возмущающие воздействия на операции и потоки в цепях поставок,

η – монотонно возрастающие функции времени, которые выбираются с учетом директивных сроков начала (либо конца) выполнения работ.

Тогда управляющие воздействия должны удовлетворять следующим ограничениям:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{\kappa=1}^{S_i} u_{i\kappa j}^{(o)}(t) \le 1, \forall j; \sum_{j=1}^{m} u_{i\kappa j}^{(\text{о})} \le 1, \forall i, \forall \kappa; \tag{54}$$

$$\sum_{j=1}^{m} u_{i\kappa j}^{(\text{о})} [\sum_{\alpha \in \Gamma_{i\kappa}^{-}} (a_{i\alpha}^{(\text{о})} - x_{i\alpha}^{(o)}) + \prod_{\beta \in \Gamma_{i\kappa}^{-}} (a_{i\beta}^{(\text{п})} - x_{i\beta}^{(\text{п})})] = 0; \tag{55}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{\rho=1}^{P_i}\sum_{\kappa=1}^{S_i} u_{i\kappa j\rho}^{(\text{о})}(t) \le C_j^{o}\ \xi_j^{в,1}; \tag{56}$$

$$0 \le u_{i\kappa j}^{(\text{п})}(t) \le C_{i\kappa j}^{(\text{п})} u_{i\kappa j}^{(\text{о},1)}; \tag{57}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{\rho=1}^{P_i}\sum_{\kappa=1}^{S_i} u_{i\kappa j\rho}^{(\text{о})}(t) \le C_j^{n}\ \xi_j^{в,2}; \tag{58}$$

$$\eta_j^{(\text{в},2)}(t) \le \xi_j^{(\text{в},1)}(t) \le 1; \tag{59}$$

$$\eta_j^{(\text{в},2)}(t) \le \xi_j^{(\text{в},2)}(t) \le 1. \tag{60}$$

$$u_{i\kappa j}^{(\text{о},1)}(t) \in \{0,1\}. \tag{61}$$

Ограничение (54) реализует требование к назначению операций на ресурсы с учетом неразрываемости операций. Левая часть этого ограничения может быть интерпретирована в виде задачи о назначениях или транспортной задачи. Значение 1 говорит о том, что только 1 операция может одновременно выполняться на 1 ресурсе. Если это значение заменить на, например, 3, это будет означать, что три операции могут быть одновременно назначены на один ресурс. Правая часть реализует требование к неразрывности операций. Она может быть и убрана из модели, если данное требование не является актуальным.

Ограничение (55) привносит в модель реальную логику событий и выполнения операций. В нем учитываются требования к тому, какие операции уже должны быть выполнены перед началом выполнения планируемый в данный момент времени операции. Именно это ограничение способствует рассмотренному выше значительному снижению размерности решаемой в каждый момент времени задачи составления расписания. Анализ ограничения (55) показывает, что $u_{i\eta}(t)=1$ может быть только в том случае, когда все работы, непосредственно предшествующие работе D_{κ}^{i}, выполнены до конца, т.е. $(a_{i\alpha}^{(o,1)}-x_{i\alpha}^{(o,1)})=0$.

Формируемые при этом графы и являются описанными в § 17.4 динамическими альтернативными мультиграфами. По таким графам можно задавать разные типы структур цепи поставок, обеспечивая тем самым многоструктурный синтез цепей поставок. В случае, если необходимо реализовать связь между отдельными заказами в цепях поставок (например, если одна и та же операция должна выполняться для различных заказов), то, убрав в ограничении (55) индекс *i*, мы получаем искомую взаимосвязь. В ограничение (55) можно включить не только требование к выполнению операции как таковой, но и требование к полному использованию ресурсных потоков. Это может быть использовано для контроля качества выполнения операций.

Ограничения (56–58) характеризуют интенсивность использования ресурсов цепи поставок. Ограничения (56) и (58) характеризуют интенсивность использования ресурса, т.е. максимальную суммарную производительность ресурса B_j. Ограничение (57) характеризует интенсивность использования ресурса относительно конкретной работы D_{κ}^{i}. Введение переменной ξ_j, характеризующей возмущающие воздействия на операции и потоки в цепях поставок, позволяет учитывать, что вы-

полнение операций связано с неопределенностью и возможностью снижения производительности ресурсов под воздействием возмущающих факторов.

В ограничении (56) мы учитываем возмущающие воздействия, связанные с нескладируемыми ресурсами (время), а в ограничении (58) – со складируемыми ресурсами (потоковые ресурсы). Ограничения (60–61) характеризуют распределение возмущающих воздействий в динамике выполнения работ в цепях поставок. В случае отдельного анализа целенаправленных и нецеленаправленных возмущающих воздействий можно записать еще два аналогичных (56) и (58) ограничения. Если ограничения (54) и (55) характеризуют логику выполнения работ в цепи поставок, то ограничения (56–58) – интенсивность выполнения работ.

Краевые условия

Введем ряд дополнительных обозначений.

z – переменная, которая равна объему работы D_{κ}^{i}, выполненной ресурсом B_j;

h – площадь под интегральной кривой z;

g – вспомогательная переменная, значение которой численно равно времени $t_{ij}^{/}$ от момента окончания выполнения работы D_{κ}^{i} ресурсом B_j до момента t_f.

Краевые условия имеют в рассматриваемой задаче следующий вид:
В момент времени $t = t_0$:

$$x_{i\kappa}^{(\text{о})}(t_0) = x_{i\kappa\rho}^{(\text{п})}(t_0) = x_j^{(\text{к})}(t_0) = 0; \qquad (62)$$

В момент времени $t = t_f$:

$$x_{i\kappa}^{(\text{о})}(t_f) = a_{i\kappa}^{(\text{о})};\ x_{i\kappa}^{(\text{п})}(t_f) = a_{i\kappa}^{(\text{п})}. \qquad (63)$$

Условие (62) характеризует нулевое условия в момент начала планирования (т.е. на начало составления расписания объем выполненных работ равен нулю). Условие (63) характеризует то, что мы хотим достичь к концу интервала планирования, т.е. конечный результат.

Чтобы учесть ситуации, при которых ресурс B_j не планируется для выполнения работы D_κ^i на интервале σ, в ограничение непрерывности работ (64)

$$\left\{\left[z_{i\kappa j}g_{i\kappa j}+\frac{(a_{i\kappa})^2}{2}-h_{i\kappa j}\right]^2 z_{i\kappa j}^2\right\}\Big|_{t=t_f}=0 \qquad (64)$$

вводится дополнительный сомножитель $z_{i\kappa j}$, который в момент времени $t = t_0$ равен нулю.

Целевые показатели

Введем дополнительные обозначения:
J – целевой показатель,
γ – величина штрафов за нарушение директивных сроков,
τ – абстрактная характеристика времени.

Запишем целевые показатели в следующей форме (65-67):

$$J_1=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{\kappa=1}^{S_i}\left((a_{i\kappa}^{(o)}-x_{i\kappa}^{(o)}(t_f))^2+\sum_{\rho=1}^{P_i}(a_{i\kappa\rho}^{(n)}-x_{i\kappa\rho}^{(n)}(t_f))^2\right); \qquad (65)$$

$$J_2=1/2\sum_{j=1}^{m-1}\sum_{j_1=j_1+1}^{m}\int_{t_0}^{t_f}(x_\Delta^P(t)-x_{\Delta 1}^P)^2(\tau)d\tau; \qquad (66)$$

$$J_3=\sum_{i=1}^{n}\sum_{\kappa=1}^{S_i}\sum_{j=1}^{m}\int_{t_0}^{t_f}\gamma_{i\kappa}^{(o)}(\tau)u_{i\kappa j}^{(o)}(\tau)d\tau; \qquad (67)$$

Показатель J_1 характеризует требование, чтобы все работы были выполнены до конца (требование к уровню сервиса цепи поставок), пока-

затель J_2 – чтобы ресурсы использовались равномерно на интервале планирования (требование к взаимодействию в цепи поставок), а показатель J_3 – чтобы суммарный штраф за нарушение директивных сроков выполнения работ был минимальный (требование надежности поставок).

Для дополнительных целей анализа величина штрафов за нарушение директивных сроков γ может быть разделена на две величины: собственно директивные сроки выполнения работ и качество их выполнения. Аналогично для показателя J_1 можно записать два целевых критерия, один из которых характеризовал бы уровень сервиса в денежном выражении, а другой – прибыль цепи поставок. Если же ставится требование анализа воздействия возмущающих воздействий на цепь поставок, можно ввести в рассмотрение дополнительный целевой показатель J_4 (68)

$$J_4 = (J_3^{(\min)} - J_3^{(\xi)}), \tag{68}$$

характеризующий в определенной степени и устойчивость цепи поставок (подробная модель анализа устойчивости цепей поставок представлена в §16.4 и §18.6).

Целевые показатели находятся в тесной взаимосвязи с моделью управления, ограничениями и краевыми условиями. Так, например, первая скобка в уравнении (65) характеризует степень приближения к (63) (данная зависимость известна также как функционал Майера), а все уравнение (65) есть, по сути, связь прошлого и будущего в уравнениях (51–53). Приближение (65) к (63) есть, по сути, проверка сходимости, т.е. получения допустимого решения. Если не удается достичь условий сходимости, то необходимо изменение начальных условий планирования, например, введение дополнительных ресурсов, сужение или расширение степени избыточности цепи поставок, увеличение длительностей цикла цепи поставок и др.

Получение обобщенного показателя качества составленного планарасписания основано на принципе Парето-оптимальности. Для каждого из целевых показателей менеджер может задавать произвольные значения весовых коэффициентов (приоритетов) в зависимости от целей планирования. Свертка целевых показателей (минимаксная, максиминная и т.д.) и задает искомую область Парето.

Общая многокритериальная динамическая модельная конструкция, интегрирующая модель управления структурной динамикой и модель

планирования работ в цепи поставок представлена в формуле (69). Цель состоит в нахождении экстремальных значений $<U_*^t,\ S_\delta^{*t_f}>$

$$J_\theta\left(X_\chi^t, Z_\chi^t, F_{<\chi,\chi'>}^t, \Pi_{<\tilde{\delta},\tilde{\tilde{\delta}}>}^t, t\in(t_0,t_f]\right)\to \underset{<U^t,S_\delta^{*t_f}>\in\Delta_g}{extr} \tag{69}$$

с учетом следующих ограничений:

$$\begin{aligned}&\Delta_g=\left\{<U^t,S_\delta^{t_f}>\middle|R_\beta\left(X_\chi^t,Z_\chi^t,F_{<\chi,\chi'>}^t,\Pi_{<\tilde{\delta},\tilde{\tilde{\delta}}>}^t\right)\le\tilde{R}_g;\right.\\&\left.U^t=\Pi_{<\delta_1,\delta_2>}^1\circ\Pi_{<\delta_2,\delta_3>}^2\circ\Pi_{<\tilde{\delta},\tilde{\tilde{\delta}}>}^2;\beta\in\mathbf{B}\right\}\end{aligned} \tag{70}$$

где $\theta \in \Theta = \{1,\ldots,I\}$ – номера целей управления цепью поставок; Δ_g – множество динамических альтернатив цепей поставок; **B** – номера бизнес-процессов цепей поставок; $\tilde{R}_g$ – параметры заказов в цепях поставок; $T = (t_0, t_f]$ – интервалы времени горизонта планирования.

17.5.5. Задача оптимального управления и алгоритм решения

Задача оптимального планирования работ сводится к поиску допустимого управления $\vec{u}_\sigma$, обеспечивающего для уравнений (51-53) выполнение краевых условий (62-64), удовлетворяющего заданным ограничениям (54-61) и доставляющего показателю качества (69) абсолютный минимум по сравнению со всеми другими управлениями, отвечающими тем же условиям и ограничениям. При этом если в классе допустимых управляющих воздействий $\mathsf{M}_{\sigma p}$ оптимальное управление существует, то, как следует из метода локальных сечений, это управление в каждый момент времени $t\in\sigma$ (за исключением точек разрыва) доставляет максимум гамильтониану

$$\begin{aligned}H(\mathbf{x}(t),\mathbf{u}(t),\psi(t)) = &\sum_{i=1}^{n}\sum_{\kappa=1}^{S_i}\sum_{j=1}^{m}[\psi_{i\kappa}^{(o)}\varepsilon_{ij}u_{i\kappa j}^{(o,l)}+\psi_j^{(p)}u_{i\kappa j}^{(o)}+\gamma_{i\kappa}^{(o)}]u_{i\kappa j}^{(o)}+\\&\sum_{k=1}^{S}\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{\rho=1}^{P}\psi_{ikj\rho}^{(n)}\cdot u_{ikj\rho}^{(n)}\end{aligned} \tag{71}$$

Вектор-функция $\vec{\psi}$ определяется из решения сопряженной системы уравнений (72-74) [256, 279]:

$$\dot{\psi}_{i\kappa}^{(o)} = -\sum_{j=1}^{m} \left\{ \psi_{i(\kappa+1)}^{(o)} \varepsilon_{ij} + \gamma_{i(\kappa+1)}^{(o)} \right\} u_{i(\kappa+1)j}^{(o)}; \tag{72}$$

$$\dot{\psi}_{i\kappa}^{(п)} = -\sum_{j=1}^{m} \left\{ \psi_{i(\kappa+1)}^{(o)} \varepsilon_{ij} + \gamma_{i(\kappa+1)}^{(o)} \right\} u_{i(\kappa+1)j}^{(o)}; \tag{73}$$

$$\dot{\psi} = -\frac{\partial H}{\partial \vec{x}}; \psi_{t_f} = -\frac{\partial J_\theta}{\partial \vec{x}} \Big| t = t_f \tag{74}$$

с учетом соблюдения условий трансверсальности (75-77)

$$\psi_{i\kappa}^{(o)}(t_f) = (a_{i\kappa}^{(o)} - x_{i\kappa}^{(o)}(t_f)); \tag{75}$$

$$\psi_{i\kappa}^{(п)}(t_f) = (a_{i\kappa}^{(п)} - x_{i\kappa}^{(п)}(t_f)); \tag{76}$$

$$\psi_{i\kappa}(t_f) = 0. \tag{77}$$

Так как гамильтониан (71) линеен по $\vec{u}$, то его максимум достигается в одной из крайних точек множества $\mathsf{Q_p}$, а так как $\mathsf{Q_p}$ есть линейная оболочка Q, то множество Q — объединение указанных крайних точек. Отсюда следует, что максимизация гамильтониана (71) на множествах Q и $\mathsf{Q_p}$ приводит к одному и тому же результату. Следовательно, оптимальное управление в классе $\mathsf{M}_{\sigma p}$ является элементом класса M_σ и, так как $\mathsf{M}_\sigma \subseteq \mathsf{M}_{\sigma p}$, то оно оптимально и по отношению к классу M_σ.

Далее при рассмотрении алгоритма решения задачи планирования будем везде использовать $M_{\sigma p}$.

Рассмотрим экономический смысл уравнений (71-77). Важнейшим элементом предложенной модели является сопряженная переменная ψ, которая, по сути, является динамической интерпретацией т.н. «теневых» цен в задачах линейного программирования (характеризующих двойственность расходования ресурсов) и множителей Лагранжа в задачах нелинейного программирования. Переменная ψ может трактоваться как динамический множитель Лагранжа. Переменная ψ – это, по сути, градиент, которые показывается в сечении, как реализуется обобщенный показатель эффективности (69). Если оптимальное управление существует, то, как следует из метода локальных сечений, это управление в каждый момент времени $t \in \sigma$ (за исключением точек разрыва) доставляет максимум гамильтониану (71). Гамильтониан H является своего рода соединением реальных процессов и абстрактной переменной ψ.

Первая сумма уравнения (71) представляет собой ни что иное, как дискретное представление задачи о назначениях, а вторая сумма – задачи линейного программирования. Уравнения (72-73) обеспечивают существенном сокращение размерности задач теории расписаний, решаемых в каждый момент времени (за счёт рекуррентного описания моделей операций). В каждый момент времени учитываются только те активные операции, для которых выполняются пространственно-временные, технические и технологические ограничения. Операции уже выполненные и/или операции еще неразрешенные к выполнению (из-за невыполнения соответствующих ограничений) во фронт работ не входят. Это позволяет свести решаемую задачу к условиям полиноминальной, а не экспоненциальной сложности. Размерности задачи в данном случае определяется числом активных операций в цепи поставок.

Анализ полученных соотношений показывает, что с помощью метода локальных сечений исходная задача неклассического вариационного исчисления сводится к *краевой задаче*. При этом распределение ресурсов цепи поставок в каждый момент времени осуществляется с учетом «динамического» приоритета каждой работы, стоящим перед соответствующим управляющим воздействием.

В данной модели «динамический» приоритет трактуется несколько шире, так как в его состав наряду с сопряженными переменными $\psi_{ik}(t)$, с помощью которых учитываются логические взаимосвязи между рабо-

тами, входят сопряженные переменные, с помощью которых учитываются требования неразрывного выполнения работ и равномерного использования ресурсов. Кроме того, при вычислении приоритета учитывается текущее значение целевой функции. Данный подход позволяет при поиске оптимального расписания одновременно учитывать как ресурсные, так и логические ограничения, связанные с процессом обслуживания требований клиентов в цепи поставок.

Одной из основных сложностей использования гамильтониана является решение так называемой «дилеммы гамильтониана», которая состоит в следующем: чтобы найти максимум гамильтониана, нужно знать вектор сопряженной системы уравнений с соблюдением условием трансверсальности (72-77), т.е. нужно знать начальные условия сопряженной системы уравнений $\vec{\psi}(t_0)$. С другой стороны, чтобы найти эти начальные условия, нужно знать конечные условия $H = \vec{\psi}(U)$ (т.е., решение в виде составленного плана-расписания).

Для решения этой дилеммы предлагается воспользоваться т.н. *первым приближением* или разгонным решением на основе быстрого составления произвольного диспетчерского расписания на основе эвристических алгоритмов.

Тогда общий *алгоритм* решения задачи можно записать следующим образом:

Шаг 1. Задается диспетчерское решение (произвольное допустимое управление) $\vec{u}(t)$, $t \in (t_0, t_f]$.

Шаг 2. Интегрируется основная система уравнений (51-61) с начальными условиями (62). В результате интегрирования получается $\overrightarrow{x^{(0)}}(t)$, вычисляется $J_\theta = J_\theta^{(0)}$, которое принимаем за рекорд.

Шаг 3. Интегрируется сопряженная система уравнений (72-74) с начальными условиями (75-77), получается $\overrightarrow{\psi^{(0)}}(t)$. На этом заканчивается итерация с номером $i = 0$.

Шаг 4. Ищется управление $\overrightarrow{u^{(i+1)}}(t)$ $(i = 0, 1, ...)$, исходя из условия

$$H\left(\overrightarrow{\psi^{(i)}}(t),\overrightarrow{x^{(i)}}(t),\overrightarrow{u^{(i+1)}}(t),t\right)= \max_{\overrightarrow{u^{(i)}}\in Q(\overrightarrow{x^{(i)}})} H\left(\overrightarrow{\psi^{(i)}}(t),\overrightarrow{x^{(i)}}(t),\overrightarrow{u^{(i)}}(t),t\right) \quad (78)$$

Далее решается *релаксированная задача* планирования [256, 279]. Итерационный процесс поиска оптимального плана заканчивается при следующих условиях: либо когда в процессе решения релаксированной задачи получаем допустимое решение задачи (69-70) либо в том случае, когда после окончания интегрирования на 4 шаге алгоритма выполнится условие

$$\left|J_p^{(i+1)} - J_p^{(i)}\right| < \varepsilon_1 \quad (79)$$

где ε_1 — заданная величина. Если условие (79) выполняется, то происходит повторение 3 шага и т.д. Множество моментов времени, в которые проводится максимизация гамильтониана на $i+1$-итерации, в данном случае формируется при максимизации гамильтониана на i-итерации из тех моментов времени, в которые на i-итерации происходило прерывание менее приоритетных работ более приоритетными.

Для рассматриваемого класса задач оптимального управления (линейная динамическая система, область допустимых управлений и целевая функция являются выпуклыми) предложенная модель обеспечивает монотонную сходимость. Проведенные авторами эксперименты с разработанным алгоритмом показали, что скорость сходимости алгоритма в наибольшей степени зависит от выбора первого приближения допустимого плана-расписания цепи поставок (диспетчерского решения).

17.5.6. Анализ результатов работы модели

На основе предложенного подхода открываются широкие возможности анализа результатов планирования с точки зрения формирования исходных данных для планирования, достижения целевых критериев, различных предпочтений менеджеров в отношении приоритетности разных целей управления, динамики выполнения отдельных заказов и операций (в том числе, ключевых заказов и критических операций).

Многокритериальная формулировка целевых критериев позволяет менеджерам комбинировать приоритеты целевых критериев: уровень сервиса, равномерность загрузки ресурсов и штрафные санкции за невыполнение поставок. На основе обобщенного показателя качества плана появляется возможность быстро сравнивать альтернативные полученные планы, каждый из которых далее может анализироваться более подробно по динамике протекания заказов и даже конкретных операций.

Очень важным является то, что появляется возможность не просто анализа полученного плана относительно его собственных показателей (количество запланированных заказов, степень использования ресурсов, длительности цикла цепи поставок), но и относительно достижимости целей планирования вышестоящего уровня (уровень сервиса). Изменяя исходные данные для составления расписания (т.е. изменяя план вышестоящего уровня, например, изменяя количество планируемых заказов, количество и производительность ресурсов, размер избыточности в цепи поставок), мы получаем разные расписания с разными показателями устойчивости и экономической эффективности. Это дает возможность одновременного структурно-функционального синтеза как самих планов, так и их расписаний, обеспечив тем самым рефлексию разных уровней управления.

Говоря о рефлексии различных уровней управления, следует отметить, что существует возможность масштабирования модели с уровня «тактический план → оперативный план» на уровни «стратегический план → тактический план» и «стратегия бизнеса → стратегический план». Так, например, заказы и операции могут быть представлены в виде соответственно цепей поставок и заказов, цепей поставок и предприятий или предприятий и заказов. Соответственно изменятся и целевые показатели, например, время выполнения заказа станет длительностью цикла поставок.

Основные научные результаты

В целом удалось сформулировать концептуальную кибернетическую модель динамики управления цепями поставок с обратной связью на основе методов теории управления в комбинации с методами исследования операций и мультиагентных систем. Это позволяет учитывать реальные условия функционирования цепей поставок, формулировать и моделировать реальные проблемы управления цепями поставок, кото-

рые прежде разбивались на несколько частных, несвязанных друг с другом задач.

Основная особенность предлагаемой модели и алгоритма состоит в том, что при динамической интерпретации нестационарного процесса выполнения работ существенно сокращается размерность задачи планирования, которая решается в каждый момент времени. Данная размерность определяется только числом независимых путей в заданном сетевом графике комплекса планируемых работ. При этом степень связности рассматриваемого алгоритма (оцениваемая объемом информации, необходимой для запоминания при переходе от одного шага алгоритма к другому), является минимальной, так как для возобновления счета на компьютере при его прерывании нужно в данном случае запомнить только значения компонент векторов $\vec{x}(t')$ и $\vec{\psi}(t')$, где t' — момент прерывания. Зная указанные величины, можно продолжить интегрирование дифференциальных уравнений, описывающих процесс выполнения комплекса работ, и собственно распределение (планирование) ресурсов цепи поставок. Кроме того, разработанная динамическая модель и алгоритм позволяют при поиске оптимального плана учитывать одновременно как ресурсные, так и логические ограничения, в том числе и связанные с недопустимостью прерываний работ.

На основе теории управления структурной динамикой удалось на конструктивном уровне представить управление цепью поставок как функцию состояния и функцию структуры, что на основе многоструктурных макросостояний делает возможным одновременный структурно-функциональный синтез цепей поставок (в данной модели реализовано одновременное рассмотрение организационной, технологической и функциональной структур цепи поставок; в перспективе к ним предполагается добавить информационную и финансовую структуры).

За счет переноса нелинейности и нестационарности процессов в систему ограничений модели удалось представить модель управления процессами цепей поставок в виде линейных динамических уравнений, что позволили получить свойство выпуклости и перейти к интервальным ограничениям.

На алгоритмическом уровне удалось добиться существенного сокращения размерности задач теории расписаний, решаемых в каждый момент времени (за счёт рекуррентного описания моделей операций). На алгоритмическом уровне удалось реализовать требование к неразрывности операций при планировании. Также удалось реализовать учет избы-

точности в цепи поставок (например, резервов надежности на основе резервирования использования ресурсов или интервалов времени в виде «пустых» операций, резервов адаптивности в виде дополнительных «фиктивных» операций в конце каждого заказа для возможности анализа выполнения плана и его адаптации). На основе применения эвристического алгоритма в качестве получения решения первого приближения удалось решить проблему получения «разгонного» решения при применении принципа максимума.

Многокритериальная формулировка целевых критериев позволила реализовать принцип Парето-оптимальности и предоставить менеджерам возможность комбинирования приоритетов целевых критериев: уровень сервиса, равномерность загрузки ресурсов и штрафные санкции за невыполнение поставок. Введение обобщенного показателя качества плана дает возможность быстро сравнивать различные планы. Полученные результаты могут использоваться в качестве исходных решений для имитационных моделей, в которых с большей степенью детализации можно проиграть различные сценарии выполнения планов и расписаний. Так, например, в мультиагентной системе может производиться уточнение полученных расписаний с учетом интересов и целей отдельных предприятий в цепи поставок.

Ниже перечислим основные из полученных результатов:

- Динамическое многокритериальное составление расписаний в соответствии с изменениями целей планирования, спроса на продукцию и доступности ресурсов.
- Возможность перейти от формирования нереалистичных оптимальных планов к адаптивным и анализируемым планам, обеспечивающим достижение целевых значений многих показателей экономической эффективности с требуемой степенью устойчивости.
- Рассмотрение управления как функции состояния и функции структуры, что на основе многоструктурных макросостояний делает возможным одновременный структурно-функциональный синтез цепей поставок.
- Учет динамики функционирования цепей поставок, что дает возможность для реализации процессов и гибкой перенастройки системы и моделей управления цепями поставок в реальных условиях функционирования цепей поставок
- Учет многокритериальности задач управления цепями поставок, что дает возможность формирования множеств Парето-оптимальных ре-

шений, из которых менеджеры могут выбирать приемлемую альтернативу на основе индивидуальных предпочтений и восприятия риска,

- Широкие возможности анализа результатов планирования с точки зрения формирования исходных данных для планирования, достижения целевых критериев, различных предпочтений менеджеров в отношении приоритетности разных целей управления, динамики выполнения отдельных заказов и операций (в том числе, ключевых заказов и критических операций) и т.д.
- Использование моделей теории управления, в отличие от агентных систем или генетических алгоритмов действующих по принципу «черного ящика», позволяет не только находить решения задач, но и анализировать полученное решение, сравнивая его с оптимальным (эталонным), меняя значения переменных, сужая или расширяя модель и т.д. Таким образом, появляется возможность не просто для решения задачи в рамках фиксированных начальных условий (постановки задачи), но и для формирования самой системы управления и решения в ней управленческих задач. И это имеет большую практическую значимость, т.к. в реальности нам, как правило, нужно не просто найти оптимальное решение для какой-то задачи, но обеспечить выполнение целей, поставленных перед вышестоящей системой (например, достичь определенного уровня прибыли).
- Возможность масштабирования модели с уровня «тактический план → оперативный план» на уровни «стратегический план → тактический план» и «стратегия бизнеса → стратегический план»
- Возможность проводить согласование и взаимную интерпретацию результатов, полученных на аналитических и имитационных моделях планирования и составления расписаний как на концептуальном, так и на алгоритмическом, информационном, программном уровнях описания;
- Возможность гибко настраивать модель под конкретную задачу и обоснованно подходить к выбору временных интервалов работы ресурсов цепей поставок;
- Предложенный подход открывает широкие возможности использования в ходе решения задач анализа и синтеза планов и расписаний в цепях поставок широко и конструктивно использовать фундаментальные научные результаты, полученные к настоящему времени в современной теории управления сложными динамическими системами с перестраиваемой структурой.

- Предлагаемые подходы по учету факторов неопределенности в создаваемом комплексе моделей открывают широкие перспективы по внедрению методов адаптивного управления процессами функционирования цепей поставок.

В заключение рассмотрим возможные ограничения в применении данного подхода. Так, на конструктивном уровне практически невозможно учесть все многообразие сложных взаимосвязанных ограничений, поэтому все равно неизбежны определенные упрощения модели. Кроме того, для каждой конкретной цепи поставок необходима разработка своей системы ограничений, что является очень сложным и затратным процессом, который, к тому же, должен гарантировать такую формулировку модели, при которой бы обеспечивалось нахождение единственного решения. Также ограничены возможности и учета факторов неопределенности на математическом уровне в силу большой сложности стохастических динамических моделей.

Количественный пример для представленной в данном параграфе модели будет показан в параграфе 18.1. Особо отметим, что модель планирования цепи поставок интегрирована с модель расчета устойчивости цепи поставок (см. §16.4 и 18.6).

Контрольные вопросы

1. Планирование цепей поставок – это:
   a) Решение о структурно-функциональном облике цепи поставок
   b) Решение о процессах функционирования цепи поставок
   c) Решение о регулировании цепи поставок
   d) Решение, направленное на достижение целей цепи поставок

2. К основным задачам планирования цепей поставок относятся:
   a) Адаптация цепи поставок
   b) Мониторинг цепи поставок
   c) Синтез цепи поставок
   d) Анализ плана цепи поставок

3. К основным элементам комплексного моделирования планов цепей поставок относятся:

   a) Статическое описание структур цепи поставок
   b) Описание взаимодействия предприятий в цепи поставок
   c) Динамическое описание структур цепи поставок
   d) Учет факторов неопределенности

4. Критериями тактического планирования цепи поставок могут служить:

   a) Срок поставки
   b) Объем поставки
   c) Стратегический финансовый план фокусной компании
   d) Устойчивость цепи поставок

5. К основным структурам цепей поставок относятся:

   a) Налоговая
   b) Организационная
   c) Информационная
   d) Технологическая

6. Компетенция предприятия в цепи поставок – это функциональная или технологическая область (операция):

   a) На которой специализируется предприятие
   b) В которой предприятие имеет наибольшие конкурентные преимущества
   c) Которая является одним из основных источников дохода предприятия
   d) Которая позволяет предприятию самостоятельно изготавливать сложные изделия

7. К основным инструментам моделирования структурной динамики цепей поставок относятся:

   a) Линейное программирование
   b) Динамические альтернативные мультиграфы
   c) Многоструктурные макросостояния
   d) ERP-системы

Самый простой пример убедительнее
самой красноречивой проповеди.

Сенека

Глава 18. Примеры расчетных моделей и алгоритмов оптимизации цепей поставок

В данной главе представлены примеры решения различных задач управления цепями поставок на основе описанных в предыдущих главах концепций, инструментов и моделей поддержки принятия решения в SCM. В частности, рассматриваются следующие задачи:

- Реализация модели управления адаптивными цепями поставок в Supply Network Dynamics Control и AnyLogic
- Поддержка принятия оперативных решений при регулировании цепей поставок
- Оценка устойчивости структуры цепи поставок
- Расчета точки проникновения заказа в адаптивных цепях поставок
- Планирование цепи поставок

18.1. Реализация модели управления адаптивными цепями поставок в Supply Network Dynamics Control и AnyLogic

Представленные в главе 17 модели управления адаптивными цепями поставок реализована в специально разработанном программном продукте Supply Network Dynamics Control. В настоящее время модели управления адаптивными цепями поставок развиваются и в широко известном в мире программном продукте AnyLogic, интегрирующего в себе различные методы моделирования: дискретно-событийное моделирование, системную динамику и агентное моделирование [206].

Рассмотрим модель управления адаптивными цепями поставок в AnyLogic (см. рис. 18.1 – 18.4; см. также компакт-диск в приложении к книге). Модель описывает цепь поставок, в которой имеются несколько производителей (Producer), которые производят некоторые изделия из

сырья, поставляемого другими производителями, и потребитель (Consumer), который потребляет конечный продукт. Производитель производит продукцию до тех пор, пока объем готовой продукции на его складе меньше заданного порогового уровня (Finished Goods Threshold), и заказывает сырье, когда объем сырья на его складе падает ниже заданного порогового уровня (Ordering Threshold). Потребитель потребляет продукцию с заданной интенсивностью (Ordering Rate). Каждый производитель и потребитель могут выбирать из нескольких поставщиков, основываясь на истории их взаимоотношений, актуальных параметрах загрузки мощностей и потребностей в цепи поставок. Таким образом, каждый раз выбирается наилучший с точки зрения потребителя поставщик. Предполагается, что производители в начале цепочки поставок получают сырье из неограниченного источника, а потребитель потребляет продукцию, производимую производителями в конце цепочки поставок.

Целью моделирования является наблюдение за изменением структуры цепи поставок во времени при изменении параметров производства (Finished Goods Threshold, Ordering Threshold) и внешних параметров (Ordering Rate). В ходе выполнения модели можно изменять значение порога объема готовой продукции (Finished Goods Threshold), порога объема сырья на складе (Ordering Threshold) и интенсивность покупки продукции потребителями (Ordering Threshold). В результате изменения перечисленных параметров структура цепи поставок и состояния ее элементов, отображаемые на анимации модели, будут изменяться.

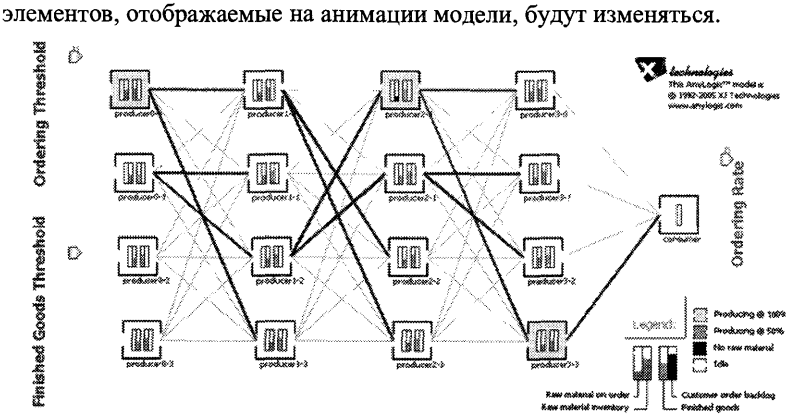


Рис. 18.1. Пример визуализации адаптивной цепи поставок в AnyLogic

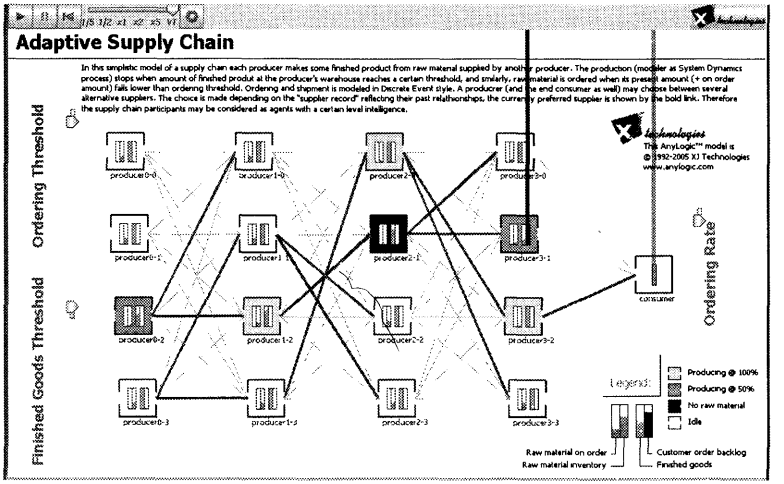


Рис. 18.2. Анализ «узких мест» цепи поставок в AnyLogic

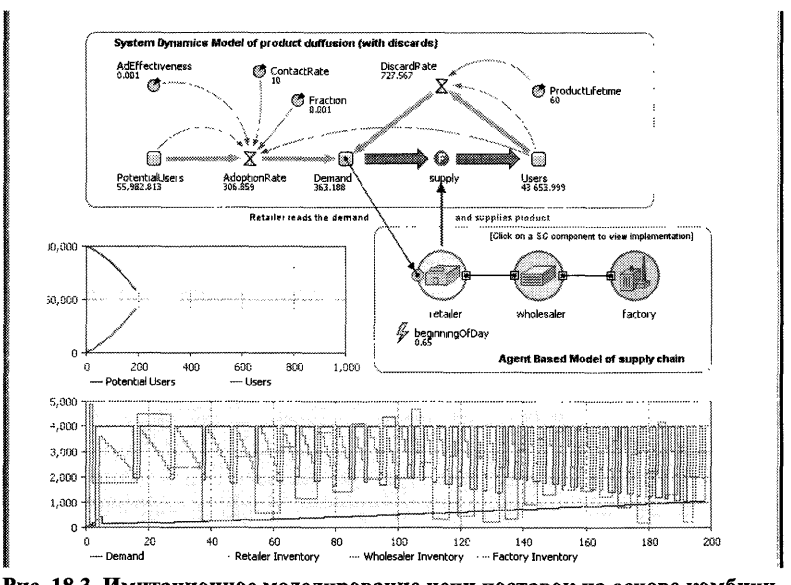


Рис. 18.3. Имитационное моделирование цепи поставок на основе комбинирования мультиагентой системы и системной динамики

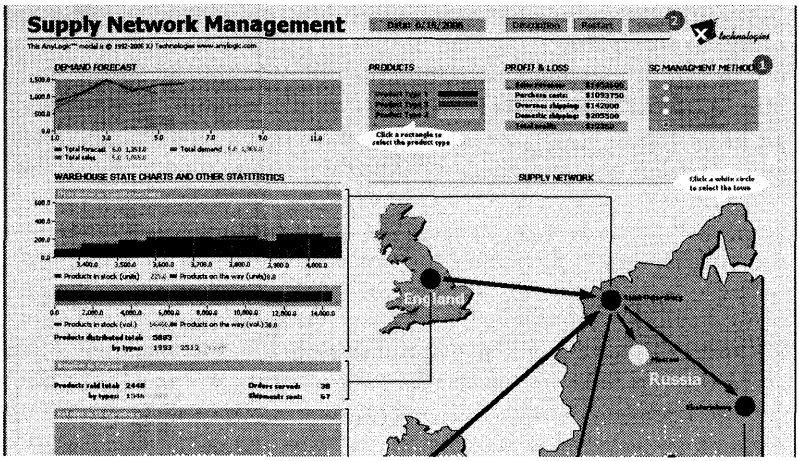


Рис. 18.4. Визуализация выполнения работ в цепи поставок в AnyLogic

Основой расчетов для решения задач синтеза и анализа цепи поставок является подготовка и описание исходных данных. Ниже представлен фрагмент такого описания, реализованный в виде UML-диаграмм.

Class 1. Организационная структура: предприятия, службы, отделы, менеджеры/рабочие

Subclass 1.1. Структура предприятий: компетенции, месторасположение и др.

Subclass 1.1.1. Компетенции: мощности, затраты, качество, надежность

Subclass 1.1.2. Взаимодействие предприятий

Class 2. Структура бизнес-процессов: параметры координации (прогнозы спроса, уровень запасов), операции, функции

Class 3. Продуктовая структура: ассортимент, прогнозы спроса, спецификации

Class 4. Технологическая структура: операции, оборудование, датчики показателей и др.

Class 5. Топологическая структура

Class 6. Финансовая структура (структура затрат и прибыли относительно классов 1-5).

Исходными данными для расчетов являются:

1. Множество $B = \{B_\mu, \mu \in M\}$ потенциальных участников ЦП.
2. Множество технических и технологических средств, в т.ч. информационных систем, соотнесенных к множеству B.
3. Множество операций $E = \{E_j, j \in L\}$. Пара (B_μ, E_j) характеризует компетенции предприятий; если μ-предприятия может выполнить j-операцию, то оно обладает компетенцией $k_{\mu j}$. Каждая компетенция характеризуется доступными мощностями, затратами, доступностью продукции, способностью к информационной координации и надежностью.
4. Множество продукции, материалов и комплектующих, которые могут производиться, храниться, продаваться и закупаться.
5. Множество клиентов.
6. Множество заказов (прогнозные значения), соотнесенные к множеству 5. Каждый заказ имеет технологический план и должен быть выполнен к определенному сроку и с определенными затратами.
7. Множество неопределенности (колебания спроса, выход из строя оборудования, задержки в поставках, колебания цен, ввод новых продуктов, человеческий фактор)
8. Множество предпочтений предприятий относительно взаимодействия друг с другом.
9. Совокупность множеств B и E формирует структурно-функциональный резерв цепи поставок.

Задача состоит в конфигурировании цепи поставок и проверке различных вариантов выполнения планов в рамках различных конфигураций. Целевыми критериями является минимизация затрат, максимизация уровня сервиса и устойчивости цепи поставок

Критерии оценки (целевые критерии функционирования ЦП) основаны на SCOR-модели и построены в виде следующей системы:

Надежность поставок

1. Выполнение поставок (DR 1)
2. Степень полноты поставок (DR 2)
3. Длительность цикла поставок (DR 3)
4. 100%-выполнение поставок (DR 4)

Гибкость и реакция

1. Время реакции цепи поставок (FR 1)
2. Гибкость производства (FR2)

Затраты

1. Общие затраты на логистический менеджмент (CT1)
2. Затраты ресурсов на единицу добавленной стоимости (CT2)
3. Затраты на гарантийное обслуживания или возвраты товаров (CT3)

Имущество

1. Время оборота средств в расчетах (AT1)
2. Время «поставка – хранение запасов (AT2)
3. Окупаемость основных фондов (AT3)

Разработанные модели и алгоритмы реализованы в виде программных средств на основе комбинирования оптимизации, эвристик и имитационного моделирования и интегрированы с ИТ-инфраструктурой управления цепями поставок, состоящей из Web-платформы, ERP системы и монитора цепи поставок (см. рис. 18.5).

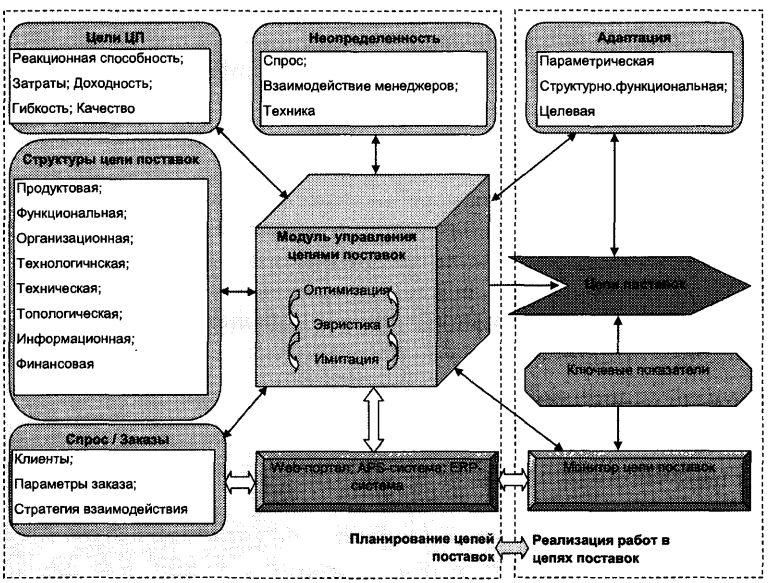


Рис. 18.5. Модель информационной инфраструктуры моделирования и оптимизации цепей поставок [96]

Задача решается на основе одновременного рассмотрения различных структур цепи поставок. Такая модель является чрезвычайно гибкой. Одновременный (а не последовательный) структурно-функциональный синтез оптимальной конфигурации цепи поставок и проверка различных сценариев выполнения работ в цепи поставок, различных прогнозов спроса и т.д. в рамках данной конфигурации на основе имитационного моделирования позволяют быстро и наглядно проанализировать различные варианты стратегии и тактики управления цепью поставок.

Внося изменения в параметры различных структур, менеджер получает возможность проиграть различные комбинации, например, изменения стратегии координации, изменения уровня спроса, изменения в продуктовой структуре, изменения в структуре поставщиков и т.д. Результаты имитационного моделирования цепи поставок позволяют комплексно проанализировать динамику выполнения работ по заказам клиентов в цепи поставок и сформировать необходимые управленческие воздействия (например, изменить структуру сети, привлечь в сеть дополнительные ресурсы, отказаться от выполнения части заказов, определить «узкие места» цепи поставок и т.д.).

Рассмотрим пример синтеза цепи поставок в программном пакете "Supply Network Dynamic Control", разработанным автором совместно с профессором Б.В. Соколовым (СПИИ РАН). Разработанный прототип программного обеспечения позволяет решать широкий спектр задач адаптивного планирования, составления расписания (корректировки планов и расписаний), а также управления цепями поставок.

Указанный прототип может работать в нескольких режимах:

- Режим ручного редактирования и визуализации параметров моделей планирования, к которым относятся параметры и структура взаимосвязей выполняемых операций, параметров процессов, ресурсов, общие параметры моделей планирования,
- Режим автоматического генерирования параметров моделей,
- Режим поиска и оптимизации планов цепей поставок (синтеза цепей поставок),
- Режим имитации выполнения планов управления цепями поставок,
- Режим оценивания устойчивости формируемых планов.

Согласно постановке задачи (см. §17.1, 17.4 и 17.5) планирования цепи поставок, исходные данные могут быть представлены в следующем виде. В рассматриваемом примере в сети существует 9 предприятий,

каждое из которых обладает множеством компетенций (общее количество компетенций равно 6). Имеются 18 заказов, которые необходимо запланировать. При этом задача формулируется в многокритериальной постановке. В качестве критериев выступают максимально равномерная загрузка всех предприятий и максимальное количество заказов, которые могут быть выполнены в сети (уровень сервиса цепи поставок). Условные весовые коэффициенты этих критериев в сумме составляют единицу.

Для каждого заказа клиента определена технология его выполнения (последовательность технологических операций – компетенций).

На этом заканчивается формирование основных исходных данных. Следующим этапом является планирование. На этом этапе осуществляется синтез цепи поставок и составление оперативно-календарного плана для каждого из заказов. В актуальной версии программного пакета реализовано два варианта эвристических алгоритмов: Equal Charge (равномерная загрузка предприятий) и FIFO (first-in-first-out - последовательное распределение работ по мере их поступления).

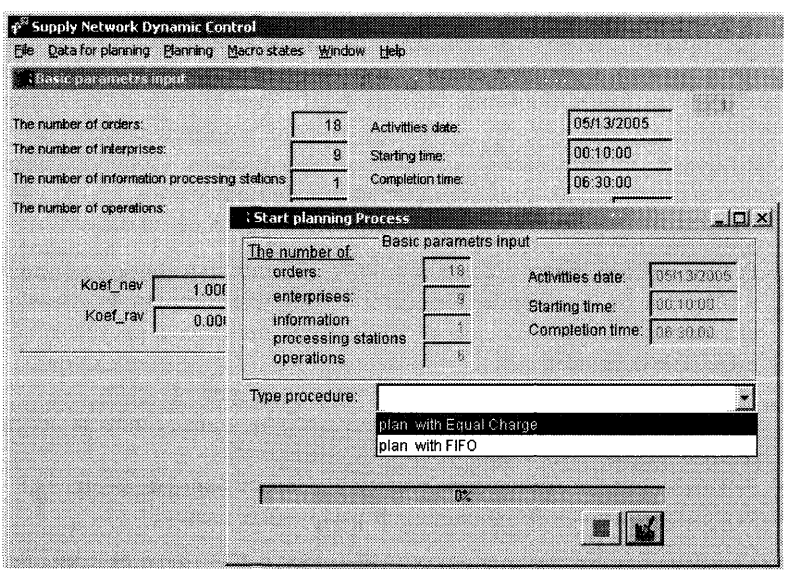


Рис. 18.6. Интерфейс выбора алгоритма планирования

Процесс планирования состоит из нескольких этапов. Так, например, на этапе 2 осуществляется синтез эвристического плана, а на этапе 5 – его оптимизация.

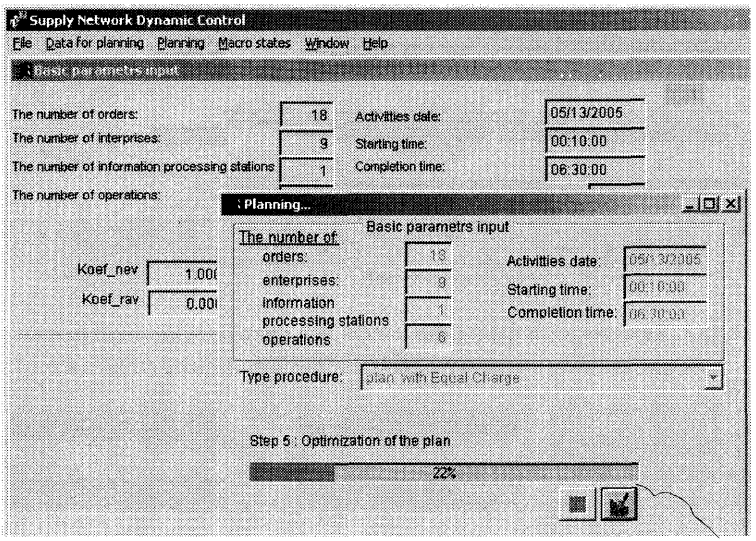


Рис. 18.7. Интерфейс оптимизации эвристического плана

Результатом работы алгоритма является сконфигурированные цепи поставок и их оперативно-календарные планы (рис. 18.8-18.9).

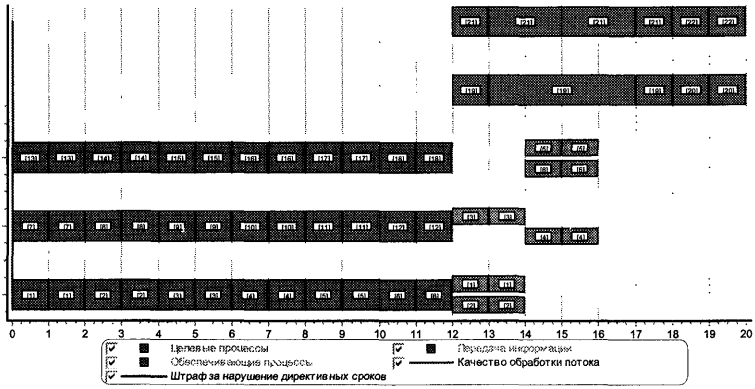


Рис. 18.8. Календарный план цепи поставок в макроструктурном разрезе на основе FIFO алгоритма

DYN

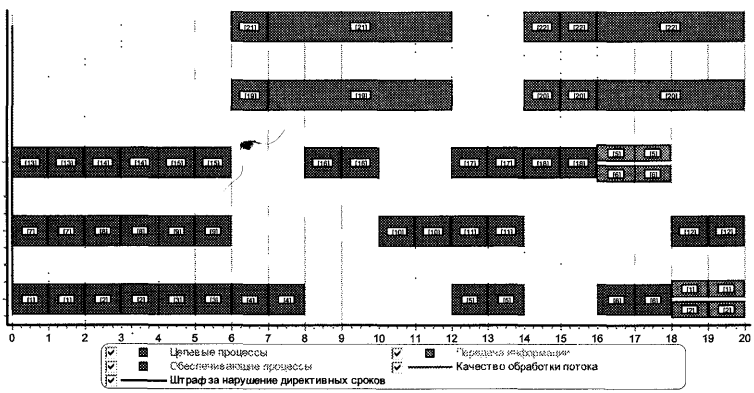


Рис. 18.9. Календарный план цепи поставок в макроструктурном разрезе на основе алгоритма управления структурной динамикой

Как видно из полученных результатов, совокупный индекс качества плана цепи поставок выше в модели, полученной на основе управления структурной динамикой по сравнению с FIFO-алгоритмом.

Особенностью развиваемого подхода и его реализации в виде ПО SDNC является возможность анализа составленного плана на основе использования методологии многоструктурных макросостояний.

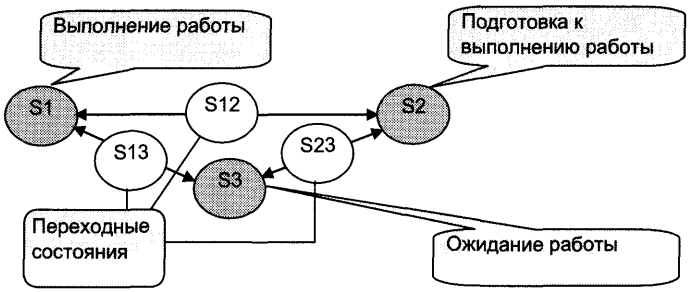


Рис. 18.10. Основные макросостояния элемента цепи поставок

Использование методологии многоструктурных макросостояний позволяет также представить и оценить не только результаты планирования, но и результаты функционирования цепи поставок на агрегированном уровне детализации (на уровне трех основных макросостояний: плановое, отклонения от плана, необходимость реконфигурирования, и шести переходных макросостояний), что дает возможность менеджерам получить комплексное представление о динамике выполнения заказов в цепи поставок.

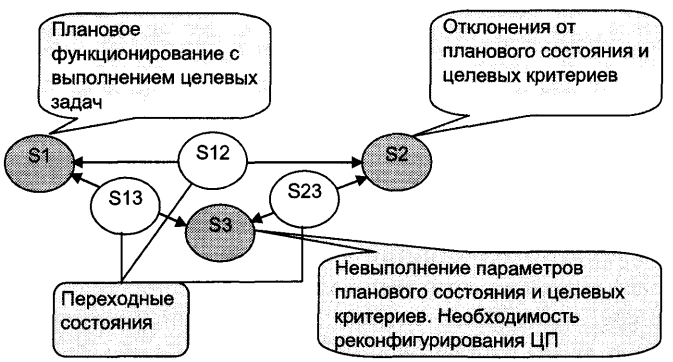
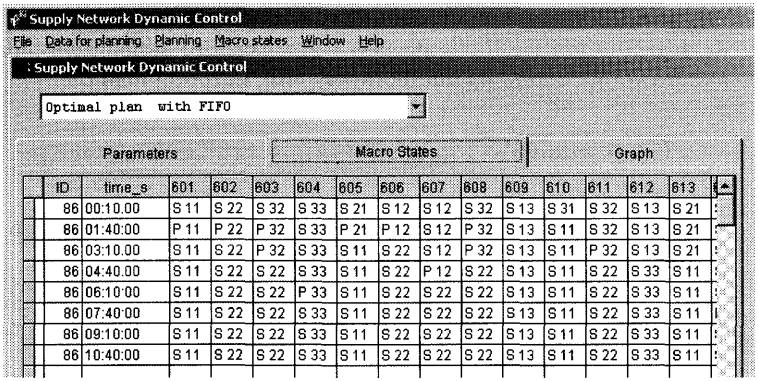


Рис. 18.11. Макросостояния функционирования цепи поставок



ID	time_s	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613
86	00:10.00	S 11	S 22	S 32	S 33	S 21	S 12	S 12	S 32	S 13	S 31	S 32	S 13	S 21
86	01:40:00	P 11	P 22	P 32	S 33	P 21	P 12	S 12	P 32	S 13	S 11	S 32	S 13	S 21
86	03:10.00	S 11	S 22	P 32	S 33	S 11	S 22	S 12	P 32	S 13	S 11	P 32	S 13	S 21
86	04:40.00	S 11	S 22	S 22	S 33	S 11	S 22	P 12	S 22	S 13	S 11	S 22	S 33	S 11
86	06:10:00	S 11	S 22	S 22	P 33	S 11	S 22	S 22	S 22	S 13	S 11	S 22	S 33	S 11
86	07:40:00	S 11	S 22	S 22	S 33	S 11	S 22	S 22	S 22	S 13	S 11	S 22	S 33	S 11
86	09:10:00	S 11	S 22	S 22	S 33	S 11	S 22	S 22	S 22	S 13	S 11	S 22	S 33	S 11
86	10:40:00	S 11	S 22	S 22	S 33	S 11	S 22	S 22	S 22	S 13	S 11	S 22	S 33	S 11

Рис. 18.12. Интерфейс динамики выполнения заказов и макросостояний

Данная динамика может быть представлена и в графической форме.

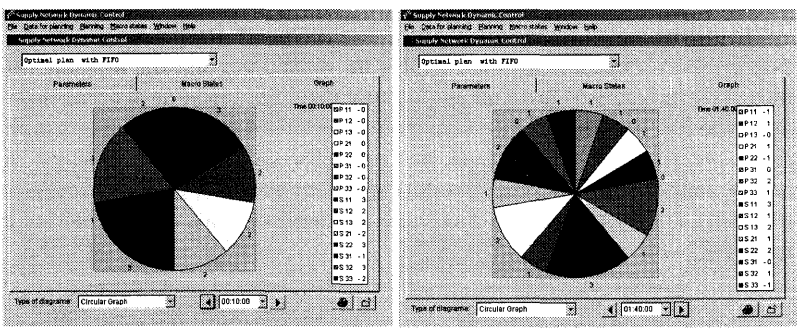


Рис. 18.13. Графический интерфейс динамики выполнения заказов в терминах макросостояний в динамике

Предложенные методы, модели и алгоритмы имеют значительное практическое значение. Они позволяют менеджерам получить комплексное представление о динамике выполнения заказов и служат основой принятия оперативных управленческих решений (например, изменения структуры сети, ввод дополнительных ресурсов, изменения параметров выполнения заказов, своевременное распознавание и устранение «узких мест» и т.д.).

В случае недопустимых отклонений в функционировании цепи поставок, либо в случае неблагоприятного прогноза (с использованием

оценки устойчивости цепи поставок в динамике) осуществляется регулирование цепи поставок путем внесения соответствующих структурных, функциональных, параметрических, целевых и прочих изменений как в сам ход выполнения работ в цепи поставок, так и в модели планирования и оперативного управления цепи поставок (структурно-параметрическая адаптация моделей). Разработанные модели и алгоритмы могут быть использованы при совершенствовании современных APS-SCEM-систем.

18.2. Пример расчетов по поддержке принятия оперативных решений при управлении цепями поставок

Целью цепи поставок является изготовление продукта P, состоящего из узлов (B) и деталей (E), производимых различными предприятиями. Данный продукт должен быть произведен к определенному сроку T_{end} и с совокупными затратами, не превышающими величины C_{end}. Структура продукта представлена на рис. 18.14 [250].

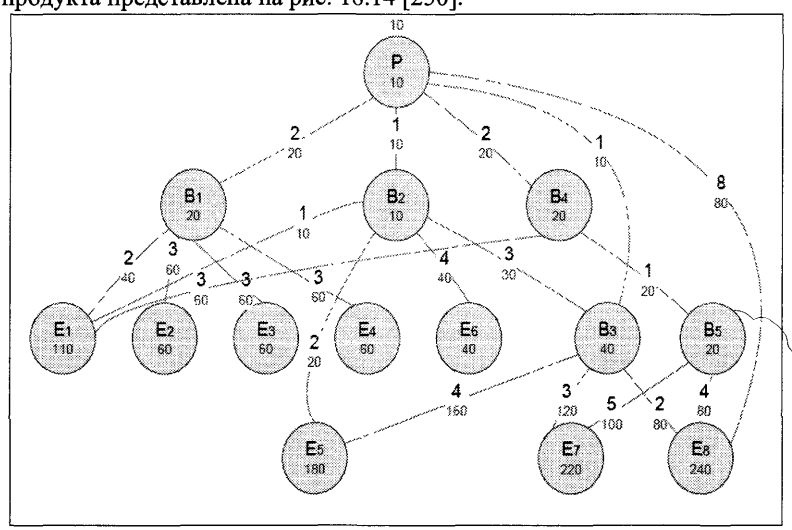


Рис. 18.15. Структура продукта в графической форме

На основе представленных в параграфе 18.1 моделей и алгоритмов синтеза цепи поставок был рассчитан план выполнения работ в цепи поставок и его основные параметры (см. таблицы 18.1, 18.2 и рис. 18.16). Ниже приведем перевод основных обозначений:

- Bedarf –потребности,
- время на ед. изделия – $t_{stück}$,
- общее время на изделие – t_{ges},
- Stückkosten – затраты на ед. изделия,
- Unternehmen – Предприятие,
- Bezeichnung – Обозначение,
- Arbeitsgang – операция,
- Kontrollzeitpunkt – точка контроля,
- Bestand – запас,
- Kapazität – мощность,
- Tag –день.

Таблица 18.1.

Параметры плана цепи поставок

	Bedarf [Stück]	$t_{Stück}$ [Tag]	t_{ges} [Tag]	Stück-kosten [EUR]	Unter-nehmen	Bezeich-nung
E5	180	0,01	1,8	5	U1	a_{11}
E7	220	0,009	1,98	5	U2	a_{12}
E8	240	0,005	1,2	10	U3	a_{13}
E1	110	0,01	1,1	10	U4	a_{14}
E2	60	0,05	3	10	U3	a_{23}
E3	60	0,04	2,4	10	U3	a_{33}
E4	60	0,05	3	10	U1	a_{21}
E6	40	0,03	1,2	10	U1	a_{31}
B3	40	0,1	4	100	U2	a_{22}
B5	20	0,15	3	100	U4	a_{24}
B1	20	0,25	5	100	U3	a_{43}
B2	10	0,4	4	150	U1	a_{41}
B4	20	0,2	4	200	U4	a_{34}
P	10	0,6	6	500	U4	a_{44}

Данный план может быть представлен в графической форме в виде диаграммы Ганта (рис. 18.16).

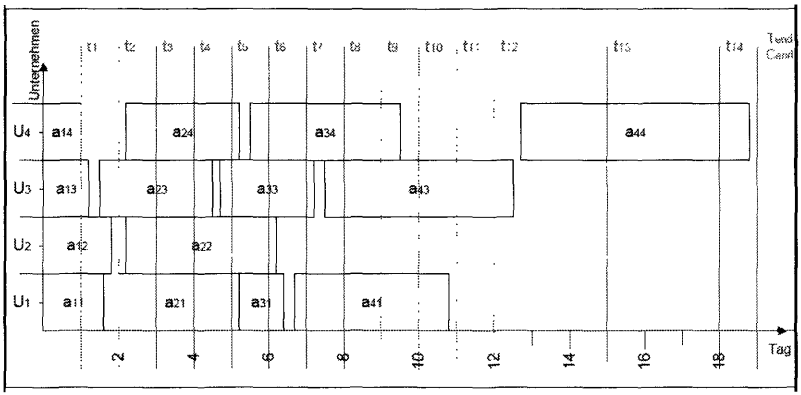


Рис. 18.16. План цепи поставок в графической форме

В качестве целевых критериев установлены срок окончания работ T_{end} = 19 дням и совокупные затраты, не превышающие величины C_{end} = 30000 евро. В таблице 18.2 представлены рассчитанные на основе таблицы 3.9 плановые параметры выполнения работ в ЦП для каждой контрольной точки (при рассмотрении параметра мощности с целью приведения задачи к единой размерности сделано допущение, что для производства единицы изделия необходимо 5 единиц мощности).

С целью целостного и наглядного представления хода протекания бизнес-процессов цепи поставок для менеджеров предложено использовать 4 ключевых показателя (индикатора) выполнения работ в цепи поставок, отражающие все рассматриваемые параметры выполнения работ в цепи поставок. Этим показателями являются:

- уровень сервиса,
- время производственного цикла,
- степень покрытия потребности и
- затраты цепи поставок.

Время производственного цикла (DLZ) определяется как разность между сроками окончания и начала операции.

Уровень сервиса (LW) определяется по формуле (80):

$$LW=\frac{\frac{\text{Kapazität}}{5}+\text{Bestand}}{\text{Bedarf}} \qquad (80)$$

Степень покрытия потребности (DG) рассчитывается как:

$$DG=Bedarf - \left(Bestand + \frac{Kapazität}{5} \right) \quad (81)$$

Таблица 18.2.

Плановые параметры выполнения работ в цепи поставок для каждой контрольной точки

Kontroll-zeitpunkt	Arbeits-gang	Bedarf [Stück]	Bestand [Stück]	Kapazität [Kap.einheit]	Kosten [EUR]	t_{start} [Tag]	t_{end} [Tag]
t_1	a_{11}	100	20	400	500	0	1
	a_{12}	112	10	510	560	0	1
	a_{13}	200	40	800	2000	0	1
	a_{14}	100	5	475	1000	0	1
t_2	a_{23}	10	0	50	100	1,5	2
t_3	a_{21}	20	5	75	200	2	3
	a_{22}	8	0	40	800	2,25	3
	a_{23}	20	0	100	200	2	3
	a_{24}	6	1	25	600	2,2	3
t_4	a_{21}	20	0	100	200	3	4
	a_{22}	10	0	50	1000	3	4
	a_{23}	20	0	100	200	3	4
	a_{24}	7	0	35	700	3	4
t_5	a_{21}	20	0	100	200	4	5
	a_{22}	10	0	50	1000	4	5
	a_{23}	7	5	10	700	4,75	5
	a_{24}	7	0	35	700	4	5
t_6	a_{21}	25	15	50	250	5,25	6
	a_{22}	10	0	50	1000	5	6
	a_{23}	25	0	125	250	5	6
	a_{24}	3	2	5	600	5,5	6
t_7	a_{41}	1	0	5	150	6,7	7
	a_{23}	25	0	125	250	6	7
	a_{24}	5	0	25	1000	6	7
t_8	a_{41}	2	0	10	300	7	8
	a_{43}	2	1	5	200	7,5	8
	a_{24}	5	0	25	1000	7	8
t_9	a_{41}	3	0	15	450	8	9
	a_{43}	4	0	20	400	8	9
	a_{24}	5	0	25	1000	8	9
t_{10}	a_{41}	2	0	10	300	9	10
	a_{43}	4	0	20	400	9	10
t_{11}	a_{43}	4	0	20	400	10	11
t_{12}	a_{43}	4	0	20	400	11	12
t_{13}	a_{44}	4	0	20	2000	12,75	15
t_{14}	a_{44}	5	0	25	2500	15	18

Затраты цепи поставок определяются на основе таблицы 18.2 с учетом затрат на транспортировку, которые с целью упрощения приняты исходя из соотношений 100 рублей на единицу деталей, 500 рублей на единицу узла und 1000 рублей на единицу конечного изделия.

Можно выделить 2 класса задач поддержки принятия оперативных решений при управлении цепями поставок:

- реактивное реконфигурирование (в случае возникновения нарушений в процессе выполнения работы),
- превентивное реконфигурирование (в случае возникновения нарушений на участках цепи поставок, не затрагивающих текущий процесс выполнения работы, т.е. в будущем).

Ниже рассмотрим несколько сценариев по каждому из 2 классов задач.

Сценарий с реактивным реконфигурированием

Общая схема принятия оперативных решений при сценариях с реактивным реконфигурированием представлена на рис. 18.17.

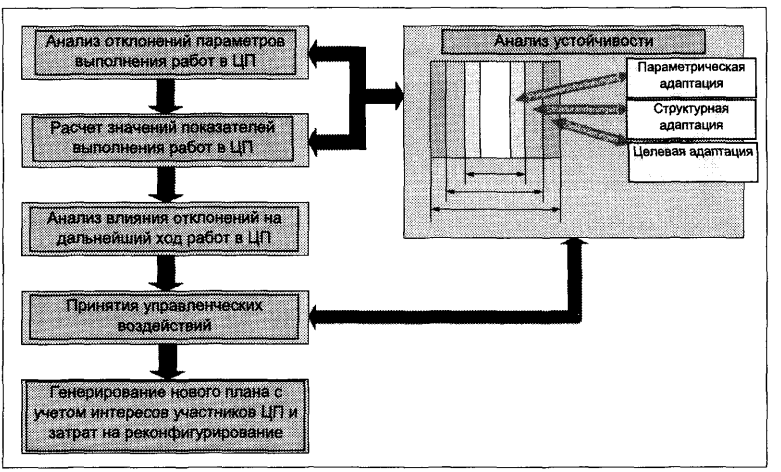


Рис. 18.17. Общая схема принятия оперативных решений при сценариях с реактивным реконфигурированием

После анализа отклонений параметров выполнения работ в цепи поставок на основе результатов анализа устойчивости производится расчет значений показателей выполнения работ в цепи поставок. Далее осуществляется анализ влияния этих отклонений на дальнейший ход работ в цепи поставок и принятия управленческих воздействий по адап-

тации цепи поставок с учетом представленной выше многоуровневой концепции адаптации. Далее происходит генерирование нового плана с учетом интересов участников цепи поставок и затрат на реконфигурирование цепи поставок.

Сценарий 1. Снижение запаса на 100 % на операции a_{31} в момент времени t_6 (таблица 18.3)

Таблица 18.3.

Параметры выполнения работ – сценарий 1

Kontroll-zeitpunkt	Arbeits-gang	Bedarf [Stück]	Bestand [Stück]	Kapazität [Kap.einheit]*	Kosten [EUR]	t_{start} [Tag]	t_{end} [Tag]
t_6	a_{31}	25	0	50	250	5,25	6

В таблице 18.4 представлены рассчитанные ключевые показатели.

Таблица 18.4.

Показатели выполнения работ – сценарий 1

Kontroll-zeitpunkt	Arbeits-gang	DLZ	LW	DG	SC-Kosten
t_6	a_{31}	0,75	40%	15	275

Уровень сервиса 40% и покрытие потребности в 15 единиц соответствуют уровню допустимых отклонений согласно анализу устойчивости. Это означает, что цепь поставок устойчива, но необходима структурно-функциональная адаптация для восстановления планового хода выполнения работ в цепи поставок. В качестве решения может быть предложено привлечение внешнего поставщика (аутсорсинг) для производства 15 единиц детали №6 в следующем периоде.

Сценарий 2. Снижение мощности на 75 % на операции a_{43} в момент времени t_9 (таблица 18.5)

Таблица 18.5.

Параметры выполнения работ – сценарий 2

Kontroll-zeitpunkt	Arbeits-gang	Bedarf [Stück]	Bestand [Stück]	Kapazität [Kap.einheit]*	Kosten [EUR]	t_{start} [Tag]	t_{end} [Tag]
t_9	a_{43}	4	0	5	400	8	9

В таблице 18.6 представлены рассчитанные ключевые показатели.

Таблица 18.6.

Показатели выполнения работ – сценарий 2

Kontroll-zeitpunkt	Arbeits-gang	DLZ	LW	DG	SC-Kosten
t_9	a_{43}	1	25%	3	420
t_{10}	a_{43}	-0,75			

Уровень сервиса 25% и покрытие потребности в 3 единицы не соответствуют уровню допустимых отклонений согласно анализу устойчивости. Это означает, что ЦП неустойчива. Параметрическая адаптация приводит к запаздыванию операции a_{44}. Структурно-функциональная адаптация невозможна, т.к. предприятие 3 обладает монопольным правом на производство узла 1. В данном случае необходима целевая адаптация, т.е. изменение срока окончания работ в ЦП (рис. 18.17).

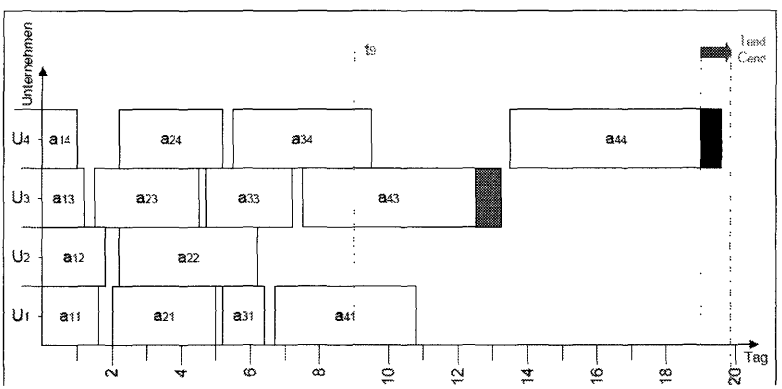


Рис. 18.17. Влияния отклонений на план цепи поставок – сценарий 2

Сценарии с превентивным реконфигурированием

Общая схема принятия оперативных решений при сценариях с превентивным реконфигурированием соответствует представленной на рисунке 18.16 схеме за исключением того, что влияние отклонений параметров анализируется в обратную сторону, из будущего (от участка

цепи поставок, где возникло отклонение) к текущему участку цепи поставок.

Сценарий 3. К моменту времени t_6 становится известным, что потребность в конечном изделии на момент времени t_{13} увеличивается на 50%.

Данная ситуация представляет собой самый распространенный сценарий оперативного управления цепями поставок – реакция на колебания спроса (так называемый Bullwhip-эффект, см. главы 3 и 4).

В первую очередь определяются затронутые участки цепи поставок. Далее осуществляется расчет показателей выполнения работ на затронутых участках цепи поставок (см. таблицу 18.7).

Таблица 18.7.

Отклонения показателей выполнения работ – сценарий 3

Zeitraum	Arbeits-gang	Bedarf [Stück]	Bestand [Stück]	Kapazität [Kap.einheit]	Kosten [EUR]
$t_6 - t_{13}$	a_{44}	4 + 2	0	20	2000 + 1000
	a_{43}	20 + 4	1	95	2000 + 400
	a_{41}	10 + 2	0	50	1500 + 300
	a_{34}	17 + 4	0	85	3400 + 800
	a_{33}	28 + 6	0	140	280 + 60
	a_{22}	2 + 8	0	10	200 + 800
	a_{31}	15 + 8	0	75	150 + 80

На рис. 18.18 показана комплексная карта динамики изменения показателей выполнения работ в цепи поставок по мере удаления от участка цепи поставок, где возникло колебание спроса. Данная диаграмма позволяет комплексно представить влияние колебания спроса по всей цепи поставок на основе значений индикаторов выполнения работ.

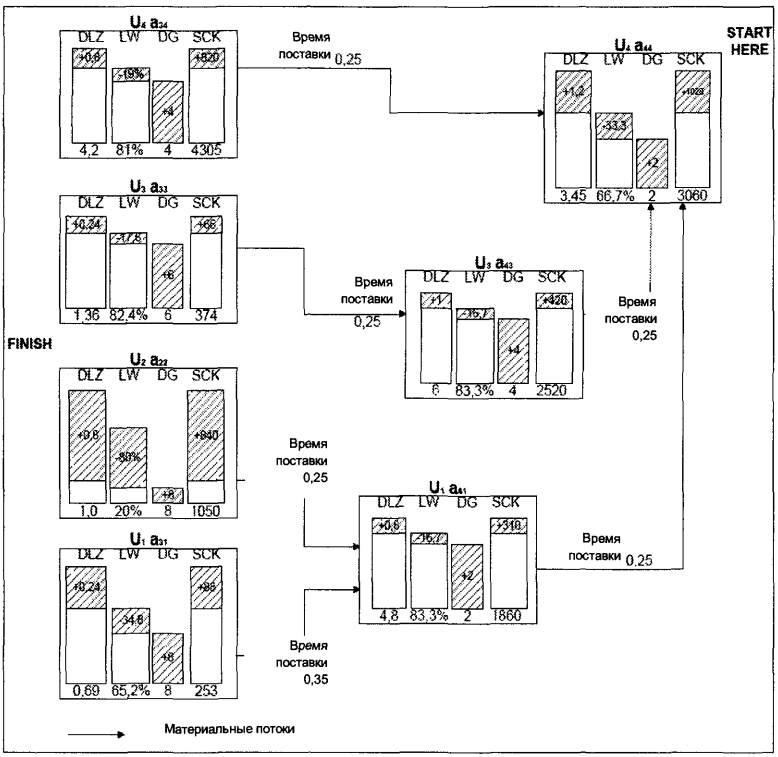


Рис. 18.18. Комплексная карта динамики изменения показателей выполнения работ в цепи поставок

На рис. 18.19 показано влияние колебания спроса на план цепи поставок. Анализ устойчивости позволяет определить, что на всех операциях, за исключением a_{22}, отклонения параметров соответствуют допустимым и могут быть ликвидированы с помощью параметрической адаптации.

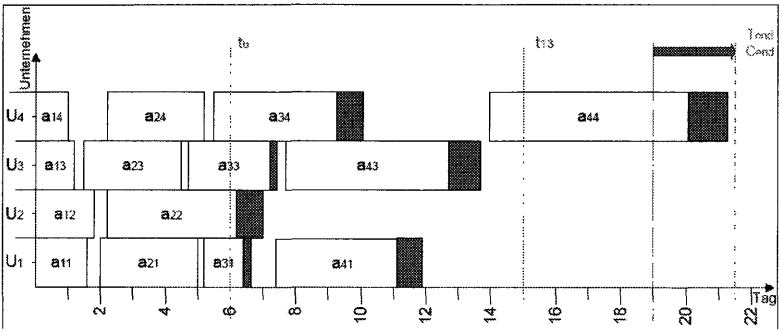


Рис. 18.19. Влияния отклонений на план цепи поставок – сценарий 3

По операции a_{22}, значения показателей уровень сервиса 20% и покрытие потребности в 8 единиц не соответствуют уровню допустимых отклонений согласно анализу устойчивости. Это связано с тем, что потребность в 40 единиц узла №3 на момент сигнала о повышение спроса уже практически покрыта, т.е. отсутствуют дополнительные мощности в производстве и складские запасы. Колебание спроса приводит к увеличению потребности на этой операции на 400%, и на оставшихся свободных мощностях с учетом имеющихся запасов можно произвести только 2 единицы узла №3. В качестве решения может быть предложено привлечение внешнего поставщика (аутсорсинг) для поставки 8 единиц узла №3.

Развитие и перспективные работы

Более подробно материалы этого параграфа представлены в работе [250]. В настоящее время, на основе специально разработанной имитационной модели в сочетании с элементами оптимизации проводятся эксперименты, позволяющие оценить влияние различных стратегий «защиты» цепи поставок. Например, для снижения негативного влияния различных колебаний, цепи поставок наделяются определенной ресурсной (например, страховые запасы) и информационной (системы координации) избыточностью для адаптации к изменяющимся соотношениям спроса и поставок для компенсирования различных классов возмущающих воздействий(см. §3.3).

Полученные результаты дают возможность обоснованно подойти к выбору той или иной стратегии защиты цепей поставок (или их комбинации) с позиций затрат и уровня сервиса (доходности). Результаты

представляются в наглядной графической форме и могут быть легко интерпретированы менеджерами цепей поставок. Данный программный продукт используется нами и на тренингах/образовательных семинарах.

Дальнейшее развитие и усложнение данной имитационной модели предусмотрено на основе теории структурной динамики. Суть модели состоит в представлении структуры цепи поставок (см. рис. 18.20) в виде динамического альтернативного мультиграфа описывающего множество возможных структурных состояний цепи поставок на каждом из этапов выполнения работ.

Это означает, что каждый элемент сетевой модели является уже не отдельным предприятием (в отличии от постановки, данной в §17.4), а состоянием цепи поставок в динамике. Для каждого из поставщиков (они были уже определены для каждого этапа) вводится в рассмотрение множество состояний, в котором может находиться выполняемая им операция. В данном случае, мы переходим от рассмотрения управления как функции структуры к рассмотрению управления как одновременно функции структуры и состояния (см. рис. 18.20).

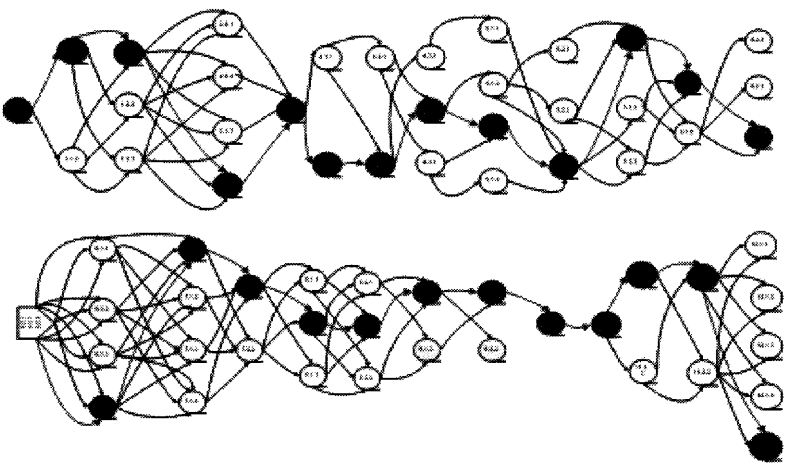


Рис. 18.20. Пример траектории состояний цепи поставок

Каждое из состояний в примере на рис. 18.19 характеризуется определенным уровнем избыточности. Например, состояния по операции 5.1 имеют следующие значения: 5.1.1 – работа в плановом режиме, 5.1.2 – использование 50% страхового запаса, 5.1.3. – сдвиг срока выполнения

поставки, 5.1.4 – срочный аутсорсинг работы. Каждое из состояний характеризуется соответствующими параметрами затрат ресурсов, а связи между состояниями – информационными затратами.

Оценка соответствия структуры цепи поставок и фактического спроса осуществляется на основе имитационной модели. На основе задаваемых, например, на основе вероятностных распределений, колебаний спроса, можно оценить, к каким траекториям тяготеет цепь поставок в среднем за анализируемый интервал времени. На рис. 18.20 представлен пример траектории состояний цепи поставок.

Если элементами этих траекторий наиболее часто становятся состояния с высоким уровнем избыточности (например, постоянное использование страховых запасов), то нужно изменить план цепи поставок. Аналогично можно проанализировать и усилить отдельные «узкие места» в цепи поставок. Это может быть очень полезным для анализа уровня сервиса и пропускной способности цепи поставок. Очень часто, несколько узких мест (например, состояния, где постоянно происходят перебои с поставками) существенно снижают уровень сервиса и пропускную способность цепи поставок.

В перспективе, данная имитационная модель может быть расширена на комплексный анализ поведения цепей поставок в условиях различных возмущающих воздействий на разных этапах функционирования цепей поставок. Выявление узких мест цепей поставок дает возможность целенаправленного их усиления, т.е. приведения области допустимых управляющих воздействий к фактическому уровню возмущающих воздействий. А это уже является залогом *глобальной устойчивости* цепей поставок (см. главу 15).

18.3. Алгоритм оценки устойчивости структуры цепи поставок[1]

Рассмотрим задачу оценки структурной устойчивости цепи поставок для реализации проекта при следующих исходных данных. Проект включает 4 стадии. Коэффициенты относительной важности r_i стадий

[1] Базовая модель для данного алгоритма представлена в параграфе 16.4.3.

проекта равны соответственно: 0,2; 0,34; 0,24; 0,22. Определены исполнители для каждой стадии: 1-A; 2-B; 3-C; 4-D.

Необходимо провести анализ полученной структуры цепи поставок и оценить внутреннюю связность, «прочности» сформированной структуры на основе применения коэффициента консолидации. Примем для определенности трехуровневую градацию степени связности структуры, а именно, низкую, среднюю и высокую степени связанности. В качестве граничных значений коэффициента консолидации примем $q_1=0,3$ и $q_2=0,6$. Определим взаимной заинтересованности сторон в каждой паре «координатор – исполнитель». Расчеты проведем по формулам, результаты представим в табл. 18.13.

Таблица 18.13

Определение взаимной заинтересованности в паре «координатор – исполнитель»

Оценки заинтересованности	Исполнители			
	A	B	D	F
Заинтересованность координатора в исполнителях (U_i)	0,95	0,98	0,99	0,98
Заинтересованность со стороны исполнителя в проекте (Z_i)	0,96	0,8	0,75	0,75
Оценка заинтересованности в паре «координатор-исполнитель» (U_{0i})	0,95	0,8	0,75	0,75

Для определения интегрального показателя заинтересованности участников (коэффициента консолидации) необходимо построить «лепестковую» диаграмму. Данные для построения такой диаграммы сведены в табл. 18.14. Определение относительной важности выполняемой стадии проекта ($r_i^{отн}$) осуществляется следующим образом. Для стадии с максимальной степенью важности (r_i^{max}) значение $r_i^{отн} = 1$. Для остальных стадий проекта показатель ($r_i^{отн}$) определяется по правилу:

$$r_i^{отн} = r_i / r_i^{max} \tag{82}$$

Относительная взаимная заинтересованность партнеров ($U^{отн}_{0i}$) определяется по формуле:

$$U^{отн}_{0i} = r_i^{отн} * U_{0i} \quad (83)$$

Таблица 18.14

Определение взаимной заинтересованности партнеров

Показатели	Исполнители			
	A	B	C	D
1. Важность выполняемой исполнителем стадии проекта (r_i)	0,2	0,34	0, 24	0,22
2. Взаимная заинтересованность координатора и исполнителя (U_{0i})	0,95	0,8	0,75	0,75
3. Относительная важность выполняемой стадии проекта ($r_i^{отн}$)	0,59	1	0,71	0,65
4. Относительная взаимная заинтересованность ($U^{отн}_{0i}$)	0,56	0,8	0,53	0,49

Как видим, $K_{конс} > q_2$, то есть при принятых предположениях степень взаимной заинтересованности партнеров можно оценить как высокую. Структура виртуального предприятия по оценке координатора достаточно устойчива, риск срыва проекта невелик и есть основания считать анализируемый вариант структуры цепи поставок наиболее предпочтительным.

18.4. Модель определения точки проникновения заказа

Выбор местоположения точки проникновения заказа зависит от множества факторов и различно для отдельных отраслей. Нами были выполнены исследования, позволившие сформулировать практические рекомендации по выбору местоположения точки проникновения заказа для пяти отраслей: авиастроение, автомобилестроение, электротехника, потребительские товары и фармацевтика. На первом этапе исследования были выявлены факторы и затраты, связанные с местоположением точки проникновения заказа (рис. 18.21)

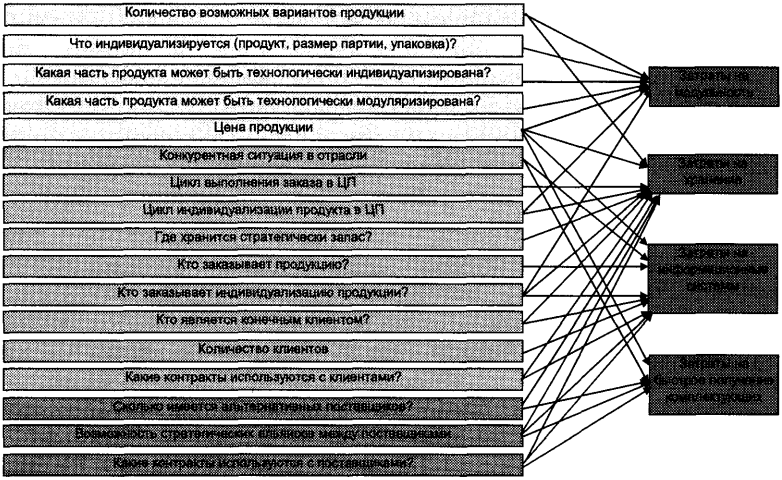


Рис. 18.21. Факторы и затраты, связанные с местоположением точки проникновения заказа

Далее каждому из этих факторов было присвоено значение в диапазоне от 0 до 1 (см. приложение). Значения ранжированы от 0 до 1 (0 = "неважно"; 1 = "очень важно").

Таблица 18.15

Важность видов затрат для местоположения точки проникновения заказа

Виды затрат	Авиастроение	Автомобилестроение	Электротехника	Потребительские товары	Фармацевтика
Хранение	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,7	0,9 – 1,0	0,9 – 1,0
Модульность	0,9 – 1,0	0,9 – 1,0	0,6 – 0,7	0,2 – 0,4	0,2 – 0,4
Информационные системы	0,2 – 0,4	0,6 – 0,7	0,9 – 1,0	0,3 – 0,5	0,3 – 0,5
Быстрое получение комплектующих	0,9 – 1,0	0,9 – 1,0	0,6 – 0,7	0,3 – 0,5	0,2 – 0,4

Данный анализ позволил сформировать рекомендации относительно видов затрат, которые необходимо учитывать в первую очередь при оп-

ределении местоположения точки проникновения заказа для различных отраслей.

На основе данных таблицы 18.15 сформулированы рекомендации относительно местоположения точки проникновения заказа. Предварительно следует отметить, что адаптивная часть цепи поставок, начинающаяся от точки проникновения заказа, может строиться с помощью

(а) введения определенной *избыточности цепи поставок*, например, дополнительных запасов, дополнительных мест хранения запасов, максимизации модульности продуктов с возможностью гибкой перекомпановки модулей в различных комбинациях.

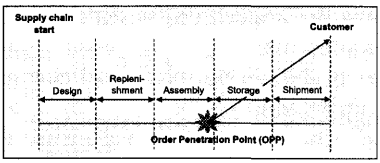
(б) *структурно-функциональной адаптации цепи поставок* (например, привлечения новых поставщиков для быстрого получения необходимых комплектующих) на основе расширенной (с использование Интернет-технологий и методики виртуальных предприятий) информационной координации.

Рекомендации относительно местоположения точки проникновения заказа с учетом важности описанных выше двух видов резервов по построению цепи поставок вверх от точки проникновения заказа (upstream) представлены в таблице 18.16 и на рис. 18.22. На рисунке 18.22 показаны результаты вычислений местоположения точки проникновения заказа для различных отраслей, наглядно показывающие основные тенденции. Так, для цепей поставок авиастроения и автомобилестроения рекомендуется располагать точку проникновения заказа в начале цикла цепи поставок, для электротехники – на этапе сборки, а для потребительских товаров и фармацевтики – как можно ближе к клиенту.

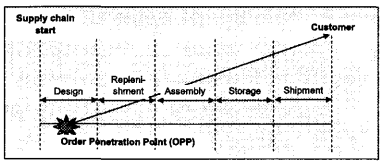
Таблица 18.16.

Рекомендации относительно местоположения точки проникновения заказа

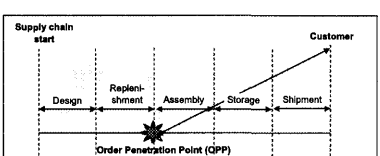
	Авиастроение	**Автомобилестроение**	**Электротехника**	**Потребительские товары**	**Фармацевтика**
Избыточность ЦП	0,9 – 1,0	0,8 – 0,9	0,4 – 0,6	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2
Адаптация ЦП	0,9 – 1,0	0,8 – 0,9	0,6 – 0,8	0,3 – 0,4	0,2 – 0,3
Расположение точки проникновения заказа	Как можно ближе к началу ЦП	В начале цепи поставок	В середине цикла ЦП	Ближе к клиенту	Как можно ближе к клиенту



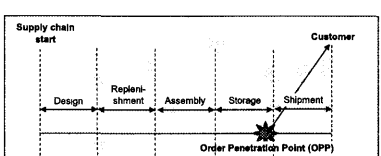
a) цепь поставок потребительских товаров



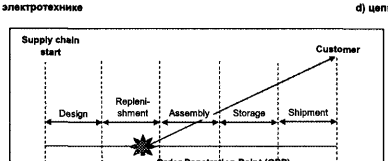
b) цепь поставок в авиастроении



c) цепь поставок в электротехнике



d) цепь поставок в фармацевтике



e) цепь поставок в автомобилестроении

Рис. 18.22. Рекомендации по местоположению точки проникновения заказа для различных отраслей

Данные результаты получены на основе имитационного моделирования с применением следующего принципа анализа. В случае заказа или запроса клиента, продукция может быть поставлена со склада - траектория α (рис. 3.8) – или индивидуализирован в соответствии с требованиями клиента (траектория β). Местоположение точки проникновения заказа определяется исходя из технологических и экономических целей и ограничения. нами предложено определение местоположения точки проникновения заказа исходя из сравнения экономических и финансовых показателей цепи поставок двух стратегий: отсутствия и наличия адаптивной части цепи поставок (рис. 3.8). В рассмотрение вводятся следующие параметры:

- D = Индекс, характеризующий эффективность местоположения точки проникновения заказа,
- R = Доходность цепи поставок без адаптивной части цепи поставок,
- R_a = Доходность цепи поставок с адаптивной частью цепи поставок,
- C = Затраты цепи поставок без адаптивной части цепи поставок,

- C_u^a = Затраты цепи поставок с адаптивной частью цепи поставок на участке слева от точки проникновения заказа,
- C_d^a = Затраты цепи поставок с адаптивной частью цепи поставок на участке справа от точки проникновения заказа,
- P = Штрафы и неустойки за невыполненные в случае без адаптивной части цепи поставок,
- P^a = Штрафы и неустойки за невыполненные в случае с адаптивной частью цепи поставок,
- L = Потери от непринятых к исполнению запросов клиентов в случае без адаптивной части цепи поставок,
- L^a = Потери от непринятых к исполнению запросов клиентов в случае с адаптивной частью цепи поставок,
- k_f = корректирующий коэффициент, учитывающий потенциальное увеличение объема продаж при увеличении гибкости цепи поставок за счет адаптивной части цепи поставок,
- t = периоды времени.

На протяжении цикла цепи поставок $(t_o; T)$[2] исследуются различные местоположения точки проникновения заказа и выбирается наилучшее, т.е. то, где индекс D>1 принимает максимальное значение по следующей формуле (84):

$$D = \left(\frac{R_a - (C_u^a + C_d^a + P^a + L^a)}{R - (C + P + L)} \right)(t) \times k_f \rightarrow \max, t \in \{t_0; T\} \qquad (84)$$

Данная аналитическая детерминированная формула предложена по причине практического характера данных, используемых при расчете местоположения точки проникновения заказа. Решение по размещению точки проникновения заказа носит стратегический характер. В таких решениях вероятностные модели практически не используются вследствие длительного периода прогнозирования. Данными для формулы (84) являются результаты прошлых периодов и мнения экспертов.

В заключение приведем результаты анализа влияния различных факторов на местоположение точки проникновения заказа. Данные получены на основе анализа различных цепей поставок и интервьюирования

[2] На практике точка проникновения заказа может быть расположена лишь в определенных местах цепи поставок в рамках интервала $(t_o; T)$

менеджеров цепей поставок. Значения ранжированы от 0 до 1 (0 = "низкий, короткий и т.д."; 1 = "высокий, длительный и т.д.").

Таблица. 18.17.

Факторы, влияющие на местоположение точки проникновения заказа

Фактор	Авиастроение	Автомобилестроение	Электротехника	Потребительские товары	Фармацевтика
Количество возможных вариантов продукции	0,9 – 1	0,9 – 1	0,7 – 1	0,3 – 0,5	0,1 – 0,2
Что индивидуализируется?	продукт	продукт	продукт	продукт, размер партии	размер партии, упаковка
Какая часть продукта может быть технологически индивидуализирована?	0,7 – 0,8	0,5 – 0,6	0,7 – 0,8	0,2 – 0,4	0,1 – 0,2
Какая часть продукта может быть технологически модуляризирована?	0,6 – 0,8	0,6 – 0,8	0,5 – 0,7	0,4 – 0,8	0,8 – 0,9
Цена продукции	0,9 – 1	0,7 – 0,9	0,5 – 0,7	0,2 – 0,3	0,1 – 0,3
Конкурентная ситуация в отрасли	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,6 – 1,0	0,2 – 0,4
Цикл выполнения заказа в ЦП	0,9 – 1	0,6 – 0,8	0,3 – 0,5	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
Цикл индивидуализации продукта в ЦП	0,8 – 1	0,4 – 0,6	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,3 – 0,5
Где хранится стратегический запас?	В производстве	В производстве	В производстве, на складе	На складе	На складе
Кто заказывает продукцию?	Организация	ИП, ОТ, РТ	ИП, ОТ, РТ	ОТ, РТ	ОТ, РТ

Кто заказывает индивидуализацию продукции?	Организация	ИП	ИП	ОТ, РТ	ОТ, РТ
Кто является конечным клиентом?	Организация	ИП	ИП	ИП	Организация, ИП
Количество клиентов	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,4 – 0,6	0,5 – 0,7	0,4 – 0,6
Какие контракты используются с клиентами?	Долгосрочные, на партию	Долгосрочные, партии, отдельные заказы	Среднесрочные, на партию, отдельные заказы	Среднесрочные, на партии	Среднесрочные, на партии
Сколько имеется альтернативных поставщиков?	0,5 – 0,7	0,5 – 0,7	0,4 – 0,6	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2
Возможность стратегических альянсов между поставщиками	0,9 – 1,0	0,9 – 1,0	0,7 – 0,9	0,4 – 0,6	0,9 – 1,0

ИП – индивидуальный потребитель, ОТ – оптовая торговля, РТ – розничная торговля.

На основе формулы (84) получены следующие значения индекса D для отдельных предприятий различных отраслей:

- Авиастроение – 2,387
- Автомобилестроение –12,1
- Электротехника – 1,2474
- Потребительские товары – 1,0
- Фармацевтика – 1,4529

Эти данные соответствуют расположению точки проникновения заказа на рисунке 18.22 и позволяют сделать следующий вывод – чем больше значение индекса *D*, тем ближе к началу цепи поставок необходимо располагать точку проникновения заказа, и наоборот – чем меньше значение индекса *D*, тем ближе к клиенту нужно располагать точку проникновения заказа.

18.5. Генетический алгоритм решения задач оперативно-календарного планирования[3]

Рассмотрим основные фазы генетического алгоритма решения задач *оперативно-календарного планирования. Кодирование* направлено на исключение недействительных вариантов планов, определение наиболее удобного механизма поиска и сокращения затрат на декодирование календарного плана. В генетике под хромосомой понимается нитеобразная макромолекула внутри клеточного ядра, которая является носителем наследственных признаков, или генов. Под геном понимается наследственная единица некое (элемент, единство) вещество на молекулярном уровне, отвечающее за наследование основных признаков и определяющее отличительные особенности, которые выражаются в форме проявления (фенотип) наследственности (генотип) и узнаваемые посредством существования альтернативных форм (аллелей) для этой отличительной особенности (рис. 18.23).

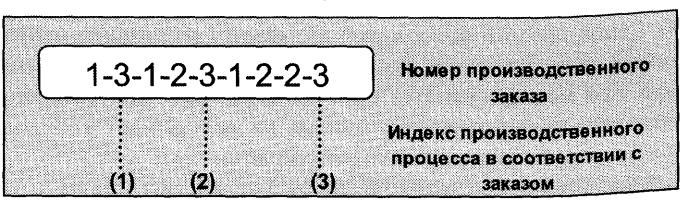


Рис. 18.23. Вид кодирования для решения задач оперативно-календарного планирования цепи поставок [185]

Ген является местом одной машины, которая располагается в соответствии с производственным процессом. Количество запланированных на этом месте рабочих операций называется аллелями этого гена. Количество всех генов, машинных мест, на которых происходят рабочие операции, обозначаются как хромосомы. Рисунок 18.26 показывает одну такую хромосому. Каждый ген содержит номер производственного заказа. Каждый номер упоминается так часто, как часто производственный заказ имеет рабочие операции.

Такое кодирование осуществляется в противоположность кодированию, которое отражает только рабочие операции, что служит появле-

[3] Данный параграф написан совместно с профессором, д.э.н. Т. Тайхом

нию недействительных вариантов из-за нарушения последовательности технологических связей/отношений посредством обмена аллелями. Принимается во внимание то, что различные генотипы могут привести к одинаковым фенотипам, т.е. несмотря на то, что хромосомы являются абсолютно разными, они могут производить одинаковый план производства. Каждому генотипу присваивается вес, так называемая функция памяти. Если вес/значение обоих генотипов одинаковый, то одно решение отклоняется. Таким образом исключается существование двух хромосом с одинаковыми фенотипами. Это способствует ускорению работы генетического алгоритма.

Популяция. При создании популяции учитываются четыре аспекта: величина, структура, схема замещения и начальная популяция. При выборе величины популяции существует проблема согласования между сходимостью при получении субоптимальных решений при небольших величинах и высокой вычислительной способностью при хороших результатах при больших популяциях. Эмпирические исследования показывают, что величина популяции должна находится в интервале от 20 до 200. Самой простой возможностью является разделение популяции на несколько подпопуляций, которые не допускают обмен их индивидов. При этой модели сужается поле решений. Если допускается переход индивидов к другим субпопуляциям, тогда речь идет о миграционной модели, что увеличивает сложность модели.

Селекция. Процесс селекции является первым оператором в эволюционном процессе. Он определяет, какие родители принимают участие в процессе рекомбинации наследственных клеток.

Генетические операторы. Все генетические операторы рассматривают процессы скрещивания и мутации. Скрещивание (часто также называется рекомбинация) означает способ, при котором наследственная единица двух родителей переносится к потомку. Процесс скрещивания представлен на рис. 18.24.

При декодировании генотипа происходит «чтение» хромосомы в соответствии с принципом кодирования. Работы переносится на диаграмму Ганта к наиболее раннему сроку. После того, как все работы перенесены на диаграмму Ганта, рассчитываются целевые критерии и фитнес-функция (рис. 18.25).

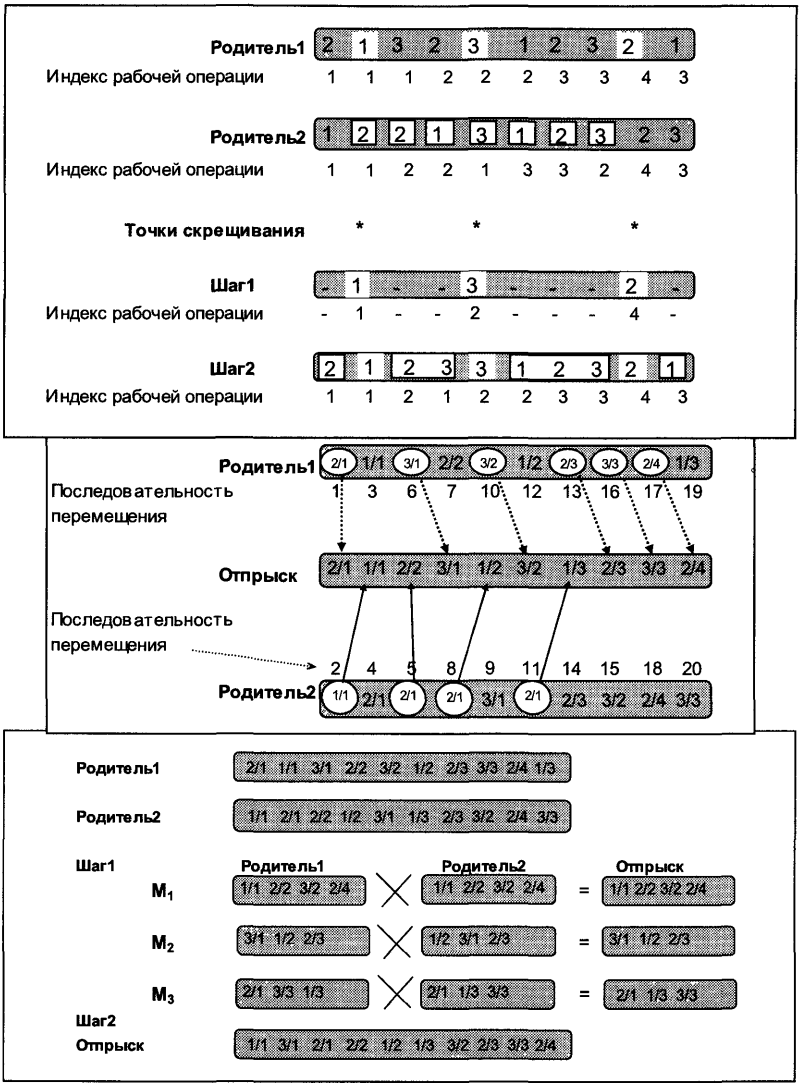


Рис. 18.24.Функционирование генетических операторов

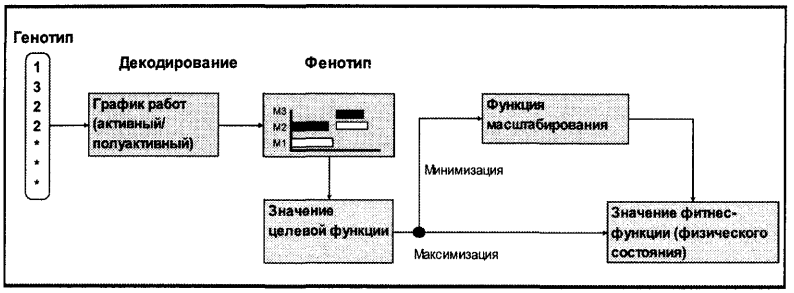


Рис. 18.25. Расчет фитнес-функции

18.6. Пример расчетов по анализу устойчивости цепей поставок[4]

Для экспериментальных расчетов на основе модели, представленной в параграфе 16.4, был разработан программный продукт на основе C++ и XML. Задача состоит в анализе устойчивости трех альтернативных планов цепей поставок относительно трех вариантов возмущающих воздействий: снижение доступности ресурса на 30%, снижение производительности ресурса на 5% и совокупное влияние этих двух возмущений. В таблице 18.18 и на рисунке 18.26 представлены результаты экспериментов. Соответствующие разным сценариям значения уровня сервиса цепи поставок (в денежном выражении) обозначены J_1, а прибыльности цепи поставок – J_2.

Данные результаты могут быть представлены графически, что наглядно показывает разницу в устойчивости трех анализируемых планов цепи поставок (см. рис. 18.29).

Индекс устойчивости определяется на основе площади пересечения двух областей достижимости (см. §16.2.4). Для случая *a* он равен 56, для случая *b* - 1456, а для случая *c* - 4. Это означает, что план цепи поставок №2 (случай *c*) является наиболее робастным, т.е. цепь поставок останется устойчивой даже в случае возникновения рассмотренных возмущений.

---

[4] Данный параграф написан совместно с проф., д.т.н. Б.В. Соколовым и к.т.н. С.А. Потрясаевым

Таблица 18.18.

Результаты анализа устойчивости планов цепи поставок

Возможные сценарии	J_1	J_2
Без возмущений:		
Цепь поставок 1	112	116
Цепь поставок 2	112	75
Цепь поставок 3	112	201
Снижение доступности ресурса на 30%		
Цепь поставок 1	99	110
Цепь поставок 2	99	71
Цепь поставок 3	99	187,75
Снижение производительности ресурса на 5%		
Цепь поставок 1	92	76
Цепь поставок 2	112	71
Цепь поставок 3	44	44
Снижение доступности ресурса на 30% и снижение производительности ресурса на 5%		
Цепь поставок 1	87	71
Цепь поставок 2	99	66
Цепь поставок 3	44	44

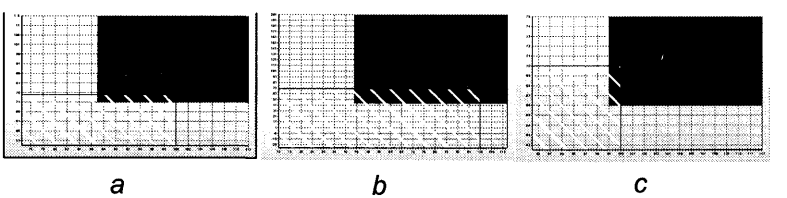


Рис. 18.26. Результаты анализа устойчивости планов цепи поставок

Проанализируем полученные результаты с точки зрения их достоверности. Как видно из таблицы, цепь поставок №2 изначально характеризовалось меньшим уровнем запланированной прибыли, т.к. была построена с наибольшей избыточностью и требованиями к безопасности и уровню сервиса. И по сравнению с планом №3, который характеризовался изначально почти втрое большим уровнем прибыли, план цепи

поставок №2 в случае негативного сценария (одновременное снижение доступности ресурса на 30% и снижение производительности ресурса на 5%) оказался даже более прибыльным по сравнению с планом 2, а по уровню сервиса и вовсе лучшим среди рассматриваемых планов.

Рассмотрим другой пример. Рассматривались три варианта структуры цепи поставок (рис. 18.30).

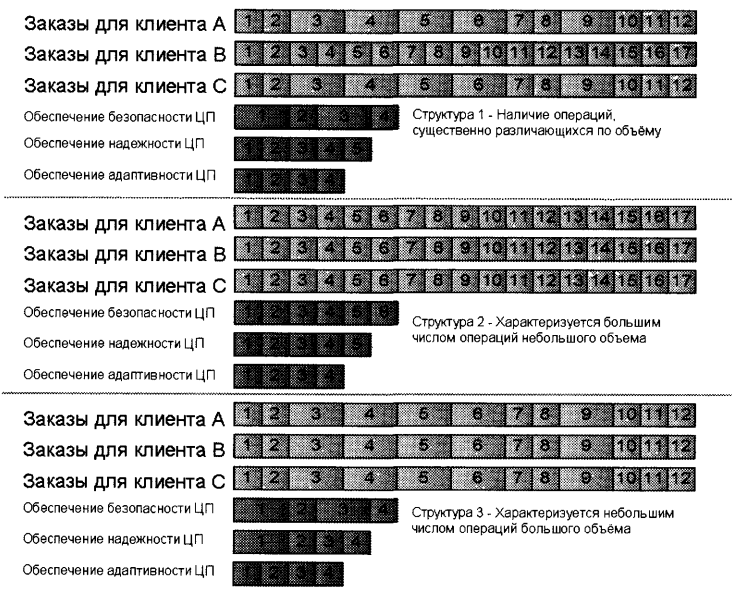


Рис. 18.30. Альтернативные структуры цепей поставок

Структура 1 характеризуется операциями, различными по объему, структура 2 – большим числом операций небольшого объема, а структура 3 – небольшим числом операций большого объема. В результате анализа устойчивости были получены следующие значения показателей экономической эффективности и устойчивости этих трех структур (см. табл. 18.19).

В заключение представим данные результаты в виде интерфейса разработанного программного обеспечения (см. рис. 18.28).

Таблица 18.19.

Результаты анализа устойчивости и экономической эффективности альтернативных структур цепей поставок

Наиболее устойчивая структура

		Структура 1			Структура 2			Структура 3		
		Уровень сервиса	Прибыль	Устойчивость	Уровень сервиса	Прибыль	Устойчивость	Уровень сервиса	Прибыль	Устойчивость
Идеальный план	**Без возмущений**	42	11	0	41	12	0	37	12	0
Сценарий 1	Слабые возмущения $\xi = 0,9$	40	10	0	38	12	0	35	9	0
Сценарий 2	Средние возмущения $\xi = 0,7$	38	7	0	35	6	0	29	7	1
Сценарий 3	Слабые возмущения $\xi = 0,5$	27	5	9	21	4	36	18	5	36

Худшие сценарии

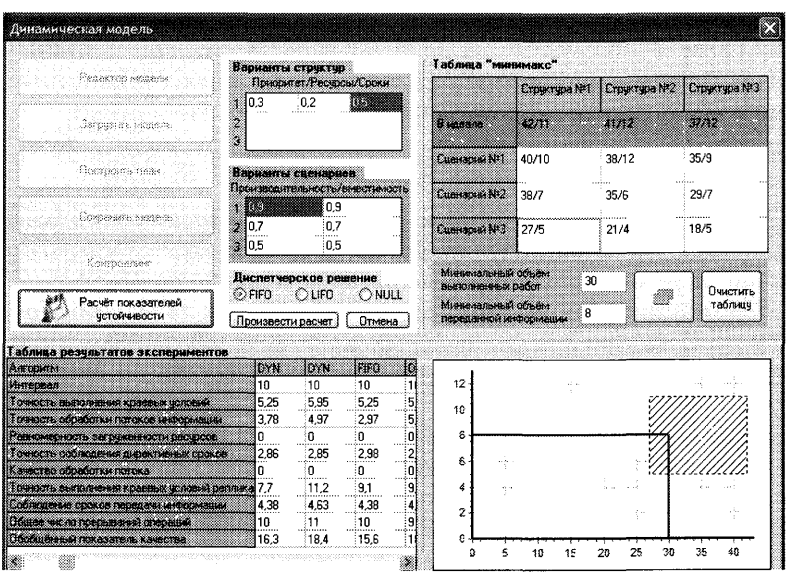


Рис. 18.31. Интерфейс анализа устойчивости цепей поставок

Данный интерфейс показывает анализ устойчивости цепи поставок на основе трех возможных сценариев возмущений. Модель позволяет быстро «проиграть» эти сценарии и рассчитать устойчивость планов цепи поставок для различных вариантов структур цепи поставок. Менеджеры могут варьировать интервалы допустимых значений показателей эффективности и изменять уровень возмущающих воздействий.

Очень важно, что результаты предоставляют возможность выбора из нескольких альтернативных решений с учетом индивидуальных предпочтений менеджера и восприятия им риска. Более того, во взаимосвязи с моделью планирования ЦП возможно проигрывание разных вариантов планов цепей поставок на основе изменения приоритетов целевых показателей и расчете соответствующих показателей устойчивости. Дополнительно можно просматривать динамику по каждому заказу, операции и предприятию, анализировать возникающие отклонения, «узкие» места и т.д. В таблице «минимакс» данного интерфейса представлены результаты вычислений для рассмотренных выше трех структур и трех вариантов сценариев динамики выполнения работ в ЦП. Наиболее устойчивой структурой может быть признана структура цепи поставок №1.

18.7. Динамическая модель планирования выполнения заказов в цепях поставок на основе мультиагентной системы

Разработанная динамическая модель управления процессами в цепях поставок DPM (Dynamic Process Model) состоит из координационного, коммуникационного модулей и модуля процессов (см. рис. 18.29).

Элементами МАС в коммуникационном модуле (КоМ) являются агенты управления событиями, которые призваны обрабатывать входящие события и передавать их характеристики в координационный модуль

Результатом работы координационного модуля (КМ) является образование альтернативных структур (цепей поставок, рабочих планов и т.д.), соответствующих параметрам, полученных из КоМ. Эту задачу перенимают агенты организации процессов, непосредственно взаимодействующие с информационными системами.

Данные альтернативы передаются далее в модуль процессов, где происходит их оценка и генерирование предложений для формирования цепочки создания стоимости. Это осуществляется с помощью исполнительных агентов, действующих как на основе оперативной информации из КМ, так и с использованием накопленной базы знаний о процессах. Соответствующие экономические характеристики передаются через КоМ объекту внешней среды.

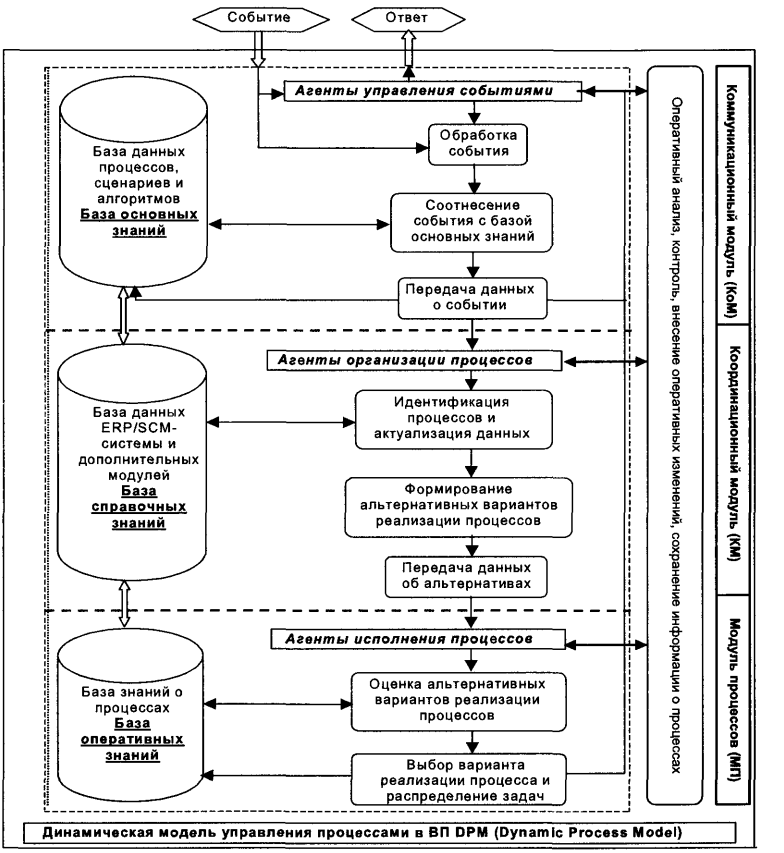


Рис. 18.29. Общая схема DPM-модели

Общая схема процесса имитационного моделирования цепи поставок на основе МАС представлена на рис. 18.30.

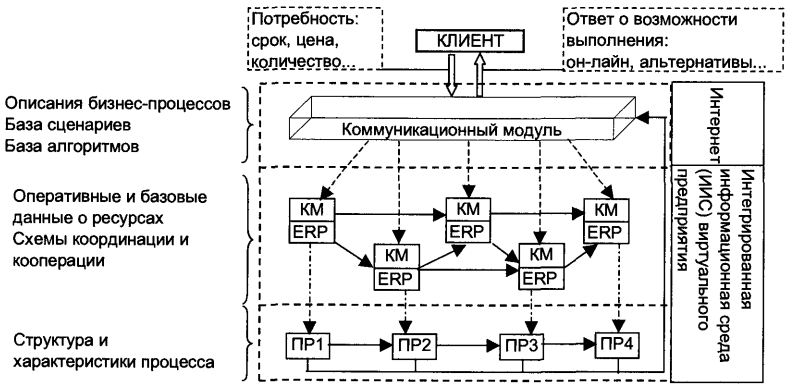


Рис. 18.30. Общая схема процесса имитационного моделирования цепи поставок на основе МАС

Рассмотрим пример решения задачи обработки заказов клиентов с использованием DPM-модели, построенной на принципах МАС. После проведения детализованного моделирования производственной сети мы получаем описание всех организационно-технических и информационных характеристик моделируемой системы. На этой основе можно начинать моделирование МАС. Каждый обьект организационной модели отображается как агент, обладающий определенными характеристиками интегрированной модели и являющийся носителем знаний о системе.

Далее происходит соотнесение полученных характеристик конкретным частям агента [230]. Следует особо подчеркнуть, что данная методика позволяет осуществить структурированное и максимально полное описание агента с учетом его роли в производственной сети и характера сети в целом.

Пример управления процессом «Обработка заказа клиента» с использованием МАС представлен в [229, 230].

В заключение рассмотрим общую схему управления заказами клиентов с помощью системы оперативного управления цепями поставок (см. рис. 18.31).

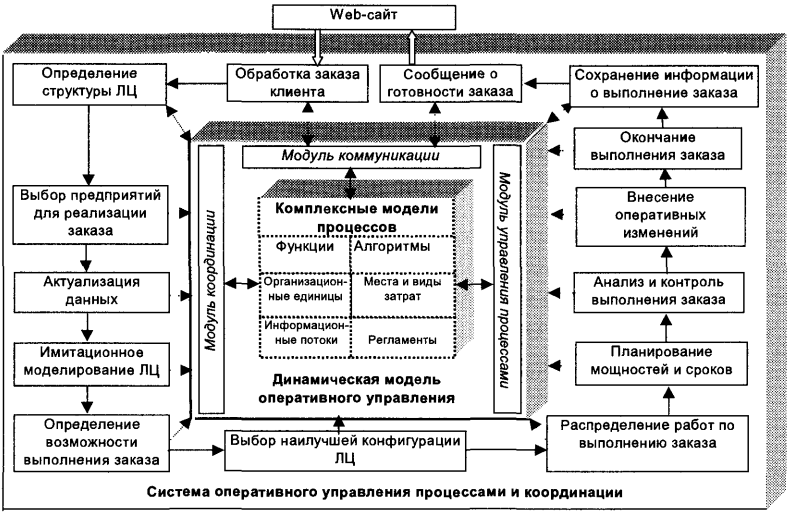


Рис. 18.31. Управление заказами клиентов с помощью системы оперативного управления

После размещения клиентом заказа на Web-сайте происходит обработка данного заказа в модуле координации DPM-модели (заказ принимает один из агентов управления заказами и идентифицирует его на основе сопоставления параметров заказа с одним из имеющихся в его базе знаний кодом заказа).

Далее на основе комплексных моделей процессов и систем интегрированного информационного пространства происходит определение структуры цепи поставок, выбор предприятий из базы данных для реализации заказа, актуализация данных из ERP/SCM/MES-систем. Полученные таким образом альтернативные варианты выполнения процессов оцениваются с помощью агентов координационного модуля DPM-модели и оптимизационных алгоритмов, после чего происходит определение возможности выполнения заказа и выбор структуры ЦП.

С помощью агентов управления процессами DPM-модели и формализованных описаний процессов осуществляется распределение работ по выполнению заказа согласно выбранной на стадии имитационного моделирования структуры цепи поставок, планирование мощностей и сроков (изготовления, поставки и т.д.). Реализация данной схемы с помощью МАС представлена в [229, 230].

Контрольные вопросы:

1. Модели управления адаптивными цепями поставок реализованы в:

   a) AnyLogic
   b) ARIS
   c) UML
   d) MRP

2. Точка проникновения заказа разделяет цепь поставок на следующие две части:

   a) Производство на склад и производство на заказ
   b) Эффективная и гибкая цепи поставок
   c) Внутренняя и внешняя цепи поставок
   d) Стабильная и адаптивная цепи поставок

3. К основным видам эволюционных алгоритмов относятся:

   a) Мультиагентные системы
   b) Генетические алгоритмы
   c) ACO-алгоритмы
   d) Нечеткая логика

4. Для решения задач об аутсорсинге важны следующие данные:

   a) Совокупная стоимость владения
   b) Надежность поставщиков
   c) Маркетинговая стратегия
   d) Данные о транспортировке

5. К алгоритмам решения задач управления цепями поставок относятся:

   a) Эвристические
   b) Оптимизационные
   c) SCOR
   d) Метод анализа иерархий

Если теория все объясняет – она никуда не годится.

Григорий Ландау

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство книг заканчиваются главой «Заключение», в которой, как правило, переписывается другими словами введение к книге. В этом нет ничего плохого или удивительного – ведь, как верно подмечено еще задолго до появления управления цепями поставок, «заключение начинается там, где автору надоело думать». Не пытаясь быть оригинальными, считаем целесообразным закончить эту книгу формулировкой основных тенденций и проблем в развитии управления цепями поставок, 12 наиболее важных вопросов и ответов об управлении цепями поставок и 10 наиболее распространенных заблуждений об управлении цепями поставок.

Тенденции и проблемы развития управления цепями поставок

Тенденции

1. Развитие гибких, адаптивных цепей поставок

Необходимость развития концепции управления адаптивными цепями поставок, ее важность и актуальность обусловлены современными рыночными тенденциями. *Основной целью* является повышение уровня сервиса за счет увеличения скорости реакции на заказы потребителей, гибкости относительно продуктовой программы, а также снижение затрат. Основными преимущества адаптивных цепей поставок по сравнению с концепциями традиционных цепей поставок и виртуальных предприятий являются:

- Гибкость, непрерывная адаптация к требованиям рынка,

- Создание интегрированного бизнес-процесса, объединяющего этапы отношений с клиентом, прогнозирования, планирования, пополнения запасов, дистрибуции и изготовления продукции,
- Непрерывный информационный обмен актуальными данными,
- Учет оперативных изменений и поддержка принятия решений в случае и отклонений нарушений в цепи поставок.

2. Переход от максимизации прибыли к обеспечению баланса между экономической эффективностью и устойчивостью цепей поставок

В настоящее время наблюдается перемещение акцента с максимизации прибыли цепей поставок как основной цели управления цепями поставок к обеспечению баланса между экономической эффективностью и устойчивости цепей поставок. Как показывает практика, наблюдается значительное снижение экономических эффектов управления цепями поставок вследствие повреждений грузов, коллапсов транспортных систем, нарушений в финансовых потоках, а также недостаточной координации в цепях поставок (колебания спроса, несоответствия объемов производства и закупок и т.д.). Современной тенденцией понимания эффективности цепей поставок является проектирование таких цепей поставок, которые бы характеризовались высоким уровнем экономической эффективности и необходимым уровнем устойчивости, надежности и безопасности.

3. Синхронизация рассмотрения цепей поставок и жизненного цикла изделий

За последние три-четыре года (2005-2008) четко обозначилось новое направление в развитие управления цепями поставок – Sustainable Supply Chain Management – управление долгосрочным развитием цепей поставок. Масштабы внедрения управления цепями поставок на практике заставляют задумываться уже не только об оптимизации самих цепей поставок, но и о их роли в экономике, экологии и общественной жизни. Управление долгосрочным развитием цепей поставок включает в себя три основные группы вопросов:

- цепи поставок и жизненный цикл изделий,
- цепи поставок и экология,
- цепи поставок и общество.

Проблематика совместного рассмотрения цепей поставок и жизненного цикла изделий также приобретает все большее значение. Целью

является рассмотрение полной цепи создания и использования продукции, включающей в себя стадии дизайна/проектирования, производства, потребления, сервиса и утилизации продукции. Более того, для многих продуктов, особенно в наукоемких отраслях, значение до- и после производственных стадий жизненного цикла изделий выше, нежели значение собственно самих цепей поставок.

4. Развитие междисциплинарных методологий моделирования цепей поставок

Проблемы управления цепями поставок являются изначально междисциплинарными. Решения на стратегическом уровне тесно связаны с решениями тактического уровня. Взаимосвязаны и решения тактического и оперативного уровней. Также и в рамках одного уровня принятия решений существует тесная взаимосвязь различных проблем. Взаимосвязаны решения в различных структурах цепей поставок. Как правило, реальные задачи управления цепями поставок требуют одновременного использования различных концепций и инструментов поддержки принятия решений при управлении цепями поставок. Перспективным является развитие междисциплинарных методологий моделирования цепей поставок.

5. Развитие информационных технологий

Информация играет ключевую роль в координации бизнес-процессов в цепях поставок. Информационные потоки связывают участников цепи поставок, различные функции и задачи управления цепями поставок, а также уровни принятия решений при управлении цепями поставок. Именно развитие информационных технологий позволяет реализовать идеи управления цепями поставок. Информационные технологии обеспечивают эффективное управление цепями поставок. Развитие информационных технологий для управления цепями поставок можно разделить на четыре группы:

- Информационные технологии для внутрифирменного планирования и оперативного управления (ERP, MES, WMS);
- Информационные технологии для планирования и оперативного управления на уровне цепи поставок (APS, SCEM, SCMo);
- Информационные технологии для технической инфраструктуры цепи поставок (RFID, T&T, ГИС):
- Информационные технологии для технической реализации координации в цепях поставок (EDI, XML);

- Информационные технологии для электронных платежей с использованием специальных сервисов безопасности (SSL, SET, PCI).

Основной тенденцией является развитие открытых сервисных архитектур с интегрированной работой различных информационных систем.

Проблемы

Организационные проблемы внутри предприятия

Управление цепями поставок предполагает синхронизацию не только отношений с поставщиками и клиентами, но и работы различных служб внутри предприятия. В результате внедрения управления цепями поставок неизбежно возникнут новые организационные схемы, которые приведут не только к положительным эффектам, но и к конфликтам между службами предприятия. Конфликты интересов маркетинга, дистрибуции, планирования, производства и закупок неизбежны. построение системы управления цепями поставок является серьезнейшей организационной задачей, которая, прежде всего, требует мужества внесения изменений в свой бизнес, наличия «гибких» менеджеров и исполнителей, а также неуклонной воли в реализации значительных изменений на предприятии. На сегодняшний день, большинство цепей поставок находятся на стадиях кооперации и интеграции, около 15-20% - на стадии координации, и лишь считанные единицы (лидеры мировой экономики) достигли уровня взаимодействия.

2. Уровень доверия между участниками цепи поставок

Ключевыми факторами успешного управления цепями поставок является *взаимное доверие и компетентность* участников цепи поставок. Основой эффективной координации цепей поставок является высокий уровень доверия между партнерами. в реальности даже в европейских цепях поставок уровень информационного обмена между предприятиями оставляет желать лучшего. Информационные технологии позволяют осуществлять практически любую координацию – но проблема, как правило, кроется в организационной плоскости.

3. Моделирование цепей поставок

Оптимальность и субоптимальность

Ученые и инженеры имеют дело с дискретными однозначно идентифицируемыми задачами, для которых известен желаемый набор выходных характеристик, четко определена область применения результатов решения задачи и могут быть описаны текущие и конечные состояния исследуемой системы. Это приводит к тому, что оптимальное решение, найденное на уровне управления процессами (или признанное на этом уровне оптимальным), может быть неоптимальным на уровне стратегического менеджемента, управления активами компании или уровне технологических инфраструктур цепей поставок. Так, например, оптимизация времени выполнения заказов на оперативном уровне может привести к нежелательно высоким затратам в цепи поставок и невыполнению тактического плана. Более того, оптимизация цепей поставок может приводить к негативным последствиям межкорпоративных отношений или просто губительным последствиям на макроуровне (например, воздействие все возрастающего объема перевозок на экологическую систему).

Междисциплинарность

Каждый из инструментов моделирования цепей поставок имеет свои преимущества и недостатки. Нельзя однозначно сказать, что той или иной инструмент моделирования лучше или хуже. Просто каждый из этих инструментов имеет определенные ограничения (в линейных моделях мы можем задавать только линейные зависимости, имитационное моделирование и эвристики не гарантирую оптимальности и т.д.), основан на определенной процедуре решения, определенном характере данных и т.д. Замыкаясь в рамках какой-то одной концепции или инструментария моделирования, лицо, принимающее решение (ЛПР) автоматически ограничивает себя относительно характера используемых данных, постановки целей (одно- или многокритериальность), скорости получения решения и его надежности. Решение задач управления цепями поставок с помощью какого-либо одного метода моделирования, как правило, ведет к несогласованным модельным фрагментам и далеким от реальности постановкам задач, не дающих никакой реальной поддержки для принятия решений при управлении цепями поставок. Перспективным является развитие междисциплинарных методологий моделирования цепей поставок.

Динамика, неопределенность и многоструктурность

Важной проблемой является тот факт, что большинство моделей направлены на получение единственно верного (оптимального) результата, который должен быть принят к исполнению. В такой постановке не учитывается динамика цепей поставок, неопределенность развития процессов, а также индивидуальные особенности восприятия риска ЛПР. К сожалению, в современных исследованиях по управлению цепями поставок преобладают подходы, направленные на искусственную локализацию проблемы (зачастую с целью применения какого-либо известного метода решения проблемы), что в итоге приводит к сужению задачи, нереалистичным целевым критериям, недопустимым предположениям и упрощениям. По сути, решаются инженерные задачи: известная структура модели, известная внешняя среда, известные целевые критерии. В реальности же проблемы не имеют ни четко определенных целевых критериев, ни универсального решения вследствие наличия в общественно-экономической среде различных интересов, многообразия восприятия ценностей и т.д. Научный уровень решения задач SCM должен базироваться на разработке общемодельных конструкций, которые уже в зависимости от специфики рассматриваемой цепи поставок могут быть локализованы с помощью определенных методических правил. Особенно задачи тактического и оперативного уровня управления цепями поставок связаны с множеством и неопределенностью значений параметров, многокритериальностью и динамикой процессов. Для их эффективного решения обязательно необходимо использование динамических оптимизационных моделей и адаптационных моделей изменения процессов и моделей цепей поставок с учетом актуально складывающейся обстановки и состояний цепи поставок, которые были неопределенными на этапе планирования. Кроме того, цепи поставок состоят из множества структур (организационная, функциональная, информационная, технологическая, финансовая), которые тесно взаимосвязаны и решения в которых подвержены взаимовлиянию.

4. Информационные технологии

Информационные технологии, с одной стороны, обеспечивают выполнение бизнес процессов как внутри предприятия (например, по концепции MRP-II), так и на уровне цепи поставок (например, концепции CPFR, ECR, JIT), а с другой – являются катализатором развития бизнес-концепций (технология определяет организацию). К сожалению, очень часто внедрение информационных технологий происходит

без предварительного анализа и реинжиниринга бизнес-процессов. Это приводит и к излишней дороговизне, и к излишней сложности, и к неэффективности применения ИТ. Часто консалтинговые фирмы предлагают излишне сложную и дорогую функциональность информационных систем, от которой реально будет использоваться 15-20%. Также необходимо обращать внимание на согласованность информационных систем между участниками цепей поставок (известны случаи, когда менеджер по закупкам вынужден работать одновременно в пяти различных информационных системах, т.к. поставщики имеют разные информационные системы). Очень важным является актуальность данных и оперативность их ввода и анализа. Информационные технологии должны помогать, а не мешать управлению цепями поставок, что вполне может произойти, если будет выстроена излишне сложная информационная инфраструктура, которая станет просто неуправляемой.

Ученый – этот не тот, кто дает правильные ответы,
а тот, кто ставит правильные вопросы.

Клод Леви-Стросс

12 вопросов и ответов об управлении цепями поставок

Вопрос 1. Что такое цепь поставок?

Ответ:

Цепь поставок (процессное понимание) – это совокупность потоков и соответствующих им кооперационных и координационных процессов между различными участниками цепи создания стоимости для удовлетворения требований потребителей в товарах и услугах.

Цепь поставок (объектное понимание) – это совокупность организаций (предприятий-изготовителей, складов, дистрибуторов, 3PL и 4PL провайдеров, экспедиторов, оптовой и розничной торговли), взаимодействующих в материальных, финансовых и информационных потоках, а также потоках услуг от источников исходного сырья до конечного потребителя.

Вопрос 2. Что такое управление цепями поставок?

Ответ:

Управление цепями поставок (Supply Chain Management) как научная дисциплина изучает ресурсы промышленных, логистических и торговых предприятий, а также принимаемые людьми решения в отношении процессов межорганизационного взаимодействия для преобразования, трансформации и использования этих ресурсов на всей протяженности цепи создания стоимости от источников исходного сырья до конечного потребителя.

Управление цепями поставок (Supply Chain Management) с практической точки зрения – это системный подход к интегрированному планированию и управлению всем потоком информации, материалов и услуг от конечного потребителя через предприятия и склады до поставщиков сырья. Управление цепями поставок является целостной

концепции ведения бизнеса, объединяющей в себе передовые организационные принципы и возможности современных информационных технологий.

Вопрос 3. Для чего необходимо управление цепями поставок?

Ответ:

Практика управления цепями поставок доказала эффективность построения и анализа бизнеса исходя из интегрированного рассмотрения всей цепи создания добавленной стоимости, всех ее внутрифирменных и межорганизационных участков и мест стыковки различных этапов цепи создания стоимости, а не оптимизации локальных функции управления собственного предприятия.

От управления цепями поставок, наряду с управлением финансами, зависит эффективность бизнеса промышленных, транспортных, логистических и торговых компаний. Значение цепи поставок как ключевого фактора повышения доходности и конкурентоспособности бизнеса непрерывно возрастает. Именно поэтому управление цепями поставок стремительно развивается, а инвестиции в цепи поставок будут увеличиваться и в будущем.

Вопрос 4. Кому необходимо управление цепями поставок?

Ответ:

Управление цепями поставок является концепцией управления бизнесом для следующих основных рыночных агентов:

- промышленных предприятий;
- транспортных предприятий;
- провайдеров логистических услуг;
- торговых сетей;
- управляющих компаний глобальными логистическими инфраструктурами.

Вопрос 5. В чем заключается эффективность управления цепями поставок?

Ответ:

Управление цепями поставок направлено на достижение двух основных эффектов:

- Увеличение дохода от продаж продукции за счет повышения уровня сервиса, точности поставок и прогнозирования спроса;
- Сокращение затрат за счет снижения уровня запасов, сокращения накладных и трансакционных издержек в закупках, складировании и сбыте, а также улучшения использования производственных и логистических мощностей.

Современной тенденцией понимания эффективности цепей поставок является проектирование таких цепей поставок, которые бы характеризовались высоким уровнем экономической эффективности и необходимым уровнем устойчивости.

Вопрос 6. За счет чего достигается эффективное управление цепями поставок?

Ответ:

- За счет эффективной координации взаимодействия предприятий для снижения неопределенности
- За счет эффективной кооперации между предприятиями для оптимизации цепи создания стоимости и повышения уровня доверия в цепи поставок
- За счет эффективных информационных технологий для реализации координации и кооперации предприятий
- За счет эффективного контроллинга взаимодействия предприятий
- За счет обеспечения устойчивости цепей поставок

Вопрос 7. Как построить эффективную систему управления цепями поставок?

Ответ:

Рекомендуется следующая последовательность шагов:

1. Описание, анализ и диагностика цепей поставок
2. Определение возможностей улучшения цепей поставок
3. Выбор технологий для улучшения цепей поставок
4. Реализация улучшения цепей поставок
5. Непрерывное совершенствование цепей поставок

Важно помнить - нет такой стратегии управления цепями поставок, которая всегда была бы правильной. Есть правильная стратегия управ-

ления цепями поставок для конкретной стратегии конкурентного поведения.

Вопрос 8. Каковы основные этапы построения системы управления цепями поставок на практике?

Ответ:

- Организационные изменения взаимодействия предприятий
- Оптимизация бизнес-процессов цепи поставок
- Создание системы интегрированного управления и координации цепи поставок
- Разработка информационного пространства управления цепью поставок

Важно помнить: основной задачей системы управления цепями поставок является снижение неопределенности. Можно снизить неопределенность за счет введения определенной избыточности структур цепи поставок, улучшения координации и информационного обмена участников цепи поставок, введения системы мониторинга и регулирования цепи в случае возникновения нарушений. Но избежать неопределенности невозможно.

Вопрос 9. Какова роль информационных технологий в управлении цепями поставок?

Ответ:

Информационные технологии, с одной стороны, обеспечивают выполнение бизнес процессов цепи поставок, а с другой стороны они являются катализатором развития бизнес-концепций управления цепями поставок (технология определяет организацию). Именно развитие информационных технологий позволяет реализовать идеи SCM.

Вопрос 10. Какие существуют основные уровни принятия решений при управлении цепями поставок?

Ответ:

Стратегические решения, тактические решения и оперативные решения. Решения внутри уровней и между уровнями взаимосвязаны друг с другом.

Вопрос 11. В чем залог эффективной поддержки принятия решений при моделировании цепей поставок?

Ответ:

Прежде всего, необходимо учитывать свойство активности элементов цепи поставок. Структурная и функциональная стадии синтеза цепи поставок, а также задачи планирования и оперативного управления цепями поставок должны рассматриваться в едином комплексе на основе методологически связанных друг с другом методов и моделей. Модели должны учитывать факторы неопределенности. Эффективен междисциплинарный подход к поддержке принятия решений при моделировании цепей поставок.

Вопрос 12. В чем заключаются тенденции развития управления цепями поставок?

Ответ:

- Развитие гибких и адаптивных цепей поставок
- Управление долгосрочным развитием цепей поставок
- Переход от максимизации прибыли к обеспечению баланса между экономической эффективностью и устойчивостью цепей поставок
- Развитие междисциплинарных методологий моделирования цепей поставок
- Развитие информационных технологий

Работайте, работайте – а понимание придет потом.

Жан Аламбер

10 основных заблуждений об управлении цепями поставок

Заблуждение 1. Цепь поставок нужно строить «с нуля»

Очень редко. Практически ни одна цепь поставок не строится «с нуля». Цепи поставок существуют у всех промышленных, транспортных, логистических и торговых компаний. Предприятия встают перед проблемой внедрения управления цепями поставок с уже имеющейся практикой отношений с клиентами, поставщиками, собственной структурой. И речь идет, в первую очередь, о выявлении, анализе, улучшении и непрерывном развитии уже имеющихся процессов с позиций управления цепями поставок.

Заблуждение 2. Управление цепями поставок – это модное явление, которое скоро исчезнет

Конечно, время покажет, но развитие управления цепями поставок имеет объективные основы и следует трем основным тенденциям современной экономики: превышение предложением спроса, глобализация рынков и информатизация общества. Эти тенденции вызвали изменения в стратегиях обеспечения конкурентоспособности и доходности бизнеса. В совокупности это привело к тому, что рассмотрение всей цепи создания добавленной стоимости, всех ее внутрифирменных и межорганизационных участков и мест стыковки различных этапов цепи создания стоимости, а не оптимизации локальных функции управления собственного предприятия стали решающими факторами обеспечения конкурентоспособности и доходности бизнеса. Это и определяет развитие управления цепями поставок.

Заблуждение 3. Управление цепями поставок заменяет логистику

Это также ложное представление. Логистика ориентирована, главным образом, на локальные функции реализации физического потока преобразования материалов, в то время как управление цепями поставок ориентировано на всю цепь создания добавленной стоимости и оптими-

зацию связей между этими локальными функциями как внутри предприятий, так и на межорганизационном уровне. Иными словами, логистика обеспечивает реализацию правила «7П» (Правильный товар, в Правильном месте, в Правильное время, в Правильном количестве, с Правильным качеством, в Правильной упаковке, с Правильными затратами) на локальных участках цепи создания стоимости, а управление цепями поставок балансирует поставки по всей протяженности цепи создания стоимости для полного удовлетворения потребностей клиентов.

Заблуждение 4. Достижение целей управления цепями поставок основано на максимизации прибыли

И да, и нет. Целью управления цепями поставок является максимизация общей стоимости, создаваемой цепью поставок. Данная стоимость определяется как разница между тем, что клиент готов заплатить за продукт и затратами, которые в совокупности возникают в цепи поставок. Для большинства цепей поставок этот показатель может быть назван «прибыльность цепи поставок». Говоря об эффективности цепей поставок, необходимо понимать, что цели, которые ставятся перед управлением цепями поставок (например, уровень сервиса или прибыль) являются так называемой *потенциальной эффективностью.* Реальная же эффективность реализуется через устойчивость цепей поставок. Поэтому, наряду с экономической эффективностью цепей поставок, большое значение для комплексной эффективности цепей поставок является обеспечение безопасности и устойчивости цепей поставок. Достижение эффективности цепей поставок реализуется через устойчивость.

Заблуждение 5. Цепь поставок – это линейная последовательность элементов цепи создания добавленной стоимости

Такое заблуждение возникает, прежде всего, из-за упрощенной формы представления цепи поставок во многих книгах в виде линейной структуры. Конечно же, реально цепи поставок – это сложная разветвленная сетевая структура с множеством последовательных и параллельных процессов и потоков.

Заблуждение 6. Управление цепями поставок – это исключительно оптимизация отношений с поставщиками и клиентами

То, что управление цепями поставок изначально предполагает рассмотрение межорганизационных бизнес-процессов, часто приводит к широко распространенному заблуждению о том, что внутри самого предприятия ничего менять не нужно. Это не так! Внедрение управления цепями поставок предполагает синхронизацию не только отношений с поставщиками и клиентами, но и работы различных служб внутри предприятия.

Заблуждение 7. Управление цепями поставок – это исключительно стратегические вопросы управления

Это также не правильно. Управление цепями поставок относится в равной мере к стратегическому, тактическому и оперативному уровню управления. А вот уровень собственно реализации физических процессов продвижения материальных потоков по цепи создания стоимости не является напрямую объектом управления цепями поставок и находится в компетенции логистики.

Заблуждение 8. Управление цепями поставок – это информационные технологии

Это заблуждение присутствует у людей, которые читают книги по управлению цепями поставок многолетней давности. В начале своего развития управление цепями поставок действительно рассматривалось, главным образом, с позиций построения систем информационной координации. Но очень скоро стало понятным, что без содержательного переосмысления бизнес-процессов автоматизация ничего хорошего не принесет. Информационные технологии являются обеспечивающей инфраструктурой управления цепями поставок.

Заблуждение 9. Цепь поставок – это набор функций в цепи поставок (закупки, производство, дистрибуция, продажи)

Все не так просто. Цепь поставок – это сложная система с множеством взаимосвязанных структур, которые характеризуются (i) совокупностью потоков и соответствующих им кооперационных и координационных процессов между различными участниками цепи создания стоимости, а также (ii) совокупностью организаций (предприятий-изготовителей, складов, дистрибуторов, 3PL и 4PL провайдеров, экспедиторов, оптовой и розничной торговли), взаимодействующих в материальных, финансовых и информационных потоках, а также потоках услуг от источников исходного сырья до конечного потребителя.

Заблуждение 10. Оптимизация цепи поставок – это оптимизация локальных функций в цепи создания стоимости

Это явное и очень опасное заблуждение. Оптимизация цепи поставок должна рассматриваться с позиций целостного анализа цепи создания стоимости и ключевых показателей эффективности (KPI), а не локальной оптимизации времени производственного цикла, уровня запасов, размера партий и т.д. На практике необходимо не наличие локальных оптимальных (практически нереализуемых) планов, но сбалансированных адаптивных и анализируемых планов по всей цепи создания стоимости, обеспечивающих достижение целевых значений многих показателей экономической эффективности с требуемой степенью устойчивости.

Глоссарий

Агент (в мультиагентных системах)

Физическая или виртуальная единица, которая может действовать в определенном пространстве, вступая в коммуникацию с другими агентами, обладающая ресурсами и способностями, на основании которых может выполнять различные задания. Поведение агента определяется его индивидуальными целями с учетом имеющихся ресурсов и зависит от восприятия им окружающей среды, ее представления и коммуникации с ней. Главными свойствами агента являются базовые знания, автономность, адаптивность и рациональность. В техническом аспекте агент – это программный модуль, способный выполнять определенные ему функции.

Адаптивная цепь поставок

Производственно-логистическая сеть, в которой множество предприятий (изготовителей, складов, дистрибуторов, 3PL и 4PL провайдеров, экспедиторов, оптовой и розничной торговли)

- взаимодействуют в области синхронизации материальных, финансовых и информационных потоков от источников исходного сырья до конечного потребителя вдоль всей цепи создания стоимости продукта и послепродажного обслуживания с целью своевременного обеспечения материалами, преобразования этих материалов в конечный продукт, продажи этого продукта, проектирования новых изделий и осуществления послепродажного обслуживания и утилизации продукции,
- используют все современные методы и технологии, чтобы сделать цепь поставок гибкой, быстро реагирующей на изменения рынка, устойчивой относительно влияния факторов неопределенности, эффективной и конкурентоспособной с целью повышения уровня сервиса, минимизации затрат и повышения прибыльности бизнеса.

Адаптивное планирование

Метод планирования, при котором план цепи поставок периодически модифицируется путем изменения параметров цепи поставок или характеристик управ-

ляющих воздействий на основе поступающей по системе обратной связи информации о текущем состоянии цепи поставок, прошлом и обновленных прогнозов будущего.

Адаптивное управление — Метод управления системой с меняющимися неизвестными характеристиками среды, при котором за конечное время достигаются определенные (удовлетворительные, желаемые или оптимальные) показатели качества управления путем изменения параметров системы или характеристик управляющих воздействий на основе поступающей по системе обратной связи информации.

Адаптивность — От лат. *adaptatio «прилаживание, приспособление».* Свойство системы изменять свое поведение с целью сохранения, улучшения или приобретения новых характеристик для достижения поставленных целей в условиях меняющейся во времени среды, априорная информация о которой является неполной.

Анализ — Деятельность, предпринимаемая для установления пригодности, адекватности, результативности объекта для достижения установленных целей.

Аутсорсинг — Передача части своих процессов или компетенций сторонней организации.

Безопасность — Сопротивление внешнему, несанкционированному действию (действиям), целенаправленно разработанным, чтобы нанести ущерб или повреждение или нарушить цепь поставок (в ред. ISO/PAS 28000-2006); Общесистемное свойство, характеризующее целенаправленное бесперебойное выполнение функций системы для достижения стоящих перед ней целей.

Взаимодействие — Совместное планирование бизнеса, технологическое сотрудничество, координация и интеграция процессов.

Виртуальное предприятие — Динамическая открытая бизнес-система, основанная на формировании юридически независимыми предприятиями единого информационного пространства с целью совместного использования своих технологи-

ческих ресурсов для реализации всех этапов работ по выполнению проекта (заказа клиента) от источников первичного сырья до сдачи продукции конечному потребителю.
Виртуальное предприятия основано на формирование *единой организационно-технологической и информационной среды* за счет временного объединения ресурсов различных предприятий.

Внешняя среда — Объекты, не принадлежащие рассматриваемой системе, но оказывающие на нее влияние.

Возмущающее воздействие (помеха) — Входное внешнее воздействие на объект управления, приводящее к изменению планового хода событий в функционировании системы и (или) угрозе невыполнения целевых критериев. Влияние возмущающих воздействий может приводить к *нарушениям* в цепи поставок, которые в свою очередь могут характеризоваться понятиями *отказ* и *сбой*. Различают *целенаправленные* и *нецеленаправленные* возмущающие воздействия.

Гибкость — Характеристика цепей поставок относительно их способности быстро изменять свой структурно-функциональный облик в зависимости от складывающейся обстановки, достигая поставленные цели путем изменения своих структур и поведения; обеспечивается созданием системы адаптации (задач/операций и ресурсов) для сохранения, улучшения или приобретения новых характеристик для достижения поставленных целей в условиях меняющейся во времени среды, а также ликвидации сбоев и отказов.

Динамика — Изменение и развитие системы в виде изменения состояний объектов и процессов в пространстве и времени под воздействием возмущающих факторов и управления в виде реализации плановых изменений состояний системы или адаптации системы (ее структур, процессов и операций) к непредвиденным изменениям условий внешней среды.

Живучесть — Свойство цепей поставок, заключающееся в ее способности сохранять штатный режим функционирования в прогнозируемых условиях целенаправленного

	воздействия дестабилизирующих факторов и исключать возможность перехода штатного режима в ситуацию срыва плана или катастрофу в непрогнозируемых условиях воздействия прогнозируемых дестабилизирующих и/или непрогнозируемых факторов риска.
Запасы	Вся совокупность имеющихся в системе резервов ресурсов, не участвующих в данный момент времени в реализации целеобеспечивающих процессов.
Избыточность	Дополнительные элементы, вводимые в цепь поставок для обеспечения ее устойчивости.
Имитационное моделирование	Имитация работы системы для выявления взаимосвязей между ее элементами (подсистемами).
Интеграция	Совокупность каналов и связей внутри предприятия и между партнерами в цепи поставок.
Исследование операций	англ. *Operations Research (OR)* — дисциплина, занимающаяся разработкой и применением количественных методов и моделей поддержки принятия решений в различных областях человеческой деятельности.
Катастрофа	Нештатный режим функционирования, в течение которого цепь поставок переходит из работоспособного в неработоспособное, катастрофическое состояние, при котором переход в работоспособное состояние принципиально исключается и/или экономически нецелесообразен. Ликвидация катастрофической ситуации осуществляется на основе изменения целей управления цепью поставок и финансовых планов, т.е. изменения стратегического плана. По сути, речь уже идет о формировании новых цепей поставок и системы управления ими.
Качество	Степень соответствия объекта или его отдельных характеристик своему назначению.
Компетенция	Способность выполнять определенный процесс.
Контроль	Процедура оценивания соответствия путем наблюде-

ния и суждений, сопровождаемых соответствующими измерениями и испытаниями.

Концептуальная модель — (англ. *conceptual model*); определённое множество понятий и связей между ними, являющихся смысловой структурой рассматриваемой предметной области.
Концептуальная модель — модель предметной области, состоящей из перечня взаимосвязанных понятий, используемых для описания этой области, вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий, по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней. (Толковый словарь по искусственному интеллекту).

Кооперация — Формирование договорных отношений с поставщиками и клиентами на основе долгострочных контрактов.

Координация — Создание системы информационного обмена между всеми участниками цепи создания стоимости для своевременного предоставления актуальной, достоверной, точной и полной информации о спросе и поставках с целью синхронизации использования ресурсов и принимаемых людьми решений в отношении процессов межорганизационного взаимодействия для преобразования, трансформации и использования этих ресурсов на всей протяженности цепи поставок от источников исходного сырья до конечного потребителя.

Корректирующее действие — Действие, предпринятое для устранения причины обнаруженного несоответствия.

Коррекция плана — Конечный результат опасной ситуации; изменения в оперативных планах (например, изменения сроков поставки продукции).

Коррекция процесса — Конечный результат критической ситуации; оперативные изменения в процессах с использованием резервов (например, страховых запасов).

Критическая ситуация — Нештатный режим функционирования, в котором показатели качества цепи поставок или показатели

	внешней среды находятся вне интервалов штатного режима в таких пределах, при которых появляется реальная угроза срыва плана или катастрофы.
Логистическая цепь	Согласно современной позиции западной науки – то же, что цепь поставок, но без рассмотрения финансовых потоков и не обязательным наличием фокусной компании. В российской практике под логистической цепью часто также понимают транспортно-терминальную инфраструктуру цепей поставок.
Логистический провайдер	Предприятие, предоставляющее услуги по перевозкам, хранению, комиссионированию и поставкам грузов потребителю.
Макросостояние цепи поставок	Обобщенное состояние цепи поставок, в котором могут одновременно находиться один либо несколько объектов цепи поставок.
Менеджмент безопасности	Систематические и скоординированные действия и методы, посредством которых организация управляет своими рисками, и связанными с этими рисками потенциальными угрозами и воздействиями извне (в ред. ISO/PAS 28000-2006).
Менеджмент риска	Скоординированные действия по руководству и управлению организацией в отношении риска. Менеджмент риска включает в себя оценку риска, обработку риска, принятие риска и коммуникацию риска.
Многоструктурное макросостояние цепи поставок	Макросостояние цепи поставок, характеризующее текущее состояние объектов и структур цепи поставок и отношений между ними.
Модель	Физическое, математическое или логическое описание системы, ее элементов или процессов. Модель – это упрощенный абстрактный взгляд на сложную реальность.
Мониторинг	Наблюдение, анализ и оповещение о фактическом выполнении процессов в системе
Надежность	Комплексная характеристика безотказности, долговечности, восстанавливаемости, сохраняемости эле-

	ментов цепи поставок и цепи поставок в целом; обеспечивается созданием системы резервирования (задач/операций и ресурсов) для предотвращения сбоев и отказов. Свойство объекта сохранять значения установленных параметров функционирования в определенных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, обслуживания, хранения и транспортирования.
Нарушение	Невозможность осуществления запланированного события в соответствии с планом.
Неопределенность	Свойство, характеризующее неполноту наших знаний о внешней среде системы и ее развитии.
Неработоспособное состояние системы	Состояние, при котором система не выполняет хотя бы одну из своих заданных функций (исходя из целей управления) и значения ее основных параметров выходят из требуемых пределов.
Нештатная ситуация	Режим функционирования, в котором отдельные показатели цепи поставок или показатели внешней среды находятся вне интервалов штатного режима в таких пределах, при которых не существует угроза аварии или катастрофы.
Нецеленаправленное возмущающее воздействие	Входное внешнее воздействие на цепь поставок случайной природы (например, колебания спроса, выход из строя ресурса).
Опасная ситуация	Нештатный режим функционирования, в котором показатели качества цепи поставок или показатели внешней среды находятся вне интервалов штатного режима в таких пределах, при которых почти неизбежен срыв плана или катастрофа. Ликвидация опасной ситуации осуществляется на основе *коррекции плана.*
Оптимальность	Достижение системой своих целей с минимальным потреблением ресурсов.
Оптимизация процессов	Нахождение их наилучшего состояния или совокупности состояний.
Организация	Группа работников и необходимы средств с распре-

	делением ответственности, полномочий и взаимоотношений.
Отказ	Переход цепи поставок из планового целеустремленного состояния в незапланированное состояние, в котором невозможно достижение целей управления цепью поставок без дополнительных управляющих воздействий.
Перепланирование	Конечный результат ситуации срыва плана; изменения в тактических планах (например, изменения объемов производства).
План цепи поставок	Совокупность целей и мер (операций) для их достижения.
Планирование цепи поставок (в широкой интерпретации)	Формирование системы управления и решение в ней управленческих задач.
Планирование цепи поставок (в узкой интерпретации)	Решение задач управления в фиксированной системе управления; частная функция управления цепью поставок; определение комплекса мер для достижения поставленных целей. Различают стратегическое планирование (финансовое планирование, конфигурирование цепи поставок), тактическое планирование (прогнозирование спроса, планирование производственной программы) и оперативное планирование (планирование конкретных планов-расписаний для реализации комплекса операций). Все три вида планирования тесно взаимосвязаны.
Повреждаемость цепей поставок	Сопротивляемость внешним возмущающим воздействиям (запланированным и незапланированным) случайного характера.
Показатель эффективности	Абсолютная или относительная величина, характеризующая количественно или качественно определенный аспект функционирования цепи поставок. Каждый показатель эффективности характеризуется определенными критериями (например, максимизация, минимизация, максимин, минимакс).
Поставка	Предоставление продукции потребителю

Поставщик	Организация или лицо, предоставляющее продукцию.
Постоянное улучшение	Деятельность по увеличению способности выполнить требования (стандарты).
Потребитель	Организация или лицо, получающее продукцию, или вход процесса.
Предупреждающее действие	Действие, предпринятое для устранения причины потенциального несоответствия или нежелательной ситуации.
Процедура	Установленный способ осуществления деятельности или процесса.
Процесс	*лат.: procedure* – двигаться вперед; ход событий, их течение и развитие. Процесс описывает содержательную и логическую последовательность функций, необходимых для создания (изготовления) объекта в определенном специфицированном состоянии. Процесс имеет входные и выходные параметры. Ни один из процессов не существует автономно, процессы взаимосвязаны с другими параллельными, последующими и предыдущими, подчиненными и вышестоящими процессами.
Работоспособное состояние системы	Состояние, при котором система способна выполнять заданные функции (исходя из целей управления), сохраняя значения своих основных параметров в требуемых пределах.
Результативность	Достижение системой своих целей; степень реализации запланированных действий и достижения запланированных результатов
Реинжиниринг процессов	Метод управления, направленный на приведение бизнес-процессов в соответствие с целями бизнеса и информационными технологиями
Риск	• вероятностная оценка негативного исхода события, приводящего к убыткам/потерям (технократический подход); • индивидуальная оценка человеком опасности не-

гативного исхода события, приводящего к убыткам/потерям (психологический подход);
- неотъемлемое свойство любого процесса или системы, управление которым является ключевым в обеспечении экономической эффективности и безопасности (организационный подход).

Робастность — Способность системы функционировать в условиях возмущающих воздействий; свойство цепи поставок, заключающееся в ее способности выдерживать определенный уровень возмущающих воздействий.

Сбой — Кратковременный переход цепи поставок из планового целеустремленного состояния в незапланированное состояние, не приводящее к потере управляемости. Сбой самоустраняется без внешних воздействий.

Система — От греч. σύστημα, «составленный» — целостное образование, отличающееся от внешней среды, подчиненное некоторой цели и обладающее свойствами, не сводящимися к свойствам входящих в это образование взаимосвязанных (взаимодействующих) элементов (компонентов, частей, объектов, подсистем).

Система управления — Система, состоящая из управляющей подсистемы и объекта управления.

Сложная система — Система, познание которой требует совместного привлечении разнотипных моделей, многих теорий, а, в некоторых случаях, многих научных дисциплин. Выделяют структурную сложность, сложность функционирования, сложность выбора поведения и сложность развития. В литературе принято различать большие (англ.: large-scale) системы, характеризующиеся большим числом элементов, и сложные (англ.: complex) системы, характеризующиеся не просто количеством, но и неоднородностью, многообразием элементов, а также неопределенностью связей элементов системы друг с другом и с внешней средой.

Событие — Совокупность выполненных процессов, приводящая к определенному результату; возникновение специфического набора обстоятельств, при которых происходит явление.

Состояние системы	Совокупность свойств, признаков (параметров) системы, которые отражают наиболее существенные стороны функционирования системы.
Структура системы	Характеристика устойчивых связей и способов взаимодействия элементов системы, определяющая ее целостность, строение, основы организации. Применительно к цепям поставок, различают следующие структуры: организационная, функциональная, информационная, финансовая, топологическая, технико-технологическая, продуктовая.
Структурная динамика цепи поставок	Процесс перехода структур(ы) цепи поставок из одного в другое заданное макросостояние под действием различного рода причин
Структурное состояние цепи поставок	Макросостояние цепи поставок, характеризующее текущее состояние объектов в заданной структуре цепи поставок и состояние взаимоотношений между ними.
Структурно-функциональный резерв	Пул альтернативных поставщиков для возможности оперативного маневра с целью учета колебаний спроса, заказов технологически новых продуктов, нарушений в процессе выполнения работ в цепи поставок.
Точка проникновения заказа	Основная идея точки проникновения заказа состоит в разделении цепи поставок на две части: производство на склад и индивидуализация продукта.
Удовлетворенность потребителя	Восприятие потребителем степени выполнения его требований.
Управление	Процесс формирования (выработки) и реализации управляющих воздействий. Содержит этапы целеполагания, планирования, анализа, контроля, учета, координации и регулирования.
Управление риском	Частная функция менеджемента риска; конкретные действия, осуществляемые для выполнения решений в рамках менеджмента риска».
Управление структурной динамикой це-	Процесс формирования (выработки) и реализации управляющих воздействий, обеспечивающих переход

пи поставок	цепи поставок из текущего в заданное многоструктурное макросостояние.
Управление цепями поставок (Supply Chain Management) *как научная дисциплина*	Изучает ресурсы промышленных, логистических и торговых предприятий, а также принимаемые людьми решения в отношении процессов межорганизационного взаимодействия для преобразования, трансформации и использования этих ресурсов на всей протяженности цепи создания стоимости от источников исходного сырья до конечного потребителя.
Управление цепями поставок (Supply Chain Management) *с практической точки зрения*	Системный подход к интегрированному планированию и управлению всем потоком информации, материалов и услуг от конечного потребителя через предприятия и склады до поставщиков сырья. Управление цепями поставок является целостной концепцией ведения бизнеса, объединяющей в себе передовые организационные принципы и возможности современных информационных технологий.
Управляющее воздействие	Входное воздействие на объект управления, предназначенное для достижения цели управления.
Управляемость (в широкой интерпретации)	Комплексное свойство цепи поставок, состоящее в принципиальной возможности принимать управленческие решения (воздействия) и реализуемости принимаемых решений.
Управляемость (в узкой интерпретации)	Принципиальная возможность перевода цепи поставок из текущего в требуемое состояние.
Уровень сервиса	Показатель, характеризующий долю выполненных в соответствии с планом поставок в общем объеме заказов.
Устойчивость цепи поставок (в широкой интерпретации)	Комплексное свойство цепи поставок, характеризующее способность цепи поставок сохранять, реализовывать и восстанавливать свойственные цепи поставок целевые возможности в условиях воздействия возмущающих факторов целенаправленного и нецеленаправленного характера.
Устойчивость цепи поставок (в узкой интерпретации)	Состояние цепи поставок, находящейся в плановом режиме функционирования устойчиво, если при фиксированном множестве допустимых управляющих

	воздействий ограниченные и относительно малые по величине возмущающие воздействия приводят к ограниченным и относительно малым изменениям выходных переменных.
Фокусная компания	Компания, производящая конечный продукт или услугу
Функционирование цепи поставок	Процесс реализации оперативных планов с целью обеспечения целевых показателей всех трех уровней планирования.
Функция системы	от лат. fuhctio, «исполнение, совершенствование» - характеризует проявление системой ее свойств в данной совокупности отношений и представляет собой способ действия системы при взаимодействии с внешней средой.
Целенаправленное возмущающее воздействие	Входное внешнее воздействие на цепь поставок с целью нанести вред или ущерб цепи поставок (например, хищения грузов, терроризм, пиратство).
Цепь поставок *(объектное понимание)*	Совокупность организаций (предприятий-изготовителей, складов, дистрибуторов, 3PL и 4PL провайдеров, экспедиторов, оптовой и розничной торговли), взаимодействующих в материальных, финансовых и информационных потоках, а также потоках услуг от источников исходного сырья до конечного потребителя.
Цепь поставок *(процессное понимание)*	Совокупность потоков и соответствующих им кооперационных и координационных процессов между различными участниками цепи создания стоимости для удовлетворения требований потребителей в товарах и услугах.
Цикл заказа	Интервал времени между временем размещения заказа и получением товаров.
Чувствительность	Восприимчивость системы к определенным классам возмущений или управляющих воздействий.
Экономическая эффективность цепи поставок	Комплексная характеристика потенциальных и реальных результатов работы системы с учетом соответствия этих результатов целям, стоящим перед сис-

темой. Связь между достигнутым результатом и использованными ресурсами. В западной литературе под эффективностью понимается выполнение процессов в системе с минимальным использованием ресурсов (см. также Оптимальность).

Эффективность цепи поставок Комплексная характеристика потенциальных и реальных результатов работы цепи поставок с учетом соответствия этих результатов целям, поставленных менеджментом. Эффективность определяется двумя компонентами:

- целевыми возможностями, характеризующими потенциальную способность цепи поставок достигать поставленных целей в конкретных условиях обстановки;
- устойчивостью функционирования цепи поставок, характеризующей способность цепи поставок сохранять, реализовывать и восстанавливать свойственные цепи поставок целевые возможности в условиях воздействия возмущающих факторов целенаправленного и нецеленаправленного характера

Список сокращений

A-SCM – Adaptive Supply Chain Management – управление адаптивными цепями поставок

ACO – Ant Colony Optimisation – оптимизация «колонии муравьев»

AHP – Analytical Hierarchy Process – метод анализа иерархий

ALARA – As Low As Reasonable Achievable – настолько низко, насколько целесообразно

APICS – The Association for Operations Management (первоначально *American Production and Inventory Control Society*)

APS – Advanced Planning and Scheduling – расширенное планирование и диспетчеризация

ARIS – Architecture Information Systems – архитектура информационных систем

ASP – Application Service Providing – провайдинг информационных систем

ATP – Available-to-promise – имеется в наличии

B2B – бизнес платформа Business-to-business

BMW – Bayerische Motorenwerke – Баварские заводы моторов

BCP – Business Continuity Plan – планирование непрерывности бизнес-процессов

BOA – Bedarfsorientierte Auftragsfreigabe – ориентированный на потребность запуск заказов

BPR – Business Process Reengineering – реинжиниринг бизнес-процессов

BSC – Balanced Score Card – система сбалансированных показателей

CAD – Computer Aided Design - автоматизированная система конструирования

CALS – Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная поддержка закупок и жизненного цикла изделий

CAM – Computer Aided Manufacturing – автоматизированная система управления производством

CAQ – Computer Aided Quality – автоматизированная система контроля качества

C-Commerce – Collaborative Commerce – коммерческое взаимодействие

CIM – Computer Integrated Manufacturing – компьютерно-интегрированное производство

CORBA – Common Object Request Broker Architecture – Общая объектная архитектура запросов брокеров

COSO – Committee of Sponsoring Organizations – Комитет спонсорских организаций

CPA – Statistical Classification of Products by Activity in the EEC – статистическая классификация продукции по видам деятельности в ЕС

C-TPAT – Customs-Trade Partnership Against Terrorism – Клиентско-торговое партнерство против терроризма

CPFR – Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment – совместное планирование, прогнозирование и приобретение

CPR – Color Petri Nets – «раскрашенные» сети Петри

CRM – Customer Relationship Management – управление взаимоотношениями с клиентами

CSRP – Customer Synchronized Resource Planning – синхронизированное с покупателем планирование ресурсов

CTP – Capable-to-promise – возможность наличия

DIMA – Decentralized Integrated Modeling Approach – методология децентрализованного интегрированного моделирования

DPM – Dynamic Process Model – динамическая модель планирования

PDRP – Distribution Resource Planning – планирование ресурсов дистрибуции

ECR – Efficient Consumer Response – эффективные взаимоотношения с клиентами

EBQ – Economic Batch Quantity – экономичный размер партии

EDI – Electronic Data Interchange – электронный обмен данными.

EEC – European Economic Community – Европейский Союз

EMP – Event Management Plan – план управления событием

EOQ – Economic Order Quantity – экономичный размер заказа закупки

EPI – Event Probability Index – индекс вероятности события

EPQ – Economic Production Quantity – экономичный размер производственного заказа

ERP – Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия

E-SCM – Electronic Supply Chain Management – электронное управление цепями поставок

EVCM – Extended Value Chain Management – расширенное управление цепью стоимости

FIFO – First-in-first-out

FRP – Finite Resource Planning – окончательное (детализированное) планирование ресурсов

FTP – File Transfer Protocol – протокол передачи данных

GPS – Global Positioning System – глобальная навигационная система

IDEF – Integration Definition for Function Modeling – интегрированное функциональное моделирование

ISIC – International Standard Industrial Classification of all Economic Activities – международный стандарт промышленной классификации по видам экономической деятельности

ISO – International Organisation for Standardization – международная организация по стандартизации

J2EE – Java 2 Enterprise Edition

JIT – Just-In-Time – точно вовремя,

JIS – Just-In-Sequence – точно в последовательности,

KPI – Key Performance Indikators – ключевые показатели эффективности

MARINA – Methodology of Analysis, Reconfiguration, and Integrated Network Adjustment – методология анализа, реконфигурирования и интегрированного улучшения сетей

MES – Manufacturing Execution Systems – системы оперативного управления производством

MESA – Manufacturing Execution Systems Association – Международная ассоциация производителей систем управления производством

MPS – Master Production Scheduling – планирование производственных расписаний

MRP – Material Requirements Planning – планирование потребности в материалах

MRP-II – Manufacturing Resource Planning - планирование производственных ресурсов

ODBC – Open Database Connectivity – открытая связь баз данных

OEM – Original Equipment Manufacturer – производитель конечной продукции

OLAP – Online Analytical Processing – он-лайновая аналитическая обработка

OTD – Order-To-Delivery – поставки на заказ

OMT – Object Modeling Technique – методика объектного моделирования

NACE – Statistical classification of economic activities in the European Community – статистическая классификация видов экономической деятельности в ЕС

QR - Quick Response – быстрое реагирование

PDA – Personal Digital Assistant – персональный цифровой ассистент

PDM – Product Data Management – управление данными изделий

R/3 – Real-time system Version 3

RFID – Radio Frequency Identification – Радиочастотная идентификация данных

ROI – Return-on-investment – возврат инвестиций

SADT – Structured Analysis and Design Techniques – Методика структурного анализа и проектирования

SAP – Systeme, Anwendungen und Produkte – системы, приложения и продукты

SCEM – Supply Chain Event Management – управление событиями в цепях поставок

SCM – Supply Chain Management – управление цепями поставок

SCMo – Supply Chain Monitoring – мониторинг цепей поставок

SCC – Supply Chain Council – совет по цепям поставок

SCOR – Supply Chain Operations Reference – референтные (эталонные) операции цепей поставок

SET – Secure Electronic Transaction – безопасные электронные трансакции

SKU – Stock Keeping Unit – единица хранимого на складе материала

SNDC – Supply Network Dynamics Control – управление динамикой цепей поставок

SPEC – Standard Performance Evaluation Corporation – корпорация оценки выполнения стандартов

SQL – Structured Query Language – структурированный язык запросов

SRM – Supplier Relationship Management – управление отношениями с поставщиками

STREAM – Stability-based Realization of Efficiency and Management – реализация эффективности и управления на основе устойчивости

T&T – Trace&Tracking – системы отслеживания маршрутов

TAPA – Transported Asset Protection Association – Ассоциация защиты транспортных активов

TCO – Total Costs of Ownership – совокупные затраты на владение
TQM – Total Quality Management – всеобщее управление качеством
UML – Unified Modeling Language – унифицированный язык моделирования
VMI – Vendor Managed Inventory – запасы, управляемые клиентом
VRP – Vehicle Routing Problems – маршрутизация транспортных средств
WMS – Warehouse Management Systems – системы управления складом
XML – Extensible Markup Language – язык согласования форматов данных АРМ – автоматизированное рабочее место
АСУП – автоматизированная система управления предприятием
АСУТП – Автоматизированные системы управления технологическими процессами
БД – база данных
БМ – базовая модель
БП – бизнес-процесс
ВП – виртуальное предприятие
ГА – генетический алгоритм
ГИС – геоинформационные системы
ГОСТ – государственный комитет по стандартизации
ДАМГ – динамический альтернативный мультиграф
ЕИП – единое информационное пространство
ЖЦИ – жизненный цикл изделия
ИД – исходные данные
ИПИ – информационная поддержка изделий
ИСС – информационная система субконтрактинга
ИСУП - интегрированная система управления предприятием
ИТ – информационные технологии
КБ – конструкторское бюро
КОМПАС – комплексное моделирование производственных систем
КТО – классификатор технологических операций
ЛПР – лицо, принимающее решение
ЛЦ – логистическая цепь
МАС – мультиагентная система
МСБ – малый и средний бизнес
НИИ – научно-исследовательский институт
НРПС – неиерархические региональные производственные сети

ОКВЭД – Общероссийский классификатор видов экономической деятельности

ПИМ – программный продукт для имитационного моделирования

ПЛС – производственно-логистическая сеть

ПО – программное обеспечение

СОУ – система оперативного управления

СПИИ РАН – Санкт-Петербургский Институт Информатики и Автоматизации РАН

СФР – структурно-функциональный резерв

ТДС – теория динамических систем

ТПП – торгово-промышленная палата

ЦП – цепь поставок

ФПП – Фонд поддержки промышленности при Администрации Санкт-Петербурга

ЭБДМ – электронная база данных мониторинга

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ЭИСС – Электронная Информационная Система Субконтрактинга

Библиографический список

1. *Ahn, H. J., Lee, H., Park, S.J.* A flexible agent system for change adaptation in supply chains. Expert Systems with Applications 2003, Vol. 25, pp. 603-618.

2. *Alderson, W.* Marketing efficiency and the principle of postponement, Cost and Profit Outlook 1950, Vol. 3.

3. *Alicke, K.* Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken – Unternehmensuebergreifendes Supply Chain Management. Berlin: Springer, 2003.

4. APICS. APICS membership internet survey, August 2003.

5. *Axelrod, R.* The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration. New Jersey: Princeton University Press, 1999.

6. *Bacquet, J., Fatelnig, P., Villasante, J., Zwegers, A.* An outlook of future research needs on networked organizations. In: Virtual Enterprises and Collaborative Networks, ed. by L.Camarihna-Matos, Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 17-24.

7. *Baldwin, C., Clark, K.* Managing in the age of modularity. Harward Business Review, September-Oktober 1997, pp. 84-93.

8. *Banks, J.* Getting Started with AutoMod. Second Edition, Brooks Automation, 2004, pp. 602 (http://www.automod.com).

9. *Barbasi, A.L.* Network theory - the emergence of the creative enterprise. Science 2005, Vol. 308, pp. 639-641.

10. *Becker, T.* Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren. Berlin: Springer, 2008.

11. *Beamon, B.M.* Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. International Journal of Production Economics 1998, Vol.55, No.3, pp. 281-294.

12. *Bellmann, R.* Adaptive Control Processes: A Guided Tour. New Jersey: Princeton University Press, 1972.

13. *Bertalanfy von, L.* General System Theory - A Critical Review. General System, Vol. VII, 1962, pp. 1-20.

14. *Blecker, T., Kersten, W.* Complexity Management in Supply Chains. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2006.

15. *Bolstorff, P., Rosenbaum, R., Poluha, R.* Spitzenleistungen im Supply Chain Management. Berlin: Springer, 2007.

16. *Bolstorff, P., Rosenbaum, R.* Supply Chain Excellence – A Handbook for Dramatic Improvment Using the SCOR Model, AMACON, 2003.

17. *Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G.* From Natural to Artificial Swarm Intelligence. New York: Oxford University Press, 1995.

18. *Booch, G., Jacobson, I., Rumbaugh, J.* The Unified Modeling Language. Boston: Addison Wesley Publishing Company, 1998.

19. *Bowersox, D., Closs, D., Cooper, M.* Supply Chain Logistics Management. New York: McGraw-Hill Irwin, 2002.

20. *Bowersox, D.J.* Emerging patterns of physical distribution organization. In: Readings in Physical Distribution Management, ed. by D.J. Bowersox, B.J. LaLonde, E.W. Smykay, London: Collier Macmillan, 1969, pp.275-281.

21. *Brewer, P.C., Speh, T.W.* Using the Balanced Scorecard to Measure Supply Chains Perfomance. Journal of Business Logistics 2000, Vol. 21, No. 1, pp. 75-93.

22. *Buklin, L.P.* Postponement, speculation, and the structure of distribution channels. Journal of Marketing Research 1965, Vol. 2, pp. 26-31.

23. *Burbridge, J.L.* Period Batch Control. Oxford: Oxforf University Press, 1996.

24. *Busch, A., Dangelmaier, W.* Integriertes Supply Chain Management - ein koordinationsorientierter Überblick, 2. Auflage, Wiesbaden: Gabler Verlag, 2004.

25. *Cachon, G. P., Fisher, M.* Supply chain inventory management and the value of shared information. Management Science 2000, Vol. 46, pp. 1032-1048.

26. *Camarinha-Matos, L.M., Afsarmanesh, H.* The emerging discipline of collaborative networks, In: Virtual Enterprises and Collaborative Networks, ed. by L.Camarihna-Matos, Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 3-16.

27. *Camarinha-Matos, L.M., Afsarmanesh, H.* A comprehensive modeling framework for collaborative networked organizations. Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 18, No. 5, pp. 527-615.

28. *Casti, J.L.* Connectivity, Complexity and Catastrophe in Large-Scale Systems. New York an London: Wiley-Interscience, 1979.

29. *Chandra, C., Grabis, J.* Supply chain configuration. New York: Springer, 2007.

30. *Chapman, C., Ward, S.* Project Risk Management. Chichester: Wiley, 1997.

31. *Chatfield, D.C., Harrison, T.P., Hayya, J.C.* SCML: An information framework to support supply chain modeling. European Journal of Operation Research 2009, Vol. 196, No. 2, pp. 651-660.

32. *Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J.K. and Simchi-Levi, D.* Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times, and information. Management Science 2000, Vol.46, No. 3, pp. 436-443.

33. *Chopra, S. and P. Meindl.* Supply Chain Management. Strategy, Planning, and Operations. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2007.

34. *Christopher, M.* Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service (2nd Edition). London: Pitman Publishing, 1999.

35. *Christopher, M.* Logistics and supply chain management (1st ed.). New Jersey: Pearson Education, 1992.

36. *Christopher, M., Towill, D.R.* Supply chain migration from lean and functional to agile and customized. Supply Chain Management: International Journal 2000, Vol. 5, No. 4, pp. 206-13.

37. *Christopher, M., Towill, D.R.* An integrated model for the design of agile supply chains. International Journal of Physical Distribution and Operations Management 2001, Vol. 31, pp. 235-244.

38. *Closs, D., Speier, C., Whipple, J., Voss, M.D.* Supply chain security: a framework for protecting your supply chain. Logistics Management 2008, Vol. 47, No. 9, pp. 45-48.

39. *Cobb, J.D.* Controllability, observability and duality in singular systems. IEEE Transaction on Automatic Control 1984, Vol. 29, pp. 1076-1082.

40. *Cohen, M. A., Lee, H. L.* Strategic analysis of integrated production-distribution systems: Models and methods. Operations Research 1998, Vol. 36, pp. 216-228.

41. *Collin, J. and Lorenzin, D.* Plan for supply chain agility at Nokia. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 2006, Vol. 36, No. 6, pp. 418-430.

42. *Conway, R.W., Maxwell, W.L., and Miller, L.W.* Theory of Scheduling. Reading, Massachussets: Addison Wesley, 1967.

43. *Corne, D., Dorigo, M., Glover, F.* New Ideas in Optimization. New York: Mc Graw Hill, 1999.

44. *Croson, R., Donohue, H., Katok, E., Sterman, J.* Order Stability in Supply Chains: Coordination Risk and the Role of Coordination Stock. Cambridge: MIT Press, 2005.

45. *Ivanov, D., Zschorn, L., Kaeschel, J., Sokolov, B., Archipov, A.* Dynamical Synthesis and Reconfiguration of Competence-Cell -Based Production Networks. In: Information Control Problems in Manufacturing, ed. by A. Dolgui et al., pp. 629-634, 2007.

46. *Daganzo, C.F.* On the stability of supply chains. Operations Research 2004, Vol. 52, No. 6, pp. 909-921.

47. *Das, T.K., Teng, B.S.* Managing risks in strategic alliances. Academy of Management Executive 1999, Vol. 13, pp. 50-62.

48. *Davidow, W., Malone, M.* The Virtual Corporation: Structuring and Revitalizing The Corporation for the 21st Century. New York: Harper Collins, 1992.

49. *Disney, S.M., Towill, D.R., Warburton, R.D.H.* On the equivalence of control theoretic, differential, and difference equation approaches to modeling supply chains. International Journal of Production Economics 2006, Vol. 101, pp. 194-208.

50. *Disney, S.M., Towill, D.R.* A discrete linear control theory model to determine the dynamic stability of Vendor Managed Inventory supply chains. International Journal of Production Research 2002, Vol. 40, No. 1, pp. 179-204.

51. *Ernst, R. and Kamrad, B.* Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. European Journal of Operational Research 2000, Vol. 124, pp. 495-510.

52. *Ferber, J.* Multi-Agent Systems: An Introduction to Distributed Artificial Intelligence. Harlow: Addison Wesley, 1999.

53. *Fischer, M.L.* What is the right supply chain for your product? Harvard Business Review March-April 1997, pp. 83-93.

54. *Forrester, J.W.* Industrial Dynamics. Cambridge: MIT Press, 1961.

55. *Fox, M.S., Barbuceanu, M., and Teigen, R.* Agent-Oriented Supply Chain Management System. International Journal of Flexible Manufacturing Systems 2000, No. 12, pp. 165-188.

56. *Gaitanides, M.* Prozessmamagement: Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen der Reengeneering. Muenchen, Wien: Hanser, 1994.

57. *Gell-Mann, M.* Complex Adaptive Systems. In: The Mind, The Brain, and Complex Adaptive Systems, ed. by H. Morovitz, J.L. Singer, Reading: Westview Press, 1995, pp. 11-23.

58. *Geoffrion, A., Graves, G.* Multicommodity Distribution System Design by Benders Decomposition. Management Science 1974, Vol. 29, No. 5, pp. 822-844.

59. *Goranson, H.T.* The Agile Virtual Enterprise: Cases, Metrics, Tools. London: Quorum Books, 1999.

60. *Götze, U., Bloech, J.* Investitionsrechnung, Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, 3. Auflage, Berlin u.a., 2002.

61. *Guide, V.D.R., Wassenhove, L.N.V.* The evolution of closed-loop supply chain research. Operation Research 2009, Vol. 57, No. 1, pp. 10-18.

62. *Gunasekaran, A., Ngai, N.W.T.* Build-to-order supply chain management: literature review and framework for development. Journal of Operations Management 2005, Vol. 23, No. 5, pp. 423-451.

63. *Gunasekaran, A., Lai, K.-H. and T.C.E. Cheng.* Responsive supply chain: a competitive strategy in a networked economy. Omega 2008, Vol. 36, pp. 549-564.

64. *Hallikas, J., Karvonen, I., Pulkkinen, U., Virolainen,V.-M., and Tuominen, M.* Risk management processes in supplier networks. International Journal of Production Economics 2004, Vol. 90, No. 1, pp. 47-58.

65. *Hammer, M., Champy, G.* Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York: Harper Collins, 1993.

66. *Handy, C.* Trust and virtual organazitaion. Harward Business Review 1995, Vol. 73, pp. 40-50.

67. *Harrison, T.P.* Principles for the strategic design of supply chains. In: The Practice of Supply Chain Management, ed. by T.P. Harrison, H.L. Lee, J.J. Neale, New York: Springer, 2005, pp. 3-12.

68. *Hoegl, M., Wagner, S.M.* Buyer-Supplier Collaboration in Product Development Projects. Journal of Management 2005, Vol. 31, pp. 530-548.

69. *Ijioui, R., Emmerich, H., Ceyp, M.* Supply Chain Event Management Konzepte, Prozesse, Erfolgsfaktoren und Praxisbeispiele. Berlin: Springer, 2007.

70. *Ivanov, D.* A Framework of Adaptive Control for Production and Logistics Networks. In: Dynamics in Logistics, ed. by H.D. Haasis, H.J. Kreowski, B. Scholz-Reiter, Springer, 2008, pp. 151-159.

71. *Ivanov, D.* DIMA – A Research Methodology for Comprehensive Multi-Disciplinary Modelling of Production and Logistics Networks. International Journal of Production Research 2009, Vol. 47, No.5, pp. 1153-1173.

72. *Ivanov, D.* DIMA- Decentralized Integrated Modeling Approach – Ein Interdisziplinaerer Ansatz zur Modellierung von Produktions- und Logistiknetzwerken, Chemnitz: GUC-Verlag, 2006.

73. *Ivanov, D.* MARINA: Method of analysis, reconfiguration, and integrated network adjustment. In: Proceedings of the 4. IFAC International Conference on Management and Control in Production and Logistics (MCPL2007), pp. 408-414.

74. *Ivanov, D., Arkhipov, A., Sokolov, B.* Intelligent Supply Chain Planning in Virtual Enterprises. In: Virtual Enterprises and Collaborative Networks, ed. by L. Camarihna-Matos, Kluwer Academic Publishers, pp. 215-223.

75. *Ivanov, D., Kaeschel, J., Sokolov, B.* Combined algorithms of competence-cell-based production network adaptation, in: Proceedings of the 4. IFAC International Conference on Management and Control in Production and Logistics (MCPL2007).

76. *Ivanov, D., Kaeschel, J.* DIMA – Entscheidungsunterstützung bei der Planung und Steuerung von Produktions- und Logistiknetzwerken auf einer interdisziplinären methodologischen Basis. In: Spektrum des Produktions- und Innovationsmanagement. Komplexität und Dynamik im Kontext von Interdependenz und Kooperation, ed. by F. Himpel et al., 2008, Gabler Edition Wissenschaft, pp. 289-298.

77. *Ivanov, D.* Adaptive Supply Chain Management: A Collaborative Competitive Strategy. In: Logistics and Supply Chain Management: Trends in Germany and Russia, ed. by. D. Ivanov et al., Saint Petersburg, SPbGPU, 2008, pp. 43-57.

78. *Ivanov, D.* Determination of Order Penetration Points in Supply Chains on the Basis of a Combined Analytical-Simulation Approach. In: Logistics and Supply Chain Management: Trends in Germany and Russia, ed. by. D. Ivanov et al., Saint Petersburg, SPbGPU, 2008, pp. 206-218.

79. *Ivanov, D., Sokolov, B., Kaeschel, J.* Structure dynamics control-based framework for adaptive reconfiguration of collaborative enterprise networks. International Journal of Manufacturing Technology and Management 2009, Vol. 17 (1/2), 23-41.

80. *Ivanov, D., Käschel, J., Arkhipov, A., Sokolov, B., Zschorn, L.* Quantitative Models of Collaborative Networks. In: Collaborative Networks and Their Breeding Environments, ed. by L. Camarihna-Matos, H. Afsarmanesh, A. Ortiz, Springer, 2005, pp. 387-394.

81. *Ivanov, D., Tolkacheva, V., Arkhipov, A.* Assessment of Structural Stability of Collaborative Networks, in: Establishing the Foundation of Collaborative Networks, edited by L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, P. Novais, C. Analide, Springer, 2007, pp. 75-82.

82. *Ivanov, D., Verzilin, D., Sokolov, B.* Structural and parametrical analysis of enterprise networks stability. In: Proceedings of the 21th European Conference on Modeling and Simulation ESMS 2007, June 4-6, 2007, Prag, pp. 418-422.

83. *Ivanov, D., Sokolov, B., Potryasaev, S.* Issues of stability analysis in flexible supply networks and possible ways of their decisions. In: Proceedings of the 13th IFAC Symposium INCOM. Moskau, 2009, pp. 574-579.

84. *Ivanov, D.* Methodological framework for complexity and uncertainty factors embedding into the enterprise network modeling. In: Complexity Management in Supply Chains, ed. by T. Blecker, W. Kersten, Erich Schmidt Verlag, 2006, pp. 215-227.

85. *Ivanov, D., Sokolov, B., Arkhipov, A., Tolkacheva, V.* Decision making framework under integrated risk modelling in collaborative enterprise network. In: Complexity Management in Supply Chains, ed. by T. Blecker, W. Kersten, Erich Schmidt Verlag, 2006, pp. 203-214.

86. *Ivanov, D., Arkhipov, A., Tolkacheva, V. and Sokolov, B.* Stability Analysis in the Framework of Decision Making Under Risk and Uncertainty. In: Network-centric collaboration and supporting frameworks, ed. by L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, M. Ollus, Springer, 2006, pp. 211-218.

87. *Ivanov, D., Käschel, J., Arkhipov, A. and B. Sokolov.* A Conceptual Framework for Modeling Complex Adaptation of Collaborative Networks. In: Network-centric collaboration and supporting frameworks, ed. by L.M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, M. Ollus, Springer, 2006, pp. 15-22.

88. *Ivanov, D., Kuhn, A., Lukinskiy, V.* Logistics, Supply Chain Management and Information Technologies. Proceedings of the German-Russian Logistics Workshop, Saint Petersburg, 2006, 236 pp.

89. *Ivanov, D., Müller, E., Lukinskiy, V.* Logistics Collaboration. Proceedings of the 2. German-Russian Logistics Workshop, Saint Petersburg, 2007, 307 pp.

90. *Ivanov, D., Meinberg, U.* Logistics and Supply Chain Management: Trends in Germany and Russia. Cuvillier Verlag, Goettingen, 2009.

91. *Ivanov, D., Käschel, J.* Vernetzte Planung und kontinuierliche Lieferkettenoptimierung, PPS-Management 2003, No 4, pp. 29-32.

92. *Ivanov, D.A., Arkhipov, A.V., Sokolov, B.V.* Intelligent planning and control of manufacturing supply chains in virtual enterprises. International Journal of Manufacturing Technology and Management 2007, Vol. 11, No. 2, pp. 209-227.

93. *Ivanov, D., Kaeschel, J., Sokolov, B.* Integrated Modeling of Agile Enterprise Networks. International Journal of Agile Systems and Management 2007, Vol. 2, No. 1, pp. 23-49.

94. *Ivanov, D.A.* Supply chain multi-structural (re)-design with structure dynamics considerations. International Journal of Integrated Supply Management 2009, Vol. 5, No. 1, pp. 19-37.

95. *Ivanov, D.A.* An adaptive framework for aligning (re)planning decisions on supply chain strategy, design, tactics, and operations. In: International Journal of Production Research 2009, doi:10.1080/00207540902893417

96. *Ivanov, D.A., Sokolov, B., Kaeschel, J.* A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations with structure dynamics considerations. European Journal of Operational Research, doi:10.1016/j.ejor.2009.01.002.

97. *Jablonowski, M.* Expert Systems for Risk Management. Risk Management 1992, September 1.

98. *Jahns, C., Darkow, I.L., Hartmann, E., Schober, H., Walter, S.* Logistik und Supply Chain Management. Wiesbaden: Wissenschaft und Praxis, 2006.

99. *Kaihara, T.* Enterprise negotiation algorithm with walrasian virtual market. In: Virtual Enterprises and Collaborative Networks, ed. by L. Camarihna-Matos, Kluwer Academic Publishers, 2004, pp. 224-227.

100. *Kaluza, B., Blecker, T.* Produktions- und Logistikmanagement in virtuellen Unternehmen und Unternehmensnetzwerken. Berlin: Springer, 2000.

101. *Kaplan, S.* The Words of Risk Analysis, Risk Analysis, Vol.17, No. 4, 1997.

102. *Käschel, J., Teich, T., Meier, B.* Evolutionary algorithms – hope for computer assisted shop floor scheduling? In: Proceedings of International Conference on Integrated Production Management, IFIP WG 5.7, Tromsø Norwegen, 2000, pp. 63-68.

103. *Kersten, W., Blecker, T.* Managing Risks in Supply Chains. How to build reliable collaboration in logistics. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2006.

104. *Kerzner, H., Saladis, P.* Project Management Workbook and PMP/CAPM Exam Study Guide, New York: John Wiley & Sons, 2006.

105. *Klaus, P. and W. Krieger.* Gabler Lexikon Logistik. 3. Auflage, Gabler-Verlag, 2004.

106. *Kleindorfer, P.R., Singhal, K., van Wassenhove, L.N.* Sustainable operations management. Production and Operations Management 2005, Vol. 14(4), pp. 482-492.

107. *Knight, F.* Risk, Uncertainty, and Profit. Hart, Schaffner, and Marx Prize Essays 31. Houghton Mifflin, Boston and New York, 1921.

108. *Kok de, A.G., Graves, S.C.* Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation, Amsterdam: Elsevier, 2004.

109. *Kopfer, H., Schoenberger, J.* Die Lösung von Optimierungsproblemen mit mehrschichtigen Zielsetzungen durch die Adaption von selbststeuernden Planungsagenten. In: Proceedings of the German-Russian Logistics Workshop, 20.-21 April, 2006, Saint Petersburg, Russia, pp. 93-102.

110. *Kuehnle, H.* A system of models contribution to production network (PN) theory. Journal of Intelligent Manufacturing 2008, Vol. 18, No. 5, pp. 543-551.

111. *Kuhn, A., Hellingrath, B.* Supply Chain Management: Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschoepfungskette. Berlin: Springer, 2002.

112. *Lambert, D.M. and M.C. Cooper.* Issues in Supply Chain Management. International Marketing Management 2000, Vol. 29, No. 1, pp. 65-83.

113. *Lee, H.* The triple-A supply chain. Harvard Business Review 2004, October, pp. 102-112.

114. *Lee, H. L., Padmanabhan, P., Whang, S.* Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. Management Science 1997, Vol. 43, pp. 546-558.

115. *Linton, J., Klassen, R., Jayaraman, V.* Sustainable supply chains: An introduction. Journal of Operations Management 2007, Vol. 25, pp. 1075-1082.

116. *Lunn, T., Neff, S.* MRP Integrating Material Requirement Planning and Modern Business. New York: McGraw-Hill, 1992.

117. *Marca, D., Clarence, L.* IDEF0 – Sadt Business Process & Enterprise Modelling. McGowan Eclectic Solutions Corp, 1993.

118. *Mangan, J., Lalwani, C., Butcher, T.* Global Logistics and Supply Chain Management. New York: John Wiley and Sons, 2008.

119. *March, J. G., Shapira, Z.* Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking. Management Science 1987, Vol. 33, pp. 1404.

120. *Markowitz, H.* Portfolio selection. Journal of Finance 1952, Vol. VII, No. 1, pp. 77-91.

121. *Marshall, C.* Enterprise Modeling with UML: Designing Successful Software through Business Analysis (The Addison-Wesley Object TechnologySeries). Addison Wesley Publishing Company, 1999.

122. *McCullen, P., Towill, D.* Diagnostics and reduction of bullwhip in supply chains. Supply Chain Management 2002, Vol. 7, No. 3, pp. 164-179.

123. *Mesarovic, M.D., Takahara, Y.* General Systems Theory: Mathematical Foundations. New York, Can Francisco, London: Academic Press, 1975.

124. *Mulani, N.P., Lee, H.L.* New Business Models for Supply Chain Excellence. In: Achieving Supply Chain Excellence Through Technology (Vol. 4), ed. by N. Mulani, Montgomery Research, Inc., 2002.

125. *Nilsson, F., Darley, V.* On complex adaptive systems and agent-based modeling fpr improving decision-making in manufacturing and logistics settings. International Journal of Operations and Production Management 2006, Vol. 26, No. 12, pp. 1351-1373.

126. *Oliver, R.K., Webber, M.D.* Supply-chain management: logistics catches up with strategy. In: Logistics: The Strategic Issues, ed. by M. Christopher, London: Chapman & Hall, 1982, pp. 63-75.

127. *Ouyang, Y.* The effect of information sharing on supply chain stability and the bullwhip effect. European Journal of Operational Research 2007, Vol. 182, pp. 1107-1121.

128. *Porter, M.E.* From Competitive Advantage to Corporate Strategy. Harvard Business Review 1987, pp. 43-59.

129. *Prigogine, I., Nicolis, G.* Self-Organization in Non-Equilibrium Systems, New York: John Wiley & Sons Inc., 1977.

130. *Proth, J.M.* Scheduling: new trends in industrial environment. In: Proceedings of the 12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, St. Etienne, France, 17-19 Mai, 2006, Vol. 1, pp. 41-47.

131. *Richardson, K.A.* Systems theory and complexity: Part 4. The evolution of systems thinking. E:CO 2007, Vol. 9, No. 1, pp. 166.

132. *Ross, A.* Creating agile supply chain. IEEE Manufacturing Engineer 2004, Vol. 82, No. 6, pp. 18-21.

133. *Rumbaugh, J., Jacobson, I., Booch, G.* Unified Modelling Language Reference Manual. Addison Wesley, Reading, 1999.

134. *Saaty, T. L.* The Analytical Hierarchy Process, New York: McGraw Hill, 1980.

135. *Santoso, T., Ahmed, S., Goetschalckx, M., Shapiro, A.* A stochastic programming approach for supply network design under uncertainty. European Journal of Operational Research 2005, Vol. 167, No. 1, pp. 96-115.

136. *Sarkis, J., Talluri, S., Gunasekaran, A.* A strategic model for agile virtual enterprise partner selection. International Journal of Operations and Production Management 2007, Vol. 27, No.12, pp. 1213-1234.

137. *Scheer, A.-W.* ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 3., völlig neubearb. u. erw. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 1998.

138. *Scheer, A.-W.* ARIS – Vom Geschaeftsprozess zum Anwendungssystem. 3., voellig neubearb. u. erw. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 1998.

139. *Schoeneburg, E., Heinzmann, F., Feddersen, S.* Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien. Bonn, Muenchen, Paris: Addison Wesley, 1994.

140. *Schuh, G., Wiendahl, H.-P.* Komplexitaet und Aquilitaet. Berlin: Springer, 1997.

141. *Seifert, D.* Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment – How to create a Supply Chain Advantage. Galileo Press, 2002.

142. *Sethi, S.P., Yan, H., Zhang, H.* Inventory and Supply Chain Management with Forecast Updates. New York: Springer, 2005.

143. *Sethi, S.P., Thompson, G.L.* Optimal Control Theory: Applications to Management Science and Economics, Second Edition. Berlin: Springer, 2006.

144. *Shapiro, R.D., Heskett, J.L.* Logistics Strategy: Cases and Concepts. St. Paul: West Publishing, 1985.

145. *Sharif, A., Irani, Z., Lloyd, D.* Information technology and performance management for build-to-order supply chains. International Journal of Operations and Production Management 2007, Vol. 27, No. 12, pp. 1235-1253.

146. *Shen, W., Norrie, D.H., Barthes, J.P.* Multi-Agent Systems for Concurrent Intelligent Design and Manufacturing. London: Taylor & Francis Group, 2001.

147. *Shen, Z.M.* Integrated supply chain design models: a survey and feature research directions. Journal of Industrial and Management Optimization 2007, Vol. 3, pp. 1-27.

148. *Silva, C.A, Runkler, T., Sousa, J.M., Palm, R.* Optimization of logistic processes using ant colonies. In: Proceedings of ABS 2000, Vol. 3, pp. 143-148.

149. *Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E.* Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies, and case studies. Boston et al.: McGraw-Hill, 1999.

150. *Simchi-Levi, D., Wu, S.D., and S. Zuo-Yun* Handbook of quantitative supply chain analysis, New York: Springer, 2004.

151. *Smirnov, A., Shilov, N., Levashova, T., Kashevnik, A.* Ontology-Driven BTO Production Network Configuration Based on Knowledge Logistics. In: Proceedings of the German-Russian Logistics Workshop, Saint-Petersburg, 2006, pp. 162-171.

152. *Sokolov, B.V., Ivanov, D.A., Zaychik, E.M.* The formalization and investigation of processes for structure-dynamics control models adaptation of complex business systems. 20th European Conference on Modeling and Simulation ESMS 2006.

153. *Sokolov, B.V., Yusupov, R.M.* Complex Simulation of Automated Control System of Navigation Spacecraft Operation. International Journal of Automation and Information Sciences 2002, Vol. 34, No. 10, pp. 19-30.

154. *Sokolov, BV. and R.M. Yusupov.* Conceptual Foundations of Quality Estimation and Analysis for Models and Multiple-Model Systems. International Journal of Computer and System Sciences 2004, Vol. 6, pp. 5-16.

155. *Sokolov, B., Ivanov, D., Köchel, P.* Designing virtual enterprises based on combined models of structure dynamics control. In: Proceedings of the 6th International Conference on modern trends in logistics, Russia, St. Petersburg, 2007, pp. 321-324.

156. *Sorensen, L.B.* How risk and uncertainty is used in supply chain management: a literature study. International Journal of Integrated Supply Chain Management 2005, Vol. 1, No.4, pp.387-409.

157. *Stadtler, H., Kilger, C.* Supply chain management and advanced planning: Concepts, models, software and case studies. Berlin u.a.: Springer, 2000.

158. *Starr, M.K.* Modular-production: A new concept. Harvard Business Review 1965, pp. 131-142.

159. *Stefani, R.T., Shahian, B., Savant, C.J., Hostetter, G.H.* Design of Feedback Control Systems. Oxford: Oxford University Press, 2002.

160. *Sterman, J.D.* Business dynamics: systems thinking and modeling for complex world, New York: McGraw-Hill/Irwin, 2000.

161. *Sterman, J.D.* A Behavioral Model of the Long Wave. Journal of Ecconomic Behavior and Organization 1984, V. 6, pp. 17-53.

162. *Sterman, J.D.* Modelling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. Management Science 1989, Vol. 35, 321-339.

163. *Stock, J.R. and D.M. Lambert.* Strategic Logistics Management, 4th Ed. New York: McGraw-Hill Irwin, 2001.

164. *Sydow, J.* Strategische Netzwerke. Evolution und Organisation. Wiesbaden: Gabler, 1992.

165. *Surana, A., Kumara, S., Greaves, M., Raghavan, U.N.* Supply-chain networks: a complex adaptive systems perspective. International Journal of Production Research 2005, Vol. 43, No. 20, pp. 4235-4265.

166. *Swaminathan, J.M, Smith, S.F, Sadeh, N.M.* Modeling Supply Chain Dynamics: A Multiagent Approach, Decision Science 1998, Vol. 29, No. 3, pp. 607-632.

167. *Taha, H.A.* Operations Research: An Introduction (6th Edition). Prentice Hall, 1996.

168. *Tayur, S., Ganeshan, R., Magazine, M.* Quantitative models for supply chain management, Boston/Dordrecht/London: Kluwer, 1999.

169. *Teich, T.* Hierarchielose regionale Produktionsnetzwerke. Chemnitz: GUV-Verlag, 2001.

170. *Teich, T.* Optimierung von Maschinenbelegungsplänen unter Benutzung heuristischer Verfahren. Koeln: Josef Eul Verlag, 1998, pp. 232.

171. *Teich, T.* Extended Value Chain Management (EVCM), Verlag der GUC, 2003.

172. *Towill, D. and Mason-Jones, R.* Using the information decoupling point to improve supply chain performance. The International Journal of Logistics Management 1999, Vol. 10, No. 2, pp. 13-26.

173. *Van Donk, D., van der Vaart, T.* Responsiveness through buyer-focused cells: exploring a new supply strategy. International Journal of Operations and Production Management 2007, Vol. 27, No. 12, pp. 1362-1379.

174. *Van Donselaar, K., van den Nieuwenhof, J., Visschers, J.* The impact of material coordination concepts on planning stability in supply chains. International Journal of Production Economics 2000, Vol. 68, pp. 169-176.

175. *Van Hoek, R.I.* The rediscovery of postponement a literature review and directions for research. Journal of Operations Management 2001, Vol. 19, pp. 161-84.

176. *Van Landeghem, H., Vanmaele, H.* Robust planning: A new paradigm for demand chain network design problems. European Journal of Operations Research 1996, Vol. 94, pp. 362-376

177. *Verwijmeren, M.* Software component architecture in supply chain management. Computers in Industry 2004, Vol. 53, pp. 165-178.

178. *Vutrich, H.A.* Forms of Virtual Enterprise. Management Today 1997, pp. 35-37.

179. *Wannenwetsch, H.* Vernetztes Supply Chain Management. Berlin, Heidelberg, New York: Berlin, 2005.

180. *Warnecke, H.J., Braun, J.* Vom Fraktal zum Produktionsnetzwerk. Berlin, Heidelberg u.a.: Springer, 1999.

181. *Werner, H.* Supply Chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling. Wiesbaden: Gabler, 2000.

182. *Wiendahl, H.-P.* Erfolgsfaktor Logistikqualitaet. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2001.

183. *Wildemann, H.* Efficient Consumer Response, 6. Aufl. Muenchen: TCW, 2004.

184. *Wildemann, H.* Event Management in der Supply Chain. TCW: Munich; 2007.

185. *Wirth, S., Baumann, A.* Wertschoepfung durch vernetzte Kompetenz. Praxisreihe Logistik, Band 1. Muenchen: Huss-Verlag, 2001.

186. *Woodward, J.* Industrial Organisation: Theory and Practise. London: Oxford University Press, 1965.

187. *Yang, J., Wang, J., Wong, C.W.Y., Lai, K.H.* Relational stability and alliance performance in supply chain. Omega 2008, Vol. 36, pp. 600-608.

188. *Yusuf, M.A., Gunasekaran, A., Adeleye, E.O., Sivayoganathan K.* Agile supply chain capabilities. International Journal of Production Economics 2004, Vol. 62, pp. 33-43.

189. *Yusupov, R., Rozenwasser, E.* Sensitivity of Automatic Control Systems. London, New York: CRS Press, 1999.

190. *Zschorn, L.* An extended model of ATP to increase flexibility of delivery. International Journal of Computer Integrated Manufacturing 2006, Vol. 19(5), 434-442.

191. *Zschorn, L., Ivanov, D.A, Jaehn, H., Fischer, M.* An integrated modeling approach of supply chain planning and control in production networks. Proceedings of the 3rd international workshop on SCM and information systems. Thessaloniki, Greece, 2005.

192. *Акофф Р.* Планирование будущего корпорации – М: Сирин, 2002.

193. *Акофф Р.* Планирование в больших экономических системах. – М.: Советское радио, 1972.

194. *Акофф Р., Эмери Ф.* О целеустремленных системах. – М.: Советское радио, 1974.

195. *Алексеев Н.* Эволюция систем управления предприятием // Проблемы теории и практики управления, №2, 1999

196. *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Анализ, синтез, планирование решений в экономике. Учебник, Финансы и статистика, 2002-

197. *Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н.* Интеллектуальные информационные системы. Учебник, Финансы и статистика, 2004.

198. *Архипов А.В.* Эвристические методы в управлении.– Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.

199. *Архипов А.В., Иванов Д.А.* Обобщенная задача оперативного планирования работ в производственно-логистических сетях // Информационные технологии, №3, 2005

200. *Архипов А.В., Иванов Д.А.* Управление цепями поставок в виртуальных предприятиях // Логистика и управления цепями поставок, №1, 2004, С.36-40.

201. *Архипов А.В., Иванов Д.А., Соколов Б.В.* Синтез логистических цепей виртуальных предприятий // Известия ВУЗов. Приборостроение, №5, 2005, С. 9-14.

202. *Бауэрсокс Д., Клосс Д.* Логистика. Интегрированная цепь поставок.- М.: ЗАО Олимп-бизнес, 2001.

203. *Беллман Р.* Процессы регулирования с адаптацией. – М.: Наука, 1964.

204. *Белов Л.Б.* Использование системы сбалансированных показателей для оценки эффективности логистики снабжения. // Логистика и управление цепями поставок, – 2004. – №4-5 (5). – С. 18-24.

205. *Бешелев С.Д., Гуревич Ф.Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1974.

206. *Борщев А.В.* Применение имитационного моделирования в России – состояние на 2007 г. // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сб. Третьей всероссийской научно-практической конференции, 2007, С. 11-16.

207. *Бочарников В.П.* Fuzzy-технология: математические основы. Практика моделирования в экономике.– М.: Наука, 2001.

208. *Бочкарев А.А.* Планирование и моделирование цепи поставок. Издательство: Альфа-Пресс, 2008.

209. *Бродецкий Г.* Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска. - М.: Вершина, 2006.

210. *Бурбаки Н.* Теория множеств. – М.: Мир, 1965.

211. *Бурков В., Новиков Д.* Теория активных систем. Москва: Синтег, 1999.

212. *Бурков В.Н.., Ириков В.А.* Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994.

213. *Васильев С.Н.* От классических задач регулирования к интеллектному управлению // Теория и системы управления, 2001, № 1, С.5-22; № 2, С.5-21.

214. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. Задачи, принципы, методология.– М.: Высшая школа, 2001.

215. *Волкова В.Н., Денисов А.А.* Основы теории систем и системного анализа: Учебник для студентов вузов. СПб.: СПбГТУ, 2-е изд., 1999.

216. *Вютрих Х., Филип А.* Виртуализация как возможный путь развития управления // Проблемы теории и практики управления, №5, 1999.

217. *Гаврилов Д.А.* Управление производством на базе стандарта MRPII, СПб: Питер, 2002, С. 320.

218. *Гаврилова Т.А.* Базы знаний интеллектуальных систем.– СПб.: Питер, 2000.

219. *Геттинг Б.* Международная производственная кооперация в промышленности. Роль логистики в усилении конкурентоспособности хозяйственных структур / Пер. с немец. – М.: Дело, 2002.

220. *Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В.* Многоагентные системы // Новости искусственного интеллекта, №1, 1997

221. *Губанов В.А., Захаров В.В., Коваленко А.Н.* Введение в системный анализ. Учебник (под ред. Л.В. Петросяна). – Л.: ЛГУ, 1988.

222. *Дмитров В.И.* Опыт внедрения CALS за рубежом // Автоматизация проектирования, 1997, № 1.

223. *Дыбская В.В.* Управление складированием в цепях поставок. – М.: Альфа-Пресс, 2009.

224. *Заде Л.А.* Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.

225. *Зайцев Е.И.* Проблема надежности в процессной цепи поставок // Иванов Д.А., Янс К, Штраубе Ф., Проценко О., Сергеев В. (ред.). Логистика и управление цепями поставок: современные тенденции в России и Германии. СПб: СПбГПУ, 2008, С. 166-271.

226. *Зайцев Е.И.* Логистика и синергетика. Новая парадигма в теоретической логистике. // Логистика и управления цепями поставок, №1. 2004, С.7-13.

227. *Занг В.Б.* Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории. – М.: Мир, 1999.

228. *Иванов Д.А.* Логистика. Стратегическая кооперация. М.: Вершина, 2005.

229. *Иванов Д.А.* Supply Chain Management: концепции, технологии, модели. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2005, С. 172.

230. *Иванов Д.А.* Виртуальные предприятия и логистические цепи: комплексный подход к организации и оперативному управлению в новых формах производственной кооперации. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2003.

231. *Иванов Д.А.* Концепция создания адаптивных цепей поставок // Логистика, 2008, №1, С.12-13.

232. *Иванов Д.А.* Концептуальная модель оперативного планирования и управления логистическими цепями на основе многоагентного подхода // Известия ВУЗов. Приборостроение, №11, 2006, С. 9-14.

233. *Иванов Д.А.* DIMA – методология децентрализованного интегрированного моделирования логистических и производственных сетей // Логистика: управление цепями поставок, № 4-5, 2006.

234. *Иванов Д.А.* Динамический синтез и реконфигурирование цепей поставок производственно-логистических сетей в условиях неопределенности // Логистика и управления цепями поставок, № 4-5, 2004, С. 28-37.

235. *Иванов Д.А.* Информационная интеграция в цепях поставок // Логистика и управления цепями поставок, №3 (20), 2007.

236. *Иванов Д.А.* Информационные системы в экономике: Учебник (под ред. В.Н, Юрьева, В.Н. Волковой), §5.6 „Виртуальное предприятие как форма межпроизводственной кооперации“, 2007, С. 302-313.

237. *Иванов Д.А.* Информационные системы в экономике: Учебник (под ред. В.Н, Юрьева, В.Н. Волковой), §7.2.4 „ERP-система DELECO", 2007, С. 444-453.

238. *Иванов Д.А.* Разработка системы оперативного управления в новых организационных формах производственной кооперации: Диссертация.– СПб., 2002.

239. *Иванов Д.А.* Методы и инструментальные средства интегрированного управления на основе концепции Supply Chain Management // Интегрированная логистика, № 6, 2006, С. 21-28.

240. *Иванов Д.А.* Моделирование производственно-логистических систем и цепей поставок, Энциклопедия топ-менеджера, Том 2 «Логистика», 2007.

241. *Иванов Д.А.* О концепции и стратегиях управления цепями поставок // Логистика, 2007, №2, С. 14-16.

242. *Иванов Д.А.* Основные этапы построения системы управления цепями поставок // Российское предпринимательство, 2007, №8.

243. *Иванов Д.А.* Развитие методологических основ гибких организационных форм кооперации промышленных предприятий на основе управления цепями поставок: Диссертация.– СПб., 2008.

244. *Иванов Д.А.* Современные формы интегрированной логистики: виртуальные предприятия и логистические цепи // Интегрированная логистика, №3, 2004, С. 2-7.

245. *Иванов Д.А.* Эффективность управления логистическими процессами // Прикладная логистика, № 4, 2007, С. 6-13.

246. *Иванов Д.А., Герман Ф.* Расширенные производственные технологии (APS-системы), Энциклопедия топ-менеджера, Том 2 «Логистика», 2007.

247. *Иванов Д.А., Иванова М.А.* Современные технологии управлением дистрибьюцией в цепях поставок // Логистика и управления цепями поставок, №2 (19), 2007, С. 6-13.

248. *Иванов Д.А., Кун А.* Кооперация и взаимодействие контрагентов цепи поставок, Энциклопедия топ-менеджера, Том 2 «Логистика», 2007.

249. *Иванов Д.А., Кэшель Й.* Логистическая интеграция и координация в производственном/операционном менеджменте, Энциклопедия топ-менеджера, Том 2 «Логистика», 2007.

250. *Иванов Д.А.* Комплексный учет неопределенности при планировании производственных и логистических процессов // Логистика сегодня, №1-2, 2009.

251. *Иванов Д.А., Мюллер Е., Лукинский В.С.* Взаимодействие в логистике: сборник статей Второй Российско-Немецкой конференции по логистике, СПб: СПбГПУ, 2007.

252. *Иванов Д.А., Янс К, Штраубе Ф., Проценко О., Сергеев В.* Логистика и управление цепями поставок: современные тенденции в России и Германии: сборник статей Третьей Российско-Немецкой конференции по логистике, СПб: СПбГПУ, 2008.

253. *Иванов Д.А., Кун А., Лукинский В.С.* Логистика, управление цепями поставок и информационные технологии: сборник статей Российско-Немецкой конференции по логистике, СПб: СПбГПУ, 2006.

254. *Иванов Д.А., Соколов Б., Архипов А., Кэшель Й.* Модель динамического структурно-функционального синтеза гибких цепей поставок на основе ключевых компетенций // Логистика и управления цепями поставок, №2 (25), 2008, С. 39-52.

255. *Иванов Д.А., Тайх Т.* Гибкое формирование цепей поставок на основе виртуального структурно-функционального резерва // Логистика и управления цепями поставок, №2 (25), 2008, С. 64-71.

256. *Калинин В.Н., Соколов Б.В.* Динамическая модель и алгоритм оптимального планирования комплекса работ с запретами на прерывание // Автоматика и телемеханика, № 48(1), 1987.

257. *Калинин В.Н., Резников Б.А.* Теория систем и управления (структурно-математический подход). – Л.: ВИКИ, 1987.

258. *Каплан Р., Нортон Д.* Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М.: Олимп-бизнес, 2003.

259. *Козелецкий Ю.* Психологическая теория решений. – М.: Прогресс, 1979.

260. *Козье Д.* Электронная коммерция.– М.: Русская Редакция, 1999.

261. *Колесников С.Н.* Развитие идеологии управления цепями поставок (SCM) на российских предприятиях и информационные технологии // Логистика сегодня, 2004, №4.

262. *Колмогоров А.Н.* Основные понятия теории вероятностей.- М.: Наука, 1974.

263. *Кристофер М.* Логистика и управление цепочками поставок (пер. с англ.). СПб: Питер, 2005.

264. *Леоненков А. В.* Самоучитель UML.– СПб.: БХВ-Петербург, 2001.

265. *Леонтьев В.* Новейшая энциклопедия Интернет.– М.: Олма-Пресс, 2001.

266. *Линдерс М., Ферон Х.* Управление снабжением и запасами. Логистика.– СПб.: ООО «Издательство Полигон», 1999, С. 768.

267. Логистика. Искусство управления цепочками поставок (под. ред. Д. Шехтера и Г. Сандера; научный перевод В.И. Сергеева). – М.: Протекст, 2008.

268. Логистика: управление цепями поставок, №1-2, 2005.

269. Логистика: управление цепями поставок, №4-5, 2004.

270. *Лоу А.М, Кельтон В.Д.* Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004.

271. *Лукинский В.С.* (ред.). Модели и методы теории логистики: Учебное пособие. 2-е изд. – СПб: Питер, 2007.

272. *Маклаков С.В.* Bpwin и Erwin. CASE-средства разработки информационных систем.– М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1999.

273. *Макаров И.М. и др.* Теория выбора и принятия решений. – М.: Наука, 1987.

274. *Месарович М., Мако Д., Такахара Я.* Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973.

275. *Миротин Л.Б., Некрасов А.Г.* Логистика интегрированных цепочек поставок: Учебник. М.: Издательство «Экзамен», 2003.

276. *Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э.* Системный анализ в логистике: Учебник, Москва, Изд-во "Экзамен", 2002.

277. Моделирование и Анализ Безопасности и Риска в Сложных Системах: Труды международной Научной школы (МАБР)-2003. – СПб.: 2003.

278. *Моисеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.

279. *Моисеев Н.Н.* Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1975.

280. *Некрасов А.Г.* Менеджмент безопасности цепочек поставок – новый этап современной логистики // Иванов Д.А., Янс К, Штраубе Ф., Проценко О., Сергеев В. (ред.). Логистика и управление цепями поставок: современные тенденции в России и Германии: сборник статей Третьей Российско-Немецкой конференции по логистике, СПб: СПбГПУ, 2008, С. 171-181.

281. *Некрасов А.Г.* Безопасность цепей поставок в авиаиндустрии. М.: Авиадот. 2006.

282. *Олле В.* Производство в партнерстве – логистическая концепция завода Фольксваген Саксония // Логистика и управление цепями поставок, № 2/25, 2008.

283. *Орловский С.А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука, 1981.

284. *Охтилев, М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. - М.: Наука, 2006.

285. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989.

286. *Подчасова Т. П., Португал В.М., Татаров В.А., Шкурба В.В.* Эвристические методы календарного планирования.– Киев: Техника, 1980.

287. *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.

288. *Поспелов Д.А.* (ред.) Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М.: Наука, 1986.

289. *Растригин Л.А.* Адаптация сложных систем. – Рига: Зинанте, 1981.

290. Рихтер К., Охрин И., Соломатин П. Прогресс в решении задач маршрутизации транспортных средств // Логистика и управление цепями поставок, № 2(25), 2008.

291. *Рыжиков Ю.И.* Теория очередей и управления запасами. – СПб: Питер, 2001.

292. *Рябинин И.А.* Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб: Политехника, 2002.

293. *Саати Т., Керис К.* Аналитическое планирование и организация систем. – М.: Радио и связь, 1991.

294. *Саати Т.Л.* Принятие решений. Метод анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process). – М.: Радио и связь, 1989.

295. *Савин Г.И.* Системное моделирование сложных процессов. – М.: Фазис, 2000.

296. *Сергеев В.И.* Концепция/технология совместного планирования, прогнозирования и пополнение запасов (CPFR) как пример интеграции партнеров в цепи поставок // Логистика и управления цепями поставок, №3, 2007.

297. *Сергеев В.И.* Новое видение системы контроллинга логистических бизнес-процессов в цепи поставок // Логистика и управления цепями поставок, №5, 2007.

298. *Сергеев В.И.* Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов. - М.: ИНФРА-М, 2004.

299. *Сергеев В.И.* Логистические системы мониторинга цепей поставок. Учебное пособие. - М.: ИНФРА-М, 2003.

300. *Сергеев В.И.* Управление цепями поставок в России: миф или реальность? // Логистика и управления цепями поставок, №1, 2004, С.14-33.

301. *Сергеев В.И.* Еще раз к вопросу о терминологии в логистике и управлении цепями поставок // Логистика и управления цепями поставок, №5, 2006.

302. *Сергеев В.И., Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Стерлигова А.Н.* Логистика. Полный курс МВА.– М.: ЭКСМО, 2008.

303. *Сергеев В., Штраубе Ф., Янс К., Иванов Д.* Современные тенденции в образовании по логистике в России и Германии // Логистика и управления цепями поставок, №2 (25), 2008, С. 21-31.

304. *Скурихин В.И., Забродский В.А., Копейченко Ю.В.* Адаптивные системы управления машиностроительным производством. – М.: Машиностроение, 1989.

305. *Смирнов А.В., Левашова Т.В., Пашкин М.П., Шилов Н.Г.* Многоагентный подход к системе интеграции знаний // Известия вузов. Приборостроение, №3, 2003.

306. *Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Концептуальная и теоретико-множественная модель управления структурной динамикой космических средств // Мехатроника, автоматизация, управление, 2003, №5.

307. *Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Комплексное моделирование рисков при выработке управленческих решений в сложных организационно-технических системах // Проблемы управления и информатики, 2006, № 1-2, С. 39-59.

308. *Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов. // Изд. РАН. Теория и системы управления, 2004, №6, С. 5-16.

309. *Соколова А.Н., Геращенко Н.И.* Электронная коммерция: мировой и российский опыт.– М.: Открытые Системы, 2000.

310. *Соложенцев Е.Д.* Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. – СПб, Издательский дом «Бизнес-Пресса», 2004.

311. *Старобин А.А.* Менеджмент на практическом опыте компаний США, Японии, Западной Европы – М: Книжный мир, 2002.

312. *Стерлигова А.Н.* Управление запасами в цепях поставок. М.: Инфра-М, 2007

313. *Сток Д.Р., Ламберт Д.М.* Стратегическое управление логистикой / Пер. с англ. М.: Инфра-М, 2005.

314. Субконтрактинг. Методическое пособие. М.: Межрегиональный центр субконтрактации, 2004.

315. *Танаев В.С., Шкурба В.В.* Введение в теорию расписаний. – М.: Наука, 1975.

316. *Тарасов В.Б.* Новые стратегии реорганизации и автоматизации предприятий: на пути к интеллектуальным предприятиям // Новости искусственного интеллекта, №4, 1996, С. 40-84.

317. *Таха Х.* Введение в исследование операций.– М.: Вильямс, 2001.

318. *Тельнов Ю.Ф.* Интеллектуальные информационные системы в экономике. Дополненное.– М.: СИНТЕГ, 1999, С. 216.

319. *Толуев Ю.И.* Имитационное моделирование логистических сетей // Логистика и управление цепями поставок, № 2/25, 2008.

320. *Уваров С.А.* Проблемы и перспективы Supply Chain Management // Иванов Д.А., Мюллер Е., Лукинский В.С. (ред.). Взаимодействие в логистике: сборник статей Второй Российско-Немецкой конференции по логистике, СПб: СПбГПУ, 2007, С. 104-113.

321. *Уваров С.А.* Надежность логистических систем в интегральных цепях поставок // Иванов Д.А., Янс К, Штраубе Ф., Проценко О., Сергеев В. (ред.). Логистика и управление цепями поставок: современные тенденции в России и Германии: сборник статей Третьей Российско-Немецкой конференции по логистике, СПб: СПбГПУ, 2008, С. 152-162.

322. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. – М.: Наука, 2000.

323. Управление цепями поставок: Учебник издательства Gower / Под ред. Дж. Гатторны (ред. Р. Огулин, М. Рейнольдс); Перевод с 5-го англ. изд. под научной редакцией проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2008.

324. *Форрестер Дж.* Динамика развития города. – М.: Прогресс, 1974.

325. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. – М.: Наука, 1978.

326. *Хаммер М., Чампи Дж.* Реинжиниринг корпорации.– СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997, С. 332.

327. *Хан Д.* Планирование и контроль: концепция контроллинга: Пер. с нем. / Под ред. и с предисл. А.А. Турчака, Л.Г. Головача, М.Л. Лукашевича.– М.: Финансы и статистика, 1997.

328. *Хуторской А.В.* Эвристическое обучение: теория, методология, практика.– М.: Международная педагогическая академия, 1998.

329. *Цвиркун А.Д.* Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1982.

330. *Цыпкин Я.З.* Адаптация и обучение в автоматических системах. – М.: Наука, 1969.

331. *Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С.* Структурный анализ систем: IDEF-технологии.– М.: Финансы и статистика, 2001.

332. *Шапиро Дж.* Моделирование цепи поставок (пер. с англ.). – СПб: Питер, 2006.

333. *Шатт Д.Г.* Управление товарным потоком. Руководство по оптимизации логистических цепочек. – Минск: Гревцов Паблишер, 2008.

334. *Щербанин Ю.А.* Интермодальный транспорт: некоторые теоретические аспекты // Логистика и управление цепями поставок, №1, 2008.

335. *Юдин Д.Б., Юдин Д.А.* Число и мысль. Вып. 8. (Математики измеряют сложность). – М.: Знание, 1985.

336. *Юсупов Р. М., Ростовцев Ю. Г.* Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования// Известия ВУЗов. Приборостроение, № 7, 1991, С.7-14.

337. *Юсупов Р.М., Соколов Б.В.* Influence of Computer Science and Information Technologies on Progress in Theory and Control Systems for Complex Plants. In: Proceedings of the 13th IFAC Symposium INCOM: Key Note Papers, Moskau, 2009.

338. *Эшби У.Р.* Введение в кибернетику. – М.: Иностранная литература, 1958.

Алфавитный указатель

А
агент, 383, 409
адаптация, 82, 437, 461, 498, 533
адаптивное планирование, 506
адаптивное управление, 432
адаптивность, 437
адаптивные цепи поставок, 200
адекватность, 365
активный элемент, 408, 510
анализ цепей поставок, 228
аналитическая модель, 387
аутсорсинг, 37, 47, 89, 244

Б
безопасность, 131, 431
бизнес-процесс, 254, 256, 312
бифуркация, 389, 444

В
взаимодействие, 100, 152, 235
виртуальное предприятие, 175, 177
выбор, 367
выбор поставщиков, 98

Г
гамильтониан, 544
генетический алгоритм, 392, 587
гибкая цепь поставок, 190
гибкость, 146, 432

Д
делать или покупать, 243
динамическая модель цепи поставок, 537
динамический альтернативный мультиграф, 524
динамическое ценообразование, 89
диспетчеризация, 106
дистрибуция, 86, 90
добавленная стоимость, 34

Ж
живучесть, 431, 442

З
задачи SCM, 26, 46, 77, 405
задачи логистики, 46
запасы, 86, 110

И
идентификация цепей поставок, 225
избыточность, 146, 456
имитационное моделировани, 389
интеграция, 234, 413
информационные технологии, 89, 304, 306
информация, 88
исследование операций, 373
история развития SCM, 38

К
колебание, 446
компетенция, 55, 64, 215, 518
контракты, 98
контрактинг, 98
контроллинг, 161
контур управления, 367
кооперация, 235
координация, 152, 235, 275

Л
логистика, 45

М
маркетинг, 89
маршрутизация, 112
междисциплинарность, 47, 405
менеджмент риска, 126, 134
многокритериальность, 369
многоструктурное макросостояние, 522
множество достижимости, 483, 593
множители Лагранжа, 534
моделирование бизнес-процессов, 252, 263
модель, 363, 366
мониторинг, 344, 348, 497

мультиагентная система, 382, 408, 594

Н

надежность, 146, 432
неопределенность, 116, 118, 370, 470
нечеткая логика, 381

О

обратная связь, 434
онтологический анализ, 468
оперативное управление, 111
оптимальное управление, 376, 544
оптимизация, 368
оптимизация процессов, 250
организация цепей поставок, 233
оценка затрат, 251
оценка эффективности, 166

П

планирование, 429, 503
планирование закупок, 109
планирование производства, 108
планирование расписаний, 529
полимодельный комплекс, 411, 526
поток, 24
принцип максимума, 533
принятие решений, 79, 367, 467
прогнозирование спроса, 101
производство, 86, 96
процесс, 250

Р

регулирование, 454
реконфигурирование, 499
риск, 121, 124, 128, 471
робастность, 437

С

система поддержки принятия решений, 371
система сбалансированных показателей, 162
системная динамика, 391
системный анализ, 380
сложная система, 372
сложность, 372
сорсинг, 89
спецификация изделия, 104, 311
статистические модели, 388
стратегия SCM, 83
структурная динамика, 522
структурная устойчивость, 494
структурно-функциональный резерв, 205

Т

теория управления, 374
точка проникновения заказа, 143
транспортировка, 87

У

узкое место, 116
управление, 428
управление долгосрочным развитием цепей поставок, 194
управление сложностью, 147
управление событиями, 136
управление цепями поставок, 22, 25, 45, 49, 59
управляемость, 148
устойчивость, 129, 444
устойчивость цепи поставок, 67, 428, 477, 492, 590

Ф

факторы неопределенности, 119
функтор, 412, 526

Ц

ценовая политика, 89
цепь поставок, 56
цепь создания стоимости, 52

Ч

чувствительность, 472

Э

эвристические методы, 392
экономика предприятия, 33
эффект хлыста, 139
эффективность SCM, 25, 65, 427

A
ACO-оптимизация, 393
APS-системы, 333
ARIS, 257
ATP/CTP, 107

B
Bullwhip-эффект, 139

C
CPFR, 294
CRM-системы, 331

D
DR-LOG, 43

E
ECR, 291
ERP-системы, 3102, 318
E-SCM, 351

I
IDEF, 259

J
JIS, 278

K
KANBAN, 289
KPI, 161

M
MES-системы, 330
MRP-II, 103

P
Pull-стратегия, 62
Push-стратегия, 62

Q
QR, 291

R
RFID, 133

S
SCEM-системы, 345
SCOR, 165, 252

U
UML, 261

V
VMI, 289

Правильные ответы

Глава 1

1 – a,b,d
2 – b
3 – a,b,d
4 – a,c,d
5 – a,c,d
6 – a,b,c
7 – a,c,d
8 – c,d
9 – a,b,c,d
10 – a,b,d

Глава 2

1 – c
2 – b,c
3 – a,c
4 – a,b,d
5 – a,d
6 – a,c,d
7 – a,c,d
8 – a,b
9 – a,b,d
10 – a,c,d

Глава 3

1 – a,b,c
2 – a,c,d
3 – a,b,c,d
4 – a,b,d
5 – a,b,d
6 – a,d
7 – c,d
8 – a,b,d
9 – a,b
10 – a,c,d

Глава 4

1 – b,c,d
2 – a,b,c
3 – a,b,c,d
4 – b,c
5 – b,c
6 – a,b
7 – a,b,d

Глава 5

1 – a,b,d
2 – a,d
3 – c,d
4 – a,b,c
5 – a,b,d

Глава 6

1 – a,d
2 – a,c
3 – b,d
4 – a,b,d
5 – a,c,d
6 – a,b,d
7 – a,b,d

Глава 7

1 – a,b,d
2 – b,c
3 – a,c,d
4 – a,c,d
5 – a,b,d
6 – a,c
7 – a,c,d

Глава 8

1 – a,c
2 – b
3 – b,c

Глава 9

1 – a,b,c
2 – a,b,c,d
3 – a,b,d
4 – a,b,d
5 – a,b,d
6 – a,c
7 – d

Глава 10

1 – a,c
2 – c
3 – a,c
4 – b,c,d
5 – a,d
6 – a,c,d
7 – a,b,c,d
8 – c
9 – a,b,d

Глава 11

1 – b,c,d
2 – a,c
3 – c
4 – b,c,d
5 – b,c
6 – c
7 – a,b

Глава 12

1 – a,b,c
2 – b,d
3 – a,b,d
4 – a,c,d
5 – b,d
6 – a,b,d
7 – a,b,d
8 – b,c,d
9 – b,c,d
10 – a,b

Глава 13

1 – b,c
2 – a,b,d
3 – b,d
4 – a,b,d
5 – b,c
6 – a,c,d
7 – a,b,d
8 – a,b
9 – a,b,d
10 – a,b,c

Глава 14

1 – a,b,c
2 – a,b,c
3 – a,b,d
4 – a,b,d
5 – a,b,d

Глава 15

1 – a,c
2 – a,c
3 – d
4 – a,b,c,d
5 – a,b,c,d

Глава 16

1 – a,b,d
2 – a,c,d
3 – a,c,d
4 – b,c
5 – a,b,d
6 – a,b,d

Глава 17

1 – a,b,d
2 – c,d
3 – a,b,c,d
4 – a,b,d
5 – b,c,d
6 – a,b,c
7 – b,c

Глава 18

1 – a
2 – a,b,d
3 – b,c
4 – a,b,d
5 – a,b,d

По всем вопросам по содержанию книги, участию в семинарах по управлению цепями поставок, а также по вопросам о возможностях приобретения книги Вы можете обратиться напрямую к автору. Контактная информация на сайте:

WWW.IVANOV-SCM.COM

Приглашаем к участию в ежегодной **Российско-Немецкой конференции по логистике DR-LOG**. Конференция проходит с 2006 г по четным годам в России и по нечетным годам в Германии. Сайт конференции:

WWW.DR-LOG.ORG

ИВАНОВ Дмитрий Александрович

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Редактор *О.Е. Сафонова*
Технический редактор *А.И. Колодяжная*
Оригинал-макет подготовлен автором

Директор Издательства Политехнического университета *А.В. Иванов*

Свод. темплан 2009 г.
Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97
Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
ОК 005–93, т. 2; 95 3005 – учебная литература

Подписано в печать 02.06.2009. Формат 60x90/16.
Усл. печ. л. 41,5. Уч.-изд. л. 41,5. Тираж 500. Заказ 390.

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,
в типографии Издательства Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

ИВАНОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Д.э.н., Dr. rer. pol. (ФРГ). Заведующий лабораторией управления и моделирования цепей поставок в Техническом университете г. Хемниц (ФРГ). В 2008 г. и 2003 г. защитил диссертации соответственно доктора и кандидата экономических наук в СПбГУЭФ. В 2006 г. защитил диссертацию с присвоением ученой степени Dr. rer. pol. в Техническом университете Хемниц (ФРГ). Имеет многолетний опыт работы в управлении цепями поставок, логистике и производственном менеджменте в Германии и России.

Уровень компетенции: системы поддержки принятия решений и бизнес-аналитика в SCM, моделирование и оптимизация цепей поставок, стратегии управления цепями поставок, оптимизация бизнес-процессов, информационные технологии, координация цепей поставок.

Член Президиума Национального Совета по цепям поставок, организатор и председатель Российско-Немецкого научного логистического сообщества DR-LOG, член международных научных сообществ, редколлегий и оргкомитетов российских и международных журналов и конференций.

Научная деятельность отмечена множеством призов, в. т. ч. Федерального канцлера Германии и первыми призами „Best paper award" международных конференций. Автор концепции адаптивного SCM и междисциплинарной методологии моделирования SCM.

Известный в мире специалист по SCM, автор более десяти фундаментальных статей в ведущих международных журналах и книгах. Автор более 170 печатных работ, в т. ч. монографий «Логистика. Стратегическая кооперация» и «Моделирование производственных и логистических сетей» (на немецком языке).

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

Первое издание в России фундаментальной работы по управлению цепями поставок (SCM) известного в мире специалиста по SCM Д.А. Иванова.

Системно представлен обширный практический и теоретический материал по управлению цепями поставок (SCM). От SCM зависит до 30 % эффективности бизнеса промышленных, логистических и торговых компаний. Рассмотрению стратегий, концепций, методов, моделей и технологий SCM и их практического применения для повышения эффективности бизнеса в различных отраслях и посвящена эта книга.

Для специалистов по управлению, логистике и менеджменту, преподавателей, слушателей MBA-программ, студентов и аспирантов по специальностям «Логистика и управление цепями поставок», «Управление предприятием», «Менеджемент», «Производственный менеджемент», «Информационные системы в экономике», «Системный анализ», изучающих и применяющих современные методы управления бизнесом с использованием информационных технологий.

Санкт-Петербург
2009