

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УЧЕБНИК



ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

PRODUCTION MANAGEMENT

Edited by Professor *S.D. Iljenkova*

Textbook



Moscow • 2000

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Под редакцией профессора **С.Д. Ильенковой**

*Рекомендовано Министерством образования
Российской Федерации в качестве **учебника**
для студентов высших учебных заведений*



Москва • 2000

Коллектив авторов:

С.Д. Ильенкова, А.В. Бандурин, Г.Я. Горбовцов, Н.Д. Ильенкова,
В.С. Мхитарян, Э.М. Воронина, В.И. Кузнецов, В.Ф. Романюк,
В.С. Пудич, Е.П. Гусева, С.А. Орехов

Рецензенты:

*кафедра экономики предприятия и основ предпринимательства
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова
(зав. кафедрой канд. экон. наук Н.П. Иващенко)
и канд. техн. наук А.П. Грибачев*

Главный редактор издательства *Н.Д. Эриашвили*

Производственный менеджмент: Учебник для вузов/
П80 С.Д. Ильенкова, А.В. Бандурин, Г.Я. Горбовцов и др.; Под
ред. С.Д. Ильенковой. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. —
583 с.

ISBN 5-238-00101-0.

В учебнике подробно излагаются вопросы теории и практики организации производства и разработки производственной программы. Рассматриваются функции управления производством; дается характеристика типов производства, технико-экономических показателей и методов их анализа для принятия обоснованных решений. Уделяется внимание управлению запасами, управлению персоналом; раскрываются методы контроля использования оборудования, приемы статистического контроля качества. Во 2-й части рассматриваются вопросы исследования операций.

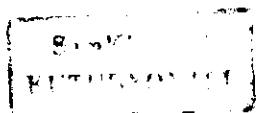
Дается краткий исторический обзор становления и развития производственного менеджмента.

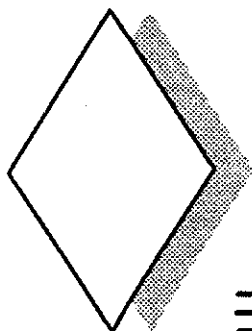
Для студентов, обучающихся по экономическим специальностям, а также практических работников — менеджеров производственных фирм.

ББК 65.290-21я73

ISBN 5-238-00101-0

© Коллектив авторов, 2000
© ООО "ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА", 2000.
Воспроизведение всей книги или любой ее части
запрещается без письменного разрешения
издательства





Введение

Для успеха экономических реформ, осуществляемых в России, особенно важны изменения в различных сферах управления. Идет смена социально-экономической системы; возникают новые требования к управлению предприятиями, выдвигаемые рыночными отношениями.

Современный этап переходной экономики России характеризуется ростом предпринимательской активности и переходом к разнообразным формам собственности; происходят, хотя и медленно, изменения в технологической базе производства.

Переход к эффективному управлению не только необходим, но и возможен. Говоря об общих условиях в производстве и социально-экономической сфере, существующих в странах со зрелой рыночной экономикой, можно выделить ряд направлений и концепций, в соответствии с которыми развиваются наука и практика управления.

Во-первых, это перестройка на современной информационной и технологической основе организации производственно-хозяйственной деятельности и управления, или *реинжиниринг*.

Во-вторых, развитие концепции *внутренних рынков корпораций*. Это означает использование принципов рыночного хозяйства во внутренней деятельности компаний. Подобные преобразования охватывают все подразделения фирм, которые становятся автономными звеньями, приобретающими товары и услуги как внутри фирмы, так и за ее пределами. Вместе с тем они объединяются едиными информационными сетями, финансовыми системами и предпринимательской структурой.

В-третьих, происходят интеграционные процессы в управлении, ориентированные на более эффективное использование

всех ресурсов, прежде всего, научно-технических, инвестиционных и финансовых. Это способствует появлению многообразных форм горизонтального объединения организаций.

В-четвертых, все большее распространение получают нефинансовые измерители эффективности управления, с помощью которых можно лучше оценить достижения организации. Такими неосозаемыми критериями оценки являются интеллектуальный капитал, удовлетворенность потребителя, полнота и комплектность использования информационных технологий. Последнее обусловлено тем, что роль информационных технологий в хозяйственной деятельности предприятий изменилась — они превратились в важнейшую составную часть продукта.

Российские предприятия стали больше уделять внимание организации производства, формированию структур, обеспечивающих четкое разделение работ, контроль выполнения и стимулирование исполнителей по результатам труда.

Управление современными российскими предприятиями сталкивается со многими проблемами. Ряд проблем связан с изменениями в характере отношений между реальными собственниками предприятий и управляющими (менеджерами). Предприятия вместо одного собственника — государства — получили сразу нескольких. Существенно расширился круг задач, которые требуется решать и за которые нужно отвечать перед новыми собственниками менеджерам предприятий. Эти задачи охватывают не только организацию и управление персоналом (хотя это не потеряло своего значения), но и включают определение номенклатуры и объемов выпуска продукции с учетом потребностей и возможностей рынка, поиск и привлечение ресурсов (прежде всего, финансовых), обеспечение реализации продукции, проведение своевременных расчетов с поставщиками и потребителями, повышение качества и конкурентоспособности продукции и др. Чтобы управлять предприятием, менеджеры должны иметь четко обозначенные цели. Однако далеко не каждое предприятие в состоянии разработать и реализовать собственную стратегию.

Вся деятельность предприятия должна быть ориентирована на достижение целевых показателей (прибыльности, роста продаж и др.), для чего важно использовать современные принципы планирования и управления. В частности, это касается эффективного управления запасами, предполагающего уменьше-

ние общей суммы затрат на запасы, поиск наиболее экономичных размеров партий, заказываемых материалов, доведения до минимума времени нахождения каждой единицы материалов на складе.

Основными путями выхода российских предприятий из кризиса являются использование достижений теории и практики современного менеджмента, обеспечение рационального сочетания отечественного и зарубежного опыта в организации, планировании и управлении производством.

Объектом *производственного менеджмента* являются производство и производственные системы.

В производственном менеджменте понятие «производство» несколько шире, чем в литературе по организации производства. Под производством понимают целенаправленную деятельность по созданию чего-либо полезного. Производственная система — целенаправленный процесс, превращающий отдельные элементы в полезную продукцию. Для постановки и решения задач в производственном менеджменте используется системный подход, предполагающий рассмотрение различных составляющих производственного менеджмента с целью осмысления их структуры, организации и других особенностей, выявления закономерностей развития и совершенствования методов управления.

Большой вклад в разработку системного подхода и организационных проблем управления производством внесла кибернетика, позволившая использовать принцип «обратной связи».

Растущая самостоятельность российских предприятий вызывает интерес их работников к вопросам организации и управления производством и изучению опыта стран с развитой рыночной экономикой.

Учебник «Производственный менеджмент» подготовлен коллективом кафедры менеджмента и статистики фирм Московского государственного университета экономики, статистики и информатики при участии преподавателей кафедр математической статистики и прикладной математики, а также представителей других вузов и практиков.

В учебнике, состоящем из двух частей, рассмотрены вопросы, связанные с производством и производственными системами, проанализированы история исследований производства, цикл производственного менеджмента и его составные части;

вопросы организации и управления производственным процессом.

В отличие от выпущенных ранее учебников по производственному менеджменту более подробно освещен производственный раздел бизнес-плана (производственная программа), уделено внимание научной организации труда.

В первый раздел включены вопросы управления запасами и организации складского хозяйства; управления качеством; управления производственными рисками. Второй раздел посвящен применению исследования операций в производственном менеджменте.

Основная цель учебника — обобщить достижения теории и практики производственного менеджмента, познакомить с ними студентов, аспирантов и преподавателей вузов, в которых ведется подготовка специалистов в области менеджмента.

В написании учебника принимали участие:

д-р экон. наук, проф. *С.Д. Ильенкова* — введение, гл. 1, 2, 5, 6 ч. 1;

канд. экон. наук, доц. *Е.П. Гусева* — гл. 2 ч. 1;

В.Ф. Романюк — гл. 3 ч. 1;

канд. техн. наук, доц. *В.С. Пудич* — гл. 4 ч. 1;

канд. экон. наук, доц. *С.А. Орехов* — гл. 5 ч. 1;

д-р экон. наук, проф. *В.С. Мхитарян* — гл. 6 ч. 1;

канд. экон. наук, доц. *Э.М. Воронина* — гл. 6 ч. 1;

канд. экон. наук, доц. *В.И. Кузнецов* — гл. 6, 7 ч. 1;

канд. экон. наук, доц. *А.В. Бандурин* — гл. 8 ч. 1;

канд. экон. наук, доц. *Н.Д. Ильенкова* — гл. 9 ч. 1;

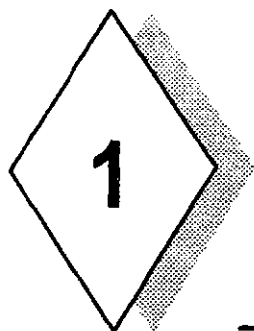
канд. экон. наук, доц. *Г.Я. Горбовцов* — гл. 1—4 ч. 2.

Общее редактирование учебника осуществлено проф. *С.Д. Ильенковой*.

Авторы заранее благодарны всем, кто сочтет необходимым дать свои замечания и предложения по совершенствованию учебника.

Часть 1

**Теория и практика
производственного
менеджмента**



Глава

Производство и производственные системы

1.1. Значение производства. Краткая история исследований производства

Производство является важнейшим компонентом функционирования любого государства, так как именно оно определяет уровень жизни. Для успешной конкуренции на внутреннем и мировом рынках производители должны иметь передовые технологии, соответствующие организационные структуры. Возникают многочисленные проблемы, связанные с изменениями в культуре, управлением информационными потоками и политикой в области человеческих ресурсов. Все это имеет значение для эффективного функционирования, извлечения прибыли из технологических возможностей.

Исследования производства стали активно проводиться в XVIII в. в связи со становлением и развитием капиталистического способа производства. Машинное производство привело к замене специализированной трудовой деятельности мануфактурного рабочего действиями мощных высокопроизводительных механизмов. Весь процесс был разделен на составляющие фазы. Открылись широкие возможности для технологического применения науки, развития прикладных исследований, связанных с материальным производством. Крупное машинное производство потребовало слаженного действия всех звеньев, установления и строгого соблюдения определенных норм и пропорций между всеми сторонами производства. Возникли та-

кие проблемы, как обеспечение пропорциональности числа рабочих и машин, их производительности и темпов работы. Появились многообразные задачи управления производством, начиная от технической подготовки производства, конструирования намечаемых к производству изделий, проектирования технологических процессов и др. Это потребовало обеспечения согласованности и слаженности различных работ.

Управление выделилось в самостоятельный вид деятельности в ходе разделения труда.

По мере роста масштабов производства, усложнения его структуры и объема, развития специализации и кооперирования, углубления разделения труда усложнялись и расширялись задачи управления производством. При этом речь не идет только об инженерно-техническом руководстве производством. Функция управления производством значительно шире и связана с обеспечением сложного комплекса организационных, экономических, социальных проблем. Без этого невозможно нормальное функционирование производства. Объективная необходимость функции управления возрастала по мере совершенствования средств труда. Управление как функция организации труда сложилась именно на почве капиталистического производства.

Возник институт промышленных управляющих. Менеджеры появились прежде всего на крупных капиталистических предприятиях, которые были в состоянии оплачивать труд таких управляющих. На ранних стадиях капиталистического производства, когда предприятия были относительно небольшими и насчитывали немного рабочих, капиталист мог быть и участником производственного процесса. По мере развития капитализма функция непосредственного надзора за отдельными рабочими и группами рабочих была передана менеджерам.

Новое содержание и широкие масштабы управленческая деятельность приобрела в условиях монополизированного капитализма. Для этого периода характерны рост аппарата управления и существенное изменение его функций. Формы управленческой деятельности стали чрезвычайно многообразны. Для обеспечения функционирования сложной иерархической системы управления потребовалось огромное количество внутренней и внешней информации. Эта информация накапливалась в различных звеньях и отделениях управленческой системы. Уве-

личился объем работ, связанных с получением, хранением, оформлением, обработкой информации. Это привело к росту численности конторского персонала, а также вспомогательного управленческого персонала.

В аппарате управления возникли специализированные подразделения, выполняющие различные функции: технической подготовки и совершенствования производства; управления персоналом и организации труда; оперативного управления и контроля производства; ремонта и обслуживания оборудования; материально-складского и транспортного хозяйства; сбыта продукции; бухгалтерии и финансов и др.

Постепенно на капиталистических предприятиях стал завоевывать позиции научно-технический и инженерный подход к организации управления производством и другими сферами деятельности капиталистического предприятия. Это способствовало появлению новой отрасли прикладных промышленных знаний.

В странах с развитой рыночной экономикой проблемам управления производством посвящены сотни книг, тысячи журнальных статей. Наиболее крупные исследования производства принадлежат представителям школы «научного менеджмента», для которой характерны исследования деловой и производственной деятельности. Эта школа сыграла огромную роль как фактор рационализации и стимулирования производства.

Начало исследований производств по праву связано с именем Ф. Тейлора (1856—1915). Результаты его исследований обобщены в ряде работ, среди которых наиболее крупными являются: «Управление фабрикой» (1903 г.), «Принципы научного управления» (1911), «Показания перед специальной комиссией Конгресса» (1912 г.). Тейлором выполнен ряд исследований по вопросам техники и технологии производства, а также были выдвинуты прогрессивные идеи и положения, внесшие вклад в развитие крупного, научно организованного общественного производства. Выдвигая главной целью максимальное увеличение производительности труда, Тейлор предлагал конкретные решения, направленные на рациональное использование труда рабочих и средств производства; введение строгого регламента на применение материалов и инструментов; стандартизацию инструментов, рабочих операций; точный учет рабочего време-

ни; исследование трудовых операций путем разложения их на составные элементы и хронометража, установления контроля за каждой операцией и др.

Система Тейлора предполагала новые роли как для управляющего персонала, так и для рабочих, выдвигая идеи: более высокий выход продукции, более низкая себестоимость, более высокие зарплаты и гармония в отношениях управляющий персонал — рабочие.

Основные исследования Тейлора связаны со сталелитейными компаниями и машиностроительными заводами. Начав работать учеником в механической мастерской, Тейлор прошел все ступени от младшего служащего до главного инженера крупного металлургического предприятия. Тейлор предложил ряд мер, получивших название «изучение работы». Для исследования трудовых приемов Тейлор привлекал квалифицированных рабочих, детально знавших эти приемы. Анализируя движения отдельных работников, Тейлор разбил каждое из них на элементарные составные части и добился (с помощью хронометража) создания «идеальных методов работы», основанных на совершенствовании лучших элементов трудового процесса различных рабочих. Тейлор считал необходимым устранение всех «ошибочных», «медленных» и «бесполезных» движений. Тейлор разработал оптимальные методы работы, он старался научно определить «лучший метод» выполнения каждой работы в самое короткое время. На машиностроительных предприятиях, где проводились эксперименты Тейлора, производительность труда возросла за три года в два раза. Проблему внедрения наиболее совершенных методов работы Тейлор увязывал со стандартизацией инструментов, с учетом особенностей конкретных видов работы.

Идеи Тейлора способствовали усовершенствованию организации работы мастеров и бригадиров. В результате своих исследований Тейлор обосновал необходимость разделения труда непосредственно в сфере управления. По его рекомендации планирование было выделено в самостоятельную функцию управления. Тейлор предложил заранее планировать методы работы и всю производственную деятельность предприятия в целом. В исследованиях Тейлора содержится разработка различных систем сдельной оплаты труда в соответствии с научно обоснованными методами нормирования труда.

Система Тейлора получила широкое распространение в первые три десятилетия XX века.

В 1920—1930-е годы последователями Тейлора стали Г.Л. Гантт, Ф.Б. Гилберт, Лилиан Гилберт.

Американский инженер Гантт (1861—1924) в 1906 г. работал в честорской сталелитейной компании и был приглашен в 1908 г. в компанию «Банкрофт», производившую хлопчатобумажные ткани, для консультаций по «трудовым проблемам». Основанием для такого приглашения было то, что Гантт имел уже некоторый опыт в области консультирования по управлению. В период 1904—1908 гг. он реорганизовал несколько компаний, на предприятиях которых отделочные операции были сходны с применяемыми в «Банкрофт». Гантт ввел систему Тейлора и предложил несколько механиков для помощи в обработке хлопчатобумажных тканей. Эту работу Гантт проводил в «Сэйлс Бличери».

На фабрике «Банкрофт» Г. Гантт проработал около двух лет. За этот короткий период он добился значительного прогресса, особенно в окрашивании набивных тканей, введя департамент планирования и свою систему «норма—премия». Определенный интерес представляет содержание отчета Г. Гантта, отмечающего следующее:

- ◆ Порядок, в котором должна выполняться работа, определяется теперь в офисе, а не красильщиком.
- ◆ Точная запись лучшего метода крашения в любой отенок хранится в офисе и более не зависит от записной книжки красильщика или его памяти.
- ◆ Учрежден метод систематического обучения красильщика.
- ◆ Разработан метод снижения количества занятых в процессе окрашивания тканей до минимума.
- ◆ Все красильщики и машинисты поощряются материально, когда следуют инструкциям, или, наоборот, не получают материального вознаграждения, когда они не делают этого. Это условие станет постоянным, если будет должным образом выполняться.

Гантт исследовал работу текстильщиц, которые складывали, упаковывали и маркировали готовую продукцию, и обнаружил, что эти секции предприятия создавали главные проблемы, обу-

словившие его приглашение в качестве консультанта. Он пришел к выводу, что этот участок работы перегружен рабочей силой и дезорганизован, хотя часто были сверхурочные работы. После реорганизации была введена новая система движения продукции. Текстильщицы были переведены на сдельную систему оплаты труда. При значительном сокращении рабочего дня на 25—30% увеличился выход продукции, а заработная плата выросла на 20—60%. Однако реорганизация приводила к сокращению персонала, что вызывало сопротивление рабочих новшествам Г. Гантта.

Гантт применил аналитические методы для исследования отдельных производственных операций. Он разработал методы планирования последовательности производственных операций. Эти методы не потеряли свое значение и в современных условиях. Исследование системы «человек—машина» позволило Гантту связать организационный и мотивационный аспекты производства.

Графики Гантта нашли широкое применение в промышленности и других отраслях.

Супруги Гилберт показали, что основные элементы производственных операций не зависят от содержания работы. Исследуя технологические операции, они разработали методику микроанализа движений, что положило начало научной организации рабочих мест.

Проблемы организации и управления промышленными предприятиями нашли отражение в исследованиях американского экономиста Г. Черча, который сформулировал ряд общетеоретических принципов управления промышленным предприятием. Он выделил главнейшие функции управления и принципы его организации. Исследуя работу производственной администрации, Г. Черч пришел к выводу, что эта работа включает:

1. Проектирование, которое *предписывает*.
2. Оборудование, которое *создает необходимые физические условия*.
3. Распорядительство, которое *специфицирует задания и приказывает*.
4. Учет, который *измеряет, фиксирует и сопоставляет*.
5. Оперирование, которое *делает (исполняет)*.

Все перечисленные функции связаны с различными видами умственной деятельности. Искусство менеджмента состоит в

том, чтобы возлагать эти различные виды умственной деятельности на подходящих лиц и осуществлять «верховный» надзор за их координацией.

В исследованиях американского ученого Г. Эмерсона (1853—1931) рассматривались вопросы рациональной организации труда не только отдельного исполнителя, но и всякой целесообразной деятельности человека с точки зрения производительности и предлагалась методика достижения максимальной эффективности. Г. Эмерсон выдвинул двенадцать принципов производительности:

1. Отчетливо сформулированные идеалы и поставленные цели.
2. Здравый смысл.
3. Компетентная консультация.
4. Дисциплина.
5. Справедливое отношение к персоналу.
6. Быстрый, надежный, точный и постоянный учет.
7. Диспетчирование.
8. Нормы и расписания.
9. Нормализация условий.
10. Нормирование операций.
11. Писанные стандартные инструкции.
12. Вознаграждение за производительность.

Большой вклад в теорию и практику исследования производств внес российский ученый А.К. Гастев (1882—1941 гг.). Его исследования по научной организации труда не потеряли своей актуальности и в настоящее время. Гастев сформулировал ряд важных правил по организации труда:

1. Сначала продумай всю работу досконально.
2. Приготовь весь нужный инструмент и приспособления.
3. Убери с рабочего места все лишнее, удали грязь.
4. Инструмент располагай в строгом порядке.
5. При работе ищи удобного положения тела.
6. Не берись за работу круто. Входи в работу исподволь. Если надо сильно приналечь, то сначала приладься, испробуй на полсилы, а потом уже берись вовсю.
7. Не работай до полной усталости. Делай равномерные отдыхи.
8. Работай ровно (работа приступами, сгоряча портит и работу и характер).

9. Не волнуйся (надо сделать перерыв, успокоиться и снова за работу).
10. Полезно в случае неудачи работу прервать, навести порядок (прибрать рабочее место и снова за работу).
11. При удачном выполнении работы не старайся ее показывать, хвалиться.
12. В случае полной неудачи легче смотри на дело (попробуй сдержаться и снова начни работу).
13. Кончил работу, приberi рабочее место.

Таким образом, перечисленные пункты предполагают выполнение следующих действий и условий: *планирование, заготовку, чистоту, порядок, установку, вхождение в работу, режим, выдержку и еще раз чистоту и порядок.*

Серьезные исследования проблем производства были выполнены в Институте экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения АН СССР в 1960-е годы.

В это время В.А. Авиловым проводились исследования, связанные с разработкой методик применения математико-статистических методов в анализе производства.

Различные аспекты управления и методология их анализа и решения представлены в работах Г.Х. Попова.

Для решения многих задач производства большое значение имеет совершенствование труда. В послевоенные годы в нашей стране получили распространение многостаночное движение, совершенствование организации трудового процесса на основе применения передовой технологии, рационализации инструментов и приспособлений, организации рабочих мест.

Инженером Ф.Л. Ковалевым разработан метод отбора наиболее рациональных приемов труда, применяемых передовыми рабочими, их дальнейшего усовершенствования и последующего массового внедрения.

Практически все исследования производства особо выделяют такую функцию управления, как организация. Эта функция охватывает различные виды исполнительно-оперативной деятельности.

Организация как функция управления имеет целью обеспечить слаженность всех действий и элементов производственной системы: рациональную организацию труда; обеспечение производства сырьем и материалами; наилучшие технологии; оп-

тимальная структура производства. Деятельность по организации касается как управляемого объекта, так и органа управления, т.е. всей системы управления. При этом взаимодействие должно быть налажено не только внутри данной системы, но и с внешней средой.

В нашем кратком обзоре затронуты лишь немногие аспекты становления и развития производственного менеджмента. Перейдем к объекту производственного менеджмента.

1.2. Производство и производственные системы

Объектом производственного менеджмента являются производство и производственные системы. До недавнего времени основное внимание в теории и практике производственного менеджмента уделялось самой производственной функции. В настоящее время существует более широкий взгляд на производство. Появился термин «интегрированное производственное предприятие»¹. Это означает, что в процессе принятия решений участвуют все службы и вырабатывается стратегия развития производственного предприятия. Службы должны работать сообща на достижение конечного результата. При этом предполагается устранение границ между функциональными службами производства, маркетинга, НИОКР, финансов и человеческими ресурсами. Во многих крупных компаниях происходит переход к организации, ориентированной на определенный процесс. Например, в компании «Хьюлетт-Паккард» производственная организационная структура трансформирована в группу по созданию продукта. Эта группа стала заниматься тремя процессами, имеющими определяющее значение для будущего компании:

1. *Стратегическое инвестирование.* Под стратегическим инвестированием понимают процесс, в ходе которого принимаются решения о выделении ресурсов различным видам деятельности организации. Компания концентрирует усилия на конечном результате процесса стратегического планирования. Инвестиции вкладываются в

¹ Современное управление // Энциклопедический справочник. — М.: Издат-центр, 1997. — Т. 2. — Разд. 8.

процессы и виды деятельности, определяющие успех организации в долгосрочной перспективе.

2. *Создание продукта.* Этот процесс начинается с идеи, переходит в стадию проектирования и разработки и заканчивается организацией производства и поставкой первой продукции клиенту. Этот процесс характеризует продолжительность периода от возникновения идеи создания продукта до его внедрения на рынке и времени достижения точки безубыточности.
3. *Выполнение заказа.* Процесс, отражающий непрерывный прием заказов от клиентов до их выполнения.

Производственная система — целенаправленный процесс, благодаря которому происходит превращение отдельных элементов системы в полезную продукцию¹.

Полная система производственной деятельности организации называется операционной системой².

В кибернетике под системой понимают так или иначе упорядоченную совокупность элементов или частей, взаимодействующих между собой. При этом каждая часть может представлять самостоятельную систему, включающую в себя более простые элементы.

Операционная система состоит из подсистем. Для полного описания системы нужно знать состояние элементов, а также состояние связей между ними — входов и выходов.

Перерабатывающая подсистема выполняет производительную работу, непосредственно связанную с превращением входных величин в выходные результаты.

Подсистема обеспечения выполняет функции обеспечения перерабатывающей подсистемы.

Модель можно рассматривать как копию или абстрактное отражение основных характеристик какого либо процесса. Модель отражает связи между причиной и следствием, между желаниями и возможностями.

Совокупность элементов системы подразделяется на управляемые и управляющие объекты, т.е. *управляемую и управляющую подсистемы.*

¹ Риггс Дж. Производственные системы: планирование, анализ, контроль: Пер. с англ. / Общая ред. А.И. Анчишкина. — М.: Прогресс, 1972. — С. 9.

² Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ. — М.: Дело, 1992. — С. 596.

Управлять системой означает обеспечить ее целенаправленное поведение в изменяющихся условиях. Это достигается надлежащей организацией и развитием.

Системы различаются своими целями. Схема функционирования производственной системы представлена на рис. 1.1.

Все методы и средства организации предполагают создание условий, максимально содействующих достижению поставленных целей.

Планирование представляет собой постановку проблемы, прогнозирование, определение целей, разработку стратегии их выполнения, определение условий и средств достижения цели. Функционирование системы обеспечивается благодаря регулированию, которое включает учет и контроль. В процессе планирования принимаются решения. Потом создаются условия для их выполнения, и система начинает функционировать. Однако под влиянием внутренних и внешних факторов могут возникать отклонения от намеченных целей. Регулирование направлено на нейтрализацию причин отклонений и обеспечение желаемого хода развития системы.

Для обеспечения функционирования системы осуществляются сбор, хранение и обработка информации для расчета показателей, характеризующих функционирование системы, и их анализа.

Контроль предполагает наблюдение за ходом достижения поставленных целей, проверку выполнения управленческих решений и оценку их последствий.

Регулирование позволяет выявить проблемы, требующие новых управленческих решений, новых организационных структур. Последствия этих решений вновь будут регулироваться, контролироваться.

Таким образом, производственные системы включают: *планирование, анализ, контроль*.

В зависимости от особенностей производственной системы осуществляется процесс управления.

Основной функцией производственной системы является выпуск продукции. Производство включает непосредственно технологические процессы и вспомогательные операции, связанные с изготовлением продукции. Управление производством связано с составлением календарных планов, установлением норм выработки, совершенствованием технологии, контролем качества, обработкой материалов и т.п.

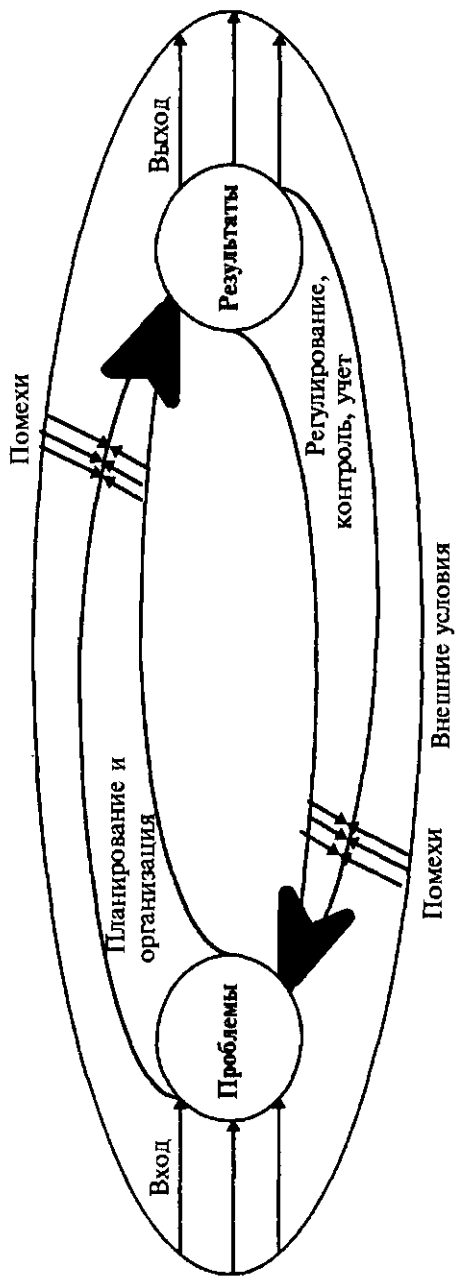


Рис. 1.1. Механизм функционирования производственной системы

Подсистема планирования и контроля получает от перерабатывающей подсистемы информацию о состоянии системы и незавершенном производстве. Информация может поступать из внутренней и внешней среды организации. Например, информация о спросе на продукцию, стоимости ресурсов, тенденции развития технологии, правительственных документах поступает из внешней среды.

Подсистема планирования и контроля перерабатывает информацию и выдает решения, как должна работать перерабатывающая подсистема.

Конкретными вопросами, которые требуют решения, могут быть:

- ♦ планирование производственных мощностей;
- ♦ диспетчеризация;
- ♦ управление материально-производственными запасами;
- ♦ контроль качества.

Управление может сталкиваться с разными проблемами, например: размещение предприятий; планировка предприятий и рабочих площадей; распределение ресурсов и последовательность их использования; выбор оборудования, его эксплуатация, текущий и капитальный ремонт, замена; материальные ресурсы; проектирование технологического процесса и контроль его хода; методы работы; контроль качества. Нетрудно убедиться в том, что это только небольшой круг проблем. Каждая из них может быть разбита на дополнительные подпункты. В общем виде сущность управления операциями состоит в следующем:

- ♦ разработка и реализация общей стратегии и направлений операционной деятельности организации;
- ♦ разработка и внедрение операционной системы, включая разработку производственного процесса, решение о месторасположении производственных мощностей, проектирование предприятия;
- ♦ планирование и контроль текущего функционирования системы.

Таким образом, производственная система может быть представлена как система *затраты — превращение — выпуск*, подчиняющаяся критериям планирования, анализа и контроля, что обеспечивает согласованное управление производством.

Вся деятельность предприятия представляет собой сложную единую систему, состоящую из сети подчиненных подсистем. Подсистема может быть представлена как подразделение первого порядка единой или целой сложной системы. В структуру системы могут входить подразделения последующих порядков, т.е. второго, третьего и т.д. Примером могут служить взаимоотношения сложной системы и подсистем в промышленности (рис. 1.2).

На рисунке представлена концепция продукта, обеспечивающая прибыльность производства и сбыта.

Для данной концепции характерны прямые и обратные связи между отдельными подсистемами: исследованием, консультированием, освоением, производством, распределением. Каждая подсистема должна способствовать достижению общей цели, хотя решает конкретные задачи. Например, подсистема «исследование» может включать определение направлений разработки проекта, составление календарного плана разработки, расчет сметы затрат и методов контроля издержек, определение надежности разрабатываемого продукта и др. Может быть выделена подсистема «кадры», включающая расчет потребности в кадрах, что предполагает учет характера работы, определение требований к квалификации работников; определение норм выработки.

Таким образом, целостная сложная система состоит из систем первого порядка, или подсистем, которые в свою очередь состоят из систем второго порядка, или системных составляющих, которые, в свою очередь, подразделяются на низшие и более низшие системы третьего, четвертого порядка и т.д. Причем, деление продолжается до выделения простой системы n -го порядка. Вся сеть систем, образующих целостную сложную систему, проектируется таким образом, чтобы способствовать решению конечной задачи, для реализации которой осуществляется разработка всего проекта. Для сферы промышленности это предполагает обеспечение ответственных исполнителей информацией, необходимой для эффективного управления работами по исследованию, конструированию и разработке новых проектов, а также производственными и сбытовыми функциями.

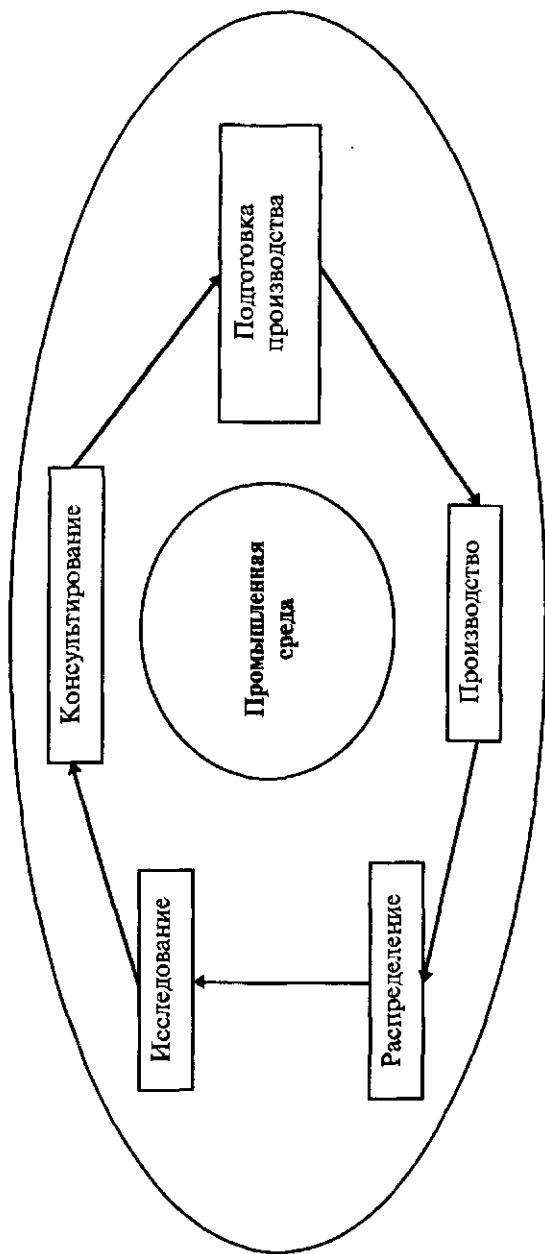


Рис. 1.2. Взаимоотношения в промышленной системе

Сложной системой является комплексный объект (предприятие в целом, его организационное подразделение, группа или комплекс оперативных функций или даже одна из них). *Подсистема* представляет подразделение первого порядка в сложной системе. Подсистем должно быть не менее двух, в противном случае деление лишается смысла. *Составляющей системой* является подразделение второго порядка, существующее в рамках сложной системы. *Низшие системы* — это системы, входящие в систему подразделения третьего, четвертого и других порядков. Существует также понятие *коренной системы*, которая составляет конечное подразделение.

Процесс проектирования систем состоит из пяти этапов: исследование, получение информации, моделирование, испытание и корректировка модели.

Исследование имеет целью выбор средств и методов для проектирования систем (экономико-математические методы, статистические, социологические и др.) *Получение информации* предполагает определение достаточности имеющейся информации и потребности в дополнительной информации. В процессе *моделирования* могут применяться как специальные, так и традиционные методы и средства. Например, для проектирования системы нормирования и организации труда могут потребоваться технологические карты, маршрутные схемы производственного процесса, специальные компьютерные программы, различные методы теории управления.

На этапе испытания и корректировки модели могут быть использованы методы теории игр, методы оценки эффективности и качества работы.

Как правило, основную часть работы по проектированию систем в крупных западных компаниях выполняет отдел организации производства. Отдел возглавляется вице-президентом по организации производства. Названия соответствующих подразделений отражают характер их деятельности. Ведущую роль при проектировании систем играет отдел операционных исследований и прикладной науки. Он имеет право привлекать компетентных работников из других подразделений. Это повышает вероятность разработки оптимального проекта системы путем улучшения существующей системы или ее изменения либо путем проектирования совершенно новой системы.

В фирмах, имеющих менее сложную организационную структуру, в центре работ по проектированию системы может стоять инженер по организации производства. Могут быть также привлечены для консультации специалисты в соответствующей области.

Инженеров по организации производства называют *производственными менеджерами*. Производственные менеджеры, являясь центральной фигурой производственных систем, сочетают знания и способности специалистов различных областей науки и техники.

Успех проведения экономических и политических реформ в России во многом зависит от преодоления спада производства. Ведь именно товаропроизводители являются основным субъектом рыночной экономики. Современный этап российской экономики связан с решением сложных задач оптимального сочетания рыночных и государственных методов регулирования производства, обеспечения нормализации рынка товаров и услуг.

Одной из причин спада производства является снижение уровня управляемости предприятиями. Ведь преодоление спада производства может быть осуществлено не только за счет внешних инвестиций в производственные отрасли, но и за счет мобилизации собственных ресурсов.

Наша страна располагает собственными источниками развития производства. Прежде всего, это — огромный научно-технический потенциал, запасы разнообразных природных ресурсов, высококвалифицированные кадры рабочих, ученых, инженеров. Для реализации этого потенциала нужны современные производственные структуры.

Производство является объектом управления. Производственный менеджмент предполагает разработку стратегии и тактики управления производственными структурами.

Выводы

- ◆ Производственный менеджмент имеет дело с производством и производственными системами. Производственная система включает планирование, анализ контроль. Применение методов планирования, анализа и контроля является необходимым условием для четкого функционирования производственных систем.

- ◆ Непосредственному функционированию производственных систем предшествует их проектирование.
- ◆ Проектирование, совершенствование и реализация на практике производственных систем, включающих людей, оборудование и материалы, имеют целью эффективную организацию производства и являются функцией производственного менеджера.

Практикум к гл. 1

◆ Тесты

1. Почему исследования производства стали активно проводиться в XVIII веке?
 - а) потребовалось укрепление феодального строя.
 - б) это связано со становлением и развитием капиталистического способа производства.
2. Кем было предложено заранее планировать методы работы и всю производственную деятельность предприятия в целом?
 - а) Г.Л. Ганттом;
 - б) А. Файолем;
 - в) Ф. Тейлором.
3. Кем была разработана методика микроанализа движений?
 - а) Г. Черчем;
 - б) Ф.Б. Гилбертом и Л. Гилберт;
 - в) Л. Гьюликом.
4. Основные элементы производственных операций зависят от содержания работы?
 - а) да; б) нет. Поясните свою позицию.
5. Могут ли быть использованы рекомендации А.К. Гастева в современных условиях?
 - а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.
6. Можно ли деятельность предприятия рассматривать как сложную единую систему, состоящую из сети подчиненных, менее сложных?
 - а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.
7. Что включает подсистема «исследование»?
 - а) расчет потребности в персонале;

- б) распределение ресурсов;*
- в) разработку календарного плана работы.*

8. Существуют ли на российских предприятиях специальные службы организации производства?

- а) да; б) нет. Поясните вашу точку зрения.*

9. Являются ли планирование, анализ и контроль отдельными стадиями исследования системы в целом?

- а) да; б) нет.*

10. Планирование и контроль текущего функционирования системы входят в обязанности:

- а) производственных менеджеров;*
- б) менеджеров высшего звена;*
- в) менеджеров низового звена.*

11. К какой подсистеме можно отнести механический цех машиностроительного завода?

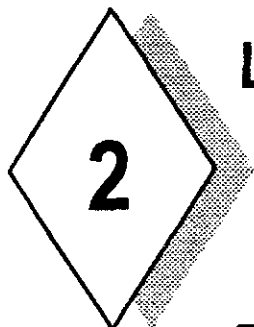
- а) перерабатывающей;*
- б) обеспечения.*

12. К какой из подсистем следует отнести научно-техническую библиотеку машиностроительного завода?

- а) перерабатывающей;*
- б) обеспечения.*

13. К какой подсистеме следует отнести контроль качества?

- а) обеспечивающей;*
- б) подсистеме планирования и контроля;*
- в) перерабатывающей.*



Глава

Цикл производственного менеджмента

2.1. Планирование как составляющая производственного менеджмента

Процесс управления связан с планированием, организацией выполнения планов и контролем конечных результатов. Чем *лучше отработаны и взаимосвязаны эти важнейшие функции*, тем *эффективнее управление*.

Планирование позволяет определять характер, формы и последовательность будущих действий.

В общих чертах планирование предполагает:

- ♦ формулировку целей и вероятных стратегий;
- ♦ установление первостепенных задач и определение действий по их решению.

Результатом планирования является система планов — *долгосрочных, среднесрочных, оперативных*.

Наиболее сложной проблемой является разработка стратегии.

Стратегия затрагивает интересы любой организации, определяя главные направления ее развития на длительный период. При этом среднесрочные и оперативные планы должны быть подчинены стратегическим целям.

В современном менеджменте вопросы стратегического планирования занимают одно из центральных мест¹. Это обусловлено тем, что отсутствие четко избранной стратегии таит нема-

¹ См., например, Ансофф И. Стратегическое управление: Пер. с англ. - М.: Экономика, 1989; Томпсон А. А., Стрикленд А. Дж. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: Учебник для вузов / Пер. с англ. под ред. Л.Г. Зайцева, М.И. Соколовой. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998.

ло опасностей, ведет к неопределенности и не способствует осознанному участию работников в производственном процессе.

Стратегическое планирование — функция менеджеров высшего звена.

В современной литературе по стратегическому менеджменту выделяют три уровня стратегического планирования:

- ♦ суммированная стратегия;
- ♦ стратегические экономические планы;
- ♦ функциональная стратегия.

Перечисленные уровни стратегического планирования образуют так называемую «пирамиду стратегий» (рис. 2.1).

На уровне высшего руководства разрабатывается общая стратегия, учитывающая возможности занять определенную позицию на рынке на ближайшую перспективу. При этом учитываются собственная роль фирмы, осуществляемые виды деятельности, ожидаемый прирост эффекта и рентабельность. С учетом общей стратегии разрабатываются экономические стратегические планы, ориентированные на конкретные структурные подразделения (структурные единицы внутри фирмы, выпускающие продукцию, предназначенную для определенных рынков). В экономических стратегических планах отражаются ожидаемая прибыль, доля участия на рынке, ассортимент продукции и его обновление, возможные преимущества по сравнению с конкурентами.

Функциональная стратегия включает конкретные функции: продажа, управление запасами, закупки, производство продукции, оптимальное использование людских и материальных ресурсов и др.

Таким образом, все уровни стратегического планирования взаимосвязаны и направлены на реализацию избранной стратегии.

Важнейшими фазами стратегического планирования являются:

- ♦ формулирование стратегии;
- ♦ придание стратегии конкретной формы;
- ♦ оценка и контроль.

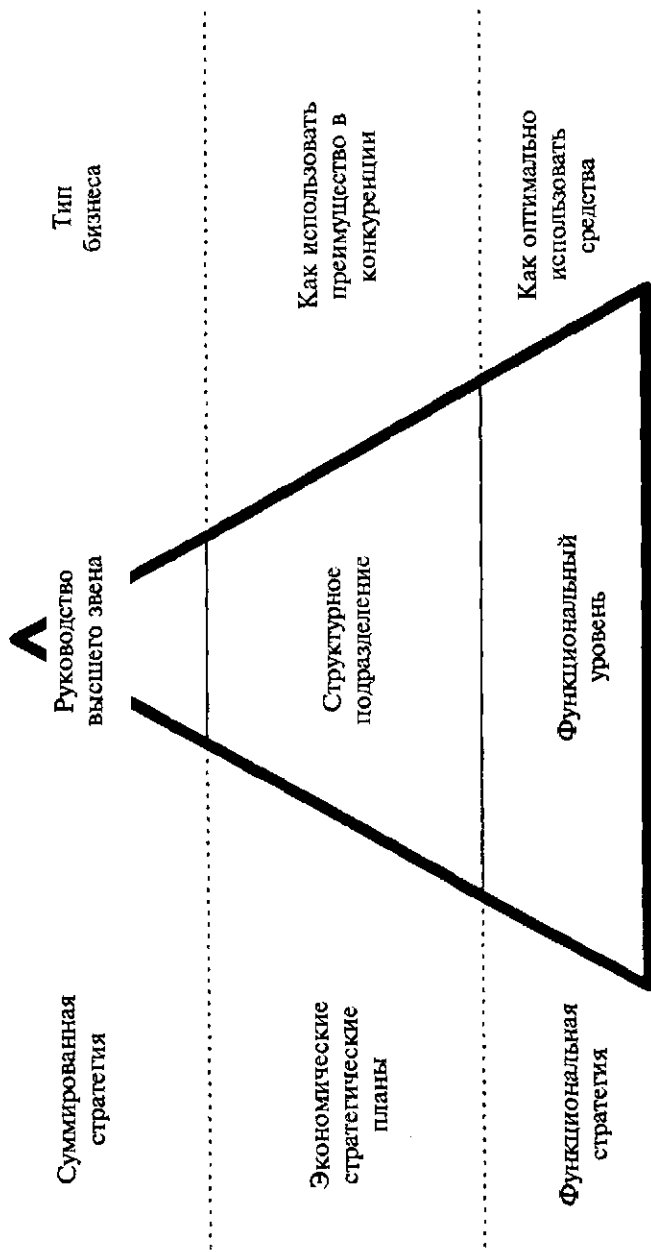


Рис. 2.1. Пирамида стратегий

Для формулирования стратегии необходимо, прежде всего, определить цель деятельности, оценить квалификацию персонала, возможности инвестиций, производственный потенциал и другие факторы, которые могут повлиять на реализацию стратегии. Цели фирмы отражают вполне конкретные показатели: продукция, ее объем и ассортимент, рентабельность и др.

Важно также провести анализ влияния внешних факторов на деятельность фирмы.

Большое значение имеет внутрифирменный анализ производственной и финансовой деятельности. Особенно следует обратить внимание на профессиональные знания и квалификацию персонала, его отношение к работе, текучесть; технологию производства продукции; состояние маркетинга. Внутрифирменный анализ позволит выявить сильные и слабые стороны самой фирмы.

Придание стратегии формы предполагает ее оформление в виде *программ, планов, бюджета*.

Оценка и контроль — завершающая фаза стратегического планирования. На этой стадии выявляются отклонения от намеченных целей и производится при необходимости корректировка стратегии.

Производственные фирмы могут использовать различные стратегии, что предполагает их определенную структуру (подразделение на участки по видам деятельности).

В современном менеджменте используют следующие типовые (видовые) стратегии:

- ♦ контроль над затратами;
- ♦ стратегия дифференциации;
- ♦ фокусирование.

Контроль над затратами базируется на снижении собственных издержек по сравнению с затратами конкурентов. Эта стратегия направлена на снижение затрат. Осуществляется обязательный контроль затрат, благодаря которому достигается высокая эффективность производства. При более низких затратах фирма стремится поддерживать высокий уровень прибыли, хотя цены ниже, чем у конкурентов. Кроме того, низкие цены могут быть барьером для появления новых конкурентов.

Стратегия дифференциации связана с определенной целевой установкой: весь рынок или большая его часть. Стратегия направлена на поставку на рынок товаров или услуг, по своим

качествам более привлекательных, чем у конкурентов. Дополнительные качества могут включать: имидж, обслуживание клиентов (например, высокий уровень сервисного обслуживания), качество. Дифференциация представляет собой долгосрочную стратегию по достижению уровня прибыли выше среднего по отрасли.

Фокусирование. Основная идея этой стратегии заключается в концентрации усилий на том, что лучше получается, т.е. не пытаться действовать на всех фронтах.

В центре любой стратегии находится клиент (потребитель). Поэтому стратегия учитывает цели фирмы с ориентацией на потребителя, схему распределения ресурсов. Ее разработка требует информации о конкурентах. Потребители могут предпочесть товары или услуги конкретной фирмы по следующим причинам: низкая цена товара или услуги; высокое качество; своевременное получение товара или услуги; отличительные свойства товара или услуги.

Стратегическое планирование связано с постоянным сбором и анализом информации.

Производственный менеджмент связан, прежде всего, с *функциональной стратегией*. Функциональная стратегия, или стратегия производственного процесса, направлена на поддержание стратегии фирмы путем решения задач, формируемых с учетом потребности клиента. Она связана с распределением и использованием ресурсов, необходимых для осуществления производственного процесса. Именно производственные службы могут сыграть решающую роль в реализации стратегии контроля затрат путем снижения расхода сырья и материалов, затрат труда, накладных расходов и других затрат, формирующих производственную себестоимость продукции.

Вместе с тем производственная стратегия строится с учетом общей стратегии фирмы и тесно связана со стратегиями других функциональных подразделений.

Производственная стратегия направлена на решение различных аспектов производственной деятельности и не может быть реализована без плана рекламы, который разрабатывается вместе с планом сбыта. При этом учитываются результаты исследований рынка и меры, принимаемые конкурентами.

План рекламных мероприятий включает:

- ♦ планы проведения текущих мероприятий (по рекламным средствам, по времени проведения отдельных мероприятий);
- ♦ планы участия в выставках и экспозициях;
- ♦ заключительный общий план рекламных мероприятий;
- ♦ отдельные планы проведения специальных рекламных кампаний.

Параллельно с планом рекламных мероприятий планируются меры по поддержанию имиджа (престижа) фирмы. Это позволяет сохранить, а затем и повысить уровень сбыта.

После разработки плана рекламы уточняется окончательный план сбыта. Как правило, сбыт планируется по месяцам и неделям. Годовой план сбыта влияет на план производства. Процесс производства протекает параллельно сбыту.

В современном менеджменте выделяют следующие группы решений: структурные решения, решения о процессах и решения о взаимосвязях. Структурные решения: вертикальная интеграция, производственные мощности, масштаб и ориентация производства.

Рассмотрим сущность структурных решений.

Вертикальная интеграция. Могут быть приняты решения об установлении определенной тесноты связей с партнерами (поставщиками, клиентами).

Производственные мощности. Решения о производственных мощностях имеют стратегический характер и касаются объемов и типов мощностей, которые необходимо иметь дополнительно или сократить в определенный период. Они могут возникать в ситуации роста, когда продукция пользуется спросом. Для удовлетворения спроса требуются дополнительные мощности. Однако на фирме может проходить изменение организационной структуры. В этом случае нередко сохраняются старые и избыточные мощности.

Более подробно о производственных мощностях сказано в разделе, посвященном производственной программе.

Масштаб и ориентация производства. Решения о масштабе и ориентации производства увязаны с решениями о производственных мощностях и включают вопросы: размер предприятия, место расположения, что будет производиться. Например, во многих странах с рыночной экономикой большое значение

придают небольшим предприятиям, расположенным в непосредственной близости от рынка. Такие предприятия широко распространены в Японии.

Ориентация производства связана с его специализацией (однородная или разнородная продукция). От этого зависят число различных производственных процессов, степень их сложности.

Следующими стадиями цикла производственного менеджмента являются определение условий, организация, исполнение.

2.2. Определение условий, организация, исполнение

После разработки плана начинается следующая фаза производственного менеджмента. Необходимо оценить условия выполнения плана и приступить к организации его выполнения. Прежде всего, нужно оценить внешние и внутренние факторы, которые могут оказать влияние на реализацию плана.

При определении условий реализации плана наибольшую важность приобретает исходная информация о положении на рынке. Это обусловлено тем, что в деятельности многих предприятий сфера продаж является узким местом. Предприятие должно реагировать на изменение ситуации на рынке.

При определении условий реализации плана полезно располагать следующей информацией:

1. Динамика численности населения с разбивкой по районам и возрастным группам. Эта информация важна при организации реализации товаров и услуг.

2. Потребление товаров и услуг на душу населения, что позволяет выявить тенденции в поведении потребителей.

3. Динамика доходов населения (клиентов). Эта информация важна для разработки стратегии производства и планирования затрат.

4. Динамика покупательной способности.

5. Динамика общего спроса на сопоставимые на рынке товары и услуги, что имеет значение для обоснования вероятного перехода на производство взаимозаменяемых товаров.

6. Динамика изменения производственных мощностей конкурентов или численности занятых в конкурентной области.

7. Информация по п. 4—6 позволяет выделить три группы товаров и услуг:

- ♦ товары и услуги с растущим спросом;
- ♦ нейтральные товары и услуги;
- ♦ товары и услуги с падающим спросом.

В зависимости от типа потребителей или групп клиентов создается структура организации. Предприятия, поставляющие свою продукцию разным группам потребителей, заинтересованы в такой организации работы, которая позволяет как можно полнее удовлетворить запросы всех групп клиентов. На основании сегментации рынка могут быть созданы соответствующие подразделения внутри организации.

Избранная форма организации может действовать в течение достаточно долгого времени. Однако у предприятия могут возникнуть задачи временного характера, связанные с реализацией плана. В таком случае создаются временные организационные структуры, которые называют *проектными организациями*. Эти структуры создаются для решения специфических задач внутри организации и нередко существуют достаточно автономно. Как правило, организация состоит из одной или нескольких групп сотрудников из различных подразделений предприятия (основной организации). Сотрудники, вошедшие в проектную организацию, на некоторое время освобождаются от основной работы и переходят в подчинение руководителя проекта. При создании временной структуры необходимо четко определить ее задачу, назначить руководителя проекта, установить сферу ответственности каждого исполнителя проекта. Примером проектной организации служит создание дилерской сети для продвижения товара к конечному пользователю.

Для реализации плана необходима обоснованная структура административных подразделений. Это обусловлено тем, что в каждой организации существуют задачи, связанные с созданием условий для работы, контролем.

Все административные задачи можно разделить на две большие группы:

- ♦ общее обеспечение производственного процесса, когда административные структуры не вмешиваются в его содержание (отдел внешних сношений и т.п.);

- ♦ административные структуры, непосредственно связанные с содержанием производственного процесса (плановый отдел, контроль качества и т.п.).

При создании административных подразделений нужно принимать во внимание следующие аспекты:

- ◆ Какие задачи будут входить в компетенцию административных служб?
- ◆ Как будут выполняться административные задачи (централизованно или каждое подразделение будет иметь свою административную службу)?
- ◆ Будут ли административные структуры влиять на производственный процесс, какие они получают полномочия?
- ◆ Каким образом административные расходы будут учитываться при определении производственных затрат?

При создании организационной структуры и определении ее функций нужно оценить ее эффективность для деятельности всей организации и выполнения плана.

В зарубежной практике менеджмента наблюдается тенденция изменений в структуре организаций. Эти изменения являются скорее правилом, чем исключением. Для создания эффективной организации необходимо постоянно изучать ситуацию за пределами фирмы и прогнозировать требования потребителей.

Важнейшей составляющей фазы «определение условий и организация» является оценка собственной конкурентной позиции на рынке. Оценка проводится с целью определения положения предприятия на отраслевом рынке, для привлечения средств инвесторов в перспективное производство и разработки программ выхода на новые рынки сбыта.

Любое предприятие существует благодаря своим потребителям. Быстро меняющиеся рынки требуют подвижной и гибкой организационной структуры, способной адекватно реагировать на всевозможные изменения.

Реализация стратегии предполагает четкую постановку задач перед исполнителями, определение ожидаемых результатов и контрольных сроков.

Заключительной фазой цикла производственного менеджмента является руководство (анализ, контроль, принятие решений).

2.3. Руководство

Руководство — такое поведение, при котором один человек реально влияет на деятельность других, обеспечивая движение к поставленной цели.

Современный менеджмент базируется на учете достижений теории и практики в области руководства. Различные теории детально изложены в зарубежной и отечественной литературе¹. Поэтому мы остановимся только на технике руководства, а также на некоторых приемах анализа и контроля.

Прежде всего, следует обратить внимание на постановку цели. Цели должны удовлетворять следующим требованиям:

- ♦ конкретность;
- ♦ обозримость;
- ♦ согласованность;
- ♦ реалистичность.

Руководитель и сотрудники вместе определяют цели организации или отдела и/или цели планируемой работы, определяют ответственность и ожидаемые результаты. Результаты используются для руководства отделом/подразделением, для оценки отклонений от намеченных целей и обоснования решений о корректировке целей.

Как правило, методы управления посредством цели предполагают наличие *обратной связи* между руководителем и подчиненными. Необходимо обращать *внимание на отношение к работе*, а не на личные качества. При условии сосредоточения на производственном аспекте деятельности сотрудники более открыты для обратной связи. Следует быть *конкретным и не обобщать, укреплять в сотрудниках веру в собственные силы и чувство собственного достоинства*.

Руководство любой деятельностью фирмы будет эффективным при условии рационального распределения времени руководителя и подчиненных. В этой связи следует напомнить принцип В. Парето и принцип Д. Эйзенхауэра, которые широко применяются в различных областях менеджмента.

Так, В. Парето считал, что на достижение желаемых результатов больше всего влияет концентрация на жизненно важных

¹ См., например, Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. — М.: Дело, 1992.; Герчикова И.Н. Менеджмент. — М.: ЮНИТИ, 1995.

проблемах. Он разработал правило 20/80: концентрация 20% времени на жизненно важных проблемах обеспечивает 80% успеха.

Принцип Д. Эйзенхауэра связан с распределением задач по их важности и срочности.

- ◆ А-задачи: важные и срочные; следует выполнять немедленно.
- ◆ В-задачи: важные, но не срочные; нужно установить сроки выполнения.
- ◆ С-задачи: менее важные, которые следует делегировать.

В практике менеджмента применяют следующие методы более рационального использования времени руководителя:

1. Тщательный анализ структуры затрат времени.
2. Распределение предстоящих задач по принципу ABC.
3. Формулировка долгосрочных целей.
4. Планирование времени.
5. Сокращение нерациональных затрат и потерь времени.

Отметим, что принципы Парето и Эйзенхауэра широко применяются в управлении запасами, управлении качеством и других задачах производственного менеджмента.

Выводы

- ◆ Составляющими цикла производственного менеджмента являются планирование, анализ, контроль. Без применения современных методов планирования, анализа и контроля не возможен эффективный менеджмент. Функционирование производственной системы представляет собой целенаправленный процесс, благодаря которому элементы превращаются в полезный результат.
- ◆ Четко сформулированная стратегия необычайно важна для эффективной работы предприятия, обеспечивает достижение поставленных целей, укрепление конкурентоспособности.

Планирование состоит из следующих этапов:

- ◆ формулировка целей;
- ◆ формулировка намерений;
- ◆ составление планов

- ◆ Контроль — сравнение запланированных и достигнутых результатов, выявление отклонений и их анализ, принятие решений.
- ◆ Планирование и контроль фигурируют только вместе.

Практикум к гл. 2

◆ Тесты

1. Верно ли утверждение, что цикл производственного менеджмента начинается с планирования?

а) да; б) нет.

Поясните вашу позицию.

2. Должны ли среднесрочные и оперативные планы подчиняться стратегическим целям?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

3. Вы согласны с утверждением, что в современном менеджменте стратегическое планирование занимает центральное место?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

4. Сколько уровней стратегического планирования выделено в менеджменте?

а) два; б) три; в) четыре.

5. Есть ли различия между стратегическими планами и функциональной стратегией?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

6. Какая из перечисленных ниже стратегий направлена на снижение затрат?

а) стратегия фокусирования;

б) стратегия дифференциации;

в) иная (поясните, какая).

7. Есть ли различия между стратегией дифференциации и фокусирования?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

8. Вы согласны с утверждением, что основная идея стратегии фокусирования — концентрация на том, что лучше получается?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

9. Может ли быть реализована производственная стратегия без плана рекламы?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

10. Окончательный план сбыта уточняется:

а) после разработки плана реализации;

б) до разработки плана реализации.

11. Должны ли быть увязаны структурные решения по вертикальной интеграции, производственным мощностям, масштабу и ориентации производства?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

12. Информация о динамике общего спроса на сопоставимые на рынке товары и услуги нужна для:

а) перехода на производство взаимозаменяемых товаров;

б) для планирования затрат.

13. Влияет ли на структуру организации тип потребителя?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

14. Есть ли различия между структурой организации и временными (проектными) структурами?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

15. Вы согласны с утверждением, что в структуру организации необходимо вносить изменения?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

16. Вы согласны с утверждением, что важнейшей составляющей фазы «определение условий и организация» является оценка собственной позиции на рынке?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

17. Применимы ли в производственном менеджменте классические теории в области руководства?

а) да; б) нет.

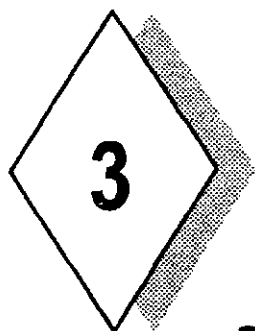
18. Если ответ на п. 17 положителен, приведите примеры использования различных теорий в области руководства в производственном менеджменте.

19. Существуют ли требования к формулировке цели?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

20. Должна ли быть обратная связь между руководителем и подчиненными?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.



Глава

Организация и управление производственным процессом

3.1. Понятие о производственном процессе. Основные принципы организации производственного процесса

Задача предприятия состоит в том, чтобы воспринять «на входе» факторы производства (затраты), переработать их и «на выходе» выдать продукцию (результат) (рис. 3.1). Такого рода трансформационный процесс обозначается как «производство». Его цель — в конечном итоге улучшить уже имеющееся, чтобы увеличить таким образом запас средств, пригодных для удовлетворения потребностей.

Производственный (трансформационный) процесс состоит в том, чтобы преобразовать затраты (вход) в результат (выход); при этом необходимо соблюдение ряда правил игры.

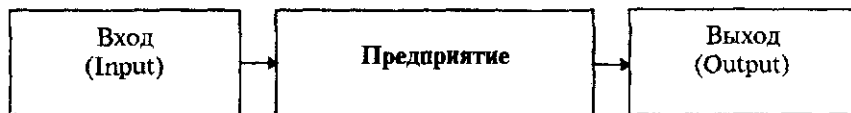


Рис. 3.1. Основная структура производственного трансформационного процесса

Между затратами на входе (input) и результатом на выходе (output), а также параллельно им на предприятии происходят многочисленные действия (решаются задачи), которые только в их единстве полностью описывают производственный транс-

формационный процесс (рис. 3.2). Рассмотрим здесь лишь коротко охарактеризованные частные задачи производственного трансформационного процесса.

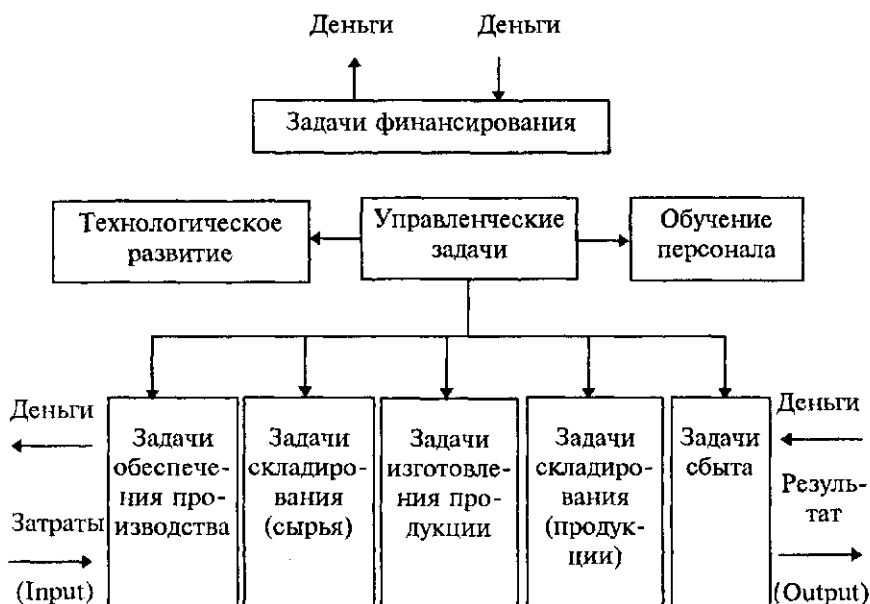


Рис. 3.2. Частные задачи производственного трансформационного процесса

Производственный трансформационный процесс состоит из частных задач обеспечения (снабжения), складирования (хранения), изготовления продукции, сбыта, финансирования, обучения персонала и внедрения новых технологий, а также управления.

К задаче снабжения предприятия относятся покупка или аренда (лизинг) средств производства, покупка сырья (для предприятий с материально-вещественной продукцией), прием на работу сотрудников.

К задаче складирования (хранения) относятся все производственные работы, которые возникают перед собственно процессом производства (изготовления) продукции в связи со складированием средств производства, сырья и материалов, а после него — со складированием и хранением готовой продукции.

В задаче изготовления продукции речь идет о производственных работах в рамках производственного процесса. На предприятиях, изготавливающих материально-вещественную продукцию, они в значительной степени определяются технологической составляющей. В частности, необходимо определить, когда, какая продукция, в каком месте, с использованием каких производственных факторов должна быть изготовлена (производственное планирование).

Задача сбыта продукции связана с исследованием рынка сбыта, воздействия на него (например, путем рекламы), а также с продажей или сдачей в аренду продукции предприятия.

Задача финансирования находится между сбытом и снабжением. Путем продажи продукции, или результата производственного процесса (Output) зарабатывают деньги, а при снабжении или обеспечении производства (Input) деньги тратят. Однако часто отток и приток денег неодинаковы (не покрывают друг друга). Так, крупные инвестиции могут не компенсироваться выручкой от продаж. Поэтому временный недостаток средств для уплаты по просроченным ссудам и излишек денежных средств, затраченных на предоставление кредитов (лизинга, аренды), относится к типичным задачам финансирования. Сюда же в рамках финансового менеджмента относят получение дохода (прибыли), как и вложение капиталов в другие предприятия через рынок капиталов.

Обучение персонала и внедрение новых технологий должны дать возможность сотрудникам постоянно повышать квалификацию, и они благодаря этому должны быть в состоянии внедрять и развивать новейшие технологии во всех сферах предприятия и особенно в области новой продукции и производственных технологий.

Задача управления (руководства) включает работы, которые охватывают подготовку и принятие руководящих решений с целью руководства и управления всеми другими производственными работами на предприятии. В связи с этим особое значение приобретает бухгалтерский учет на предприятии (включая годовой баланс, анализ издержек, производственную статистику, финансирование). Бухгалтерский учет должен полностью включать и оценивать все текущие документы, которые характеризуют производственный процесс.

Частные задачи производственного трансформационного процесса (Input — Output) и их связь с процессом создания стоимости могут рассматриваться как «стоимостная цепочка»,

которая связывает между собой звенья (поставщики и потребители), расположенные до и после непосредственно процесса изготовления продукции (производственного процесса).

Исходя из сказанного **производственный процесс можно определить как процесс воспроизводства материальных благ и производственных отношений.**

Как процесс воспроизводства материальных благ производственный процесс является совокупностью процессов труда и естественных процессов, необходимых для изготовления определенного вида продукции.

Основными элементами, определяющими процесс труда, а следовательно, и производственный процесс, являются целесообразная деятельность (или сам труд), предметы труда и средства труда.

❖ *Целесообразная деятельность (или сам труд)* осуществляется человеком, который затрачивает нервно-мышечную энергию для выполнения различных механических движений, наблюдения и контроля за воздействием орудий труда на предметы труда.

❖ *Предметы труда* определяются той продукцией, которая выпускается предприятием. Основной продукцией машиностроительных заводов являются различного рода изделия. Согласно ГОСТ 2.101–68* **изделием** называются *любой предмет или набор предметов труда, подлежащих изготовлению на предприятии.* В зависимости от назначения различают изделия основного производства и изделия вспомогательного производства.

К изделиям основного производства относятся изделия, предназначенные для товарной продукции. К изделиям вспомогательного производства следует относить изделия, предназначенные только для собственных нужд предприятия, изготовляющего их (например, инструмент собственного производства). Изделия, предназначенные для реализации, но одновременно используемые и для собственных нужд предприятия, следует относить к изделиям вспомогательного производства в той части, в которой они используются для собственных нужд.

Различают следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.

Кроме того, изделия делят на: *неспецифицированные* (детали), если они не имеют составных частей; *специфицированные* (сборочные единицы, комплексы, комплекты), если они состоят из двух и более составных частей. Составной частью может быть любое изделие (деталь, сборочная единица, комплекс и комплект).

Деталь — предмет, который не может быть разделен на части без разрушения его. Деталь может состоять из нескольких частей (предметов), приведенных в постоянное неделимое состояние каким-либо способом (например, сваркой).

Сборочная единица (узел) — разъемное или неразъемное соединение нескольких деталей.

Комплексы и комплекты могут состоять из соединенных между собой сборочных единиц и деталей,

Изделия характеризуются приводимыми ниже качественными и количественными параметрами.

1. *Конструктивная сложность*. Она зависит от числа входящих в изделие деталей и сборочных единиц; это число может колебаться от нескольких штук (простые изделия) до десятков тысяч (сложные изделия).

2. *Размеры и масса*. Размеры могут колебаться в пределах от нескольких миллиметров (или даже меньше) до нескольких десятков (даже сотен) метров (например, морские суда). Масса изделия зависит от размеров и соответственно может изменяться от граммов (миллиграммов) до десятков (и тысяч) тонн. С этих позиций все изделия делят на мелкие, средние и крупные. Границы их деления зависят от отрасли машиностроения (вида продукции).

3. *Виды, марки и типоразмеры применяемых материалов*. Число их достигает десятков (даже сотен) тысяч.

4. *Трудоемкость обработки* деталей и сборки сборочных единиц изделия в целом. Она может изменяться от долей нормоминуты до нескольких тысяч нормочасов. По этому признаку различают нетрудоемкие (малотрудоемкие) и трудоемкие изделия.

5. *Степень точности и шероховатость обработки* деталей и точности сборки сборочных единиц и изделий. В связи с этим изделия подразделяют на высокоточные, точные и низкоточные.

6. *Удельный вес* стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и сборочных единиц.

7. *Число* изготавливаемых изделий; оно может колебаться от единиц до миллионов в год.

Характеристики изделий во многом определяют организацию производственного процесса в пространстве и во времени. Так, от конструктивной сложности изделий зависят число обрабатывающих и сборочных цехов или участков и соотношение между ними.

Чем сложнее изделие, тем больший удельный вес занимают сборочные работы и сборочные участки и цехи в структуре предприятия. Размер, масса и количество изделий влияют на организацию их сборки, на создание того или иного вида точного производства, организацию транспортировки деталей, сборочных единиц и изделий по рабочим местам, участкам и цехам, во многом определяют вид движения по рабочим местам (операциям) и длительность производственного цикла.

Для крупных и тяжелых изделий применяют неподвижные поточные линии с периодическим движением конвейеров. Для их транспортировки используются подъемные краны и специальные транспортные средства. Движение их по операциям организуется в основном по параллельному виду. Длительность производственного цикла изготовления таких изделий большая, она измеряется иногда годами.

Иногда приходится в механических цехах организовывать участки крупных, мелких и средних деталей.

От вида и марки обрабатываемых материалов зависит необходимость сочетания тех или иных заготовительных и обрабатывающих участков или цехов.

При наличии большого числа заготовок из литья и поковок требуется создание литейных цехов (чугунолитейных, сталелитейных, цветного литья и других), кузнечных и прессовых (горячего и холодного прессования) цехов. При изготовлении многих заготовок из прокатного материала потребуются заготовительные участки или цехи. При механической обработке деталей из цветных металлов приходится, как правило, организовывать отдельные участки.

Степень точности и чистоты обработки и сборки влияет на состав оборудования и участков, их расположение.

Для обработки особо точных деталей и сборки сборочных единиц и изделий необходимо организовывать отдельные участки, так как при этом требуется создание особых санитарно-гигиенических условий.

От удельного веса стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и сборочных единиц зависит состав оборудования, участков и цехов.

Изготовление стандартных и нормализованных деталей, как правило, ведется на специальных участках или в специальных цехах. Для них организуется поточно-массовое производство.

Трудоемкость и число изготавливаемых изделий влияют на состав и количество оборудования, цехов и участков, их расположение, возможность организации поточного производства, длительность производственного цикла, величину незавершенного производства, себестоимость и другие экономические показатели работы предприятия. Изделия, которые не изготавливают на данном предприятии, а получают в готовом виде, относятся к покупным. Их называют *комплектующими изделиями*.

На каждом машиностроительном заводе обычно одновременно изготавливается несколько изделий, различных по конструкции и размерам. Перечень всех видов изделий, выпускаемых заводом, называется *номенклатурой*.

К *средствам труда* относятся орудия производства, земля, здания и сооружения, транспортные средства. В составе средств труда определяющая роль принадлежит оборудованию, особенно рабочим машинам.

На каждую единицу оборудования предприятием-изготовителем составляется паспорт, в котором указываются дата изготовления оборудования и полный перечень его технических характеристик (скорость обработки, мощность двигателей, допускаемые усилия, правила обслуживания и эксплуатации и др.).

Сочетание элементов процесса труда (труд определенной квалификации, орудия и предметы труда) и частичных производственных процессов (изготовление отдельных узлов готового продукта или выполнение определенной стадии процесса изготовления продукции) осуществляется по качественным и количественным признакам и ведется в нескольких направлениях. Различают поэлементный (функциональный), пространственный и временной разрезы организации производства.

Поэлементный разрез организации производства связан с упорядочением техники, технологии, предметов труда, орудий и самого труда в единый процесс производства. Организация производства предполагает внедрение наиболее производительных машин и оборудования, обеспечивающих высокий уровень механизации и автоматизации производственного процесса; использование высококачественных и эффективных материалов; совершенствование конструкций и моделей выпускаемых

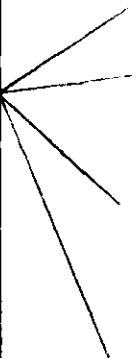
изделий; интенсификацию и внедрение более прогрессивных технологических режимов.

Основная задача поэлементной организации производства состоит в правильном и рациональном подборе состава оборудования, инструментов, материалов, заготовок и квалифицированного состава кадров, чтобы обеспечить полное их использование в процессе производства. Проблема взаимного соответствия элементов процесса производства особенно актуальна в сложных высокомеханизированных и автоматизированных процессах при динамичной номенклатуре производства.

Сочетание частичных производственных процессов обеспечивает *пространственная и временная организация производства*. Производственный процесс включает множество частичных процессов, направленных на изготовление готового продукта. Классификация производственных процессов показана на рис. 3.3.

Согласно роли в общем процессе изготовления готовой продукции выделяют следующие производственные процессы:

- ◆ *Основные*, направленные на изменение основных предметов труда и придание им свойств готовых продуктов; в этом случае частичный производственный процесс связан либо с реализацией какой-либо стадии обработки предмета труда, либо с изготовлением детали готового изделия.
- ◆ *Вспомогательные*, создающие условия для нормального хода основного процесса производства (изготовление инструмента для нужд своего производства, ремонт технологического оборудования и т.п.).
- ◆ *Обслуживающие*, предназначенные для перемещения (транспортные процессы), хранения в ожидании последующей обработки (складирование), контроля (контрольные операции), обеспечения материально-техническими и энергетическими ресурсами и т.п.
- ◆ *Управленческие*, связанные с разработкой и принятием решения, регулированием и координацией хода производства, контролем за точностью реализации программы, анализом и учетом проведенной работы; эти процессы часто переплетаются с ходом производственных процессов.



Формы воздействия
на предмет труда

Технологические			
Механические	Физико-химические	Сборочно-монтажные	Консервационные

Характер
выполняемых работ

Аналитический	Синтетический	Прямой
Непрерывный		Прерывный
Аппаратный		Открытый

Уровень
механизации

Ручные	Машинно-ручные	Машинные	Автоматизированные	Комплексно-автоматизированные
--------	----------------	----------	--------------------	-------------------------------

Масштабы
производства
однородной
продукции

Массовое	Серийное	Индивидуальное
----------	----------	----------------

Рис. 3.3. Классификация производственных процессов

Основные процессы в зависимости от стадии изготовления готового изделия делят на заготовительные, обрабатывающие, сборочно-отделочные. Заготовительные процессы, как правило, весьма разнообразны. Например, на машиностроительном заводе они включают раскрой металла, литейные, кузнечные и прессовые операции; на швейной фабрике — декатировку и раскрой ткани; на химическом комбинате — очистку сырья, доведение его до нужной концентрации и т.п. Продукция заготовительных процессов используется в разных обрабатывающих подразделениях. Обрабатывающие цехи представлены в машиностроении металлообрабатывающими; в швейной промышленности — пошивочными; в металлургии — доменными, прокатными; в химическом производстве — процессом крекинга, электролиза и т.п. Сборочно-отделочные процессы в машиностроении представлены сборкой и окраской; в текстильной промышленности — окрасочно-отделочными процессами; в швейной — отделкой и т.п.

Целью вспомогательных процессов является изготовление продукции, которая используется в основном процессе, но не входит в состав готового продукта. Например, изготовление инструмента для собственных нужд, производство энергии, пара, сжатого воздуха для своего производства; производство запасных частей для собственного оборудования и его ремонт и т.п. Состав и сложность вспомогательных процессов зависят от особенностей основных и состава материально-технической базы предприятия. Увеличение номенклатуры, разнообразие и усложнение готового продукта, повышение технической оснащенности производства вызывают необходимость расширения состава вспомогательных процессов: изготовления моделей и специальных приспособлений, развития энергетического хозяйства, увеличения объема работ ремонтного цеха.

Основными тенденциями организации обслуживающих процессов являются максимальное совмещение с основными процессами и повышение уровня их механизации и автоматизации. Такой подход позволяет проводить автоматический контроль в процессе основной обработки, непрерывное перемещение предметов труда по технологическому процессу, непрерывную автоматизированную передачу предметов труда к рабочим местам и т.п.

Особенностью современных орудий труда является органическое включение в их состав наряду с рабочим, двигательным

и передаточным управляющего механизма. Это характерно для автоматизированных поточных линий, станков с числовым программным управлением и т.п. Особенно органично в производственный процесс вписываются управленческие воздействия при внедрении автоматизированных систем управления технологическим процессом и использовании микропроцессорной техники. Повышение уровня автоматизации производства и, в частности, широкое использование робототехники приближает управленческие процессы непосредственно к производству, органически включает их в основной производственный процесс, повышая его гибкость и надежность.

По характеру воздействия на предмет труда выделяют процессы:

- ♦ технологические, в ходе которых происходит изменение предмета труда под воздействием живого труда;
- ♦ естественные, когда меняется физическое состояние предмета труда под влиянием сил природы (они представляют собой перерыв в процессе труда).

В современных условиях доля естественных процессов значительно сокращается, так как с целью интенсификации производства они последовательно переводятся в технологические.

Технологические производственные процессы классифицируются по методам превращения предметов труда в готовый продукт на: механические, химические, монтажно-демонтажные (сборочно-разборочные) и консервационные (смазка, покраска, упаковка и т.п.). Эта группировка служит базой для определения состава оборудования, методов обслуживания и пространный его планировки.

По формам взаимосвязи со смежными процессами различают:

- ♦ аналитические, когда в результате первичной обработки (расчленения) комплексного сырья (нефть, руда, молоко и т.п.) получают различные продукты, которые поступают в различные процессы последующей обработки;
- ♦ синтетические, осуществляющие соединение полуфабрикатов, поступивших из разных процессов, в единый продукт;
- ♦ прямые, создающие из одного вида материала один вид полуфабрикатов или готового продукта.

Преобладание того или иного вида процессов зависит от особенностей исходного сырья и готового продукта, т.е. от отраслевых особенностей производства. Аналитические процессы

типичны для нефтеперерабатывающей и химической промышленности, синтетические — для машиностроения, прямые — для простых малопередельных процессов производства (например, кирпичное производство).

По *степени непрерывности* различают:

- ♦ непрерывные;
- ♦ дискретные (прерывные) процессы.

По *характеру используемого оборудования* выделяют:

- ♦ *аппаратурные (замкнутые)* процессы, когда технологический процесс осуществляется в специальных агрегатах (аппаратах, ваннах, печах), а функция рабочего заключается в управлении и обслуживании их;
- ♦ *открытые (локальные)* процессы, когда рабочий осуществляет обработку предметов труда с помощью набора инструментов и механизмов.

По *уровню механизации* принято выделять:

- ♦ *ручные процессы*, выполняемые без применения машин, механизмов и механизированного инструмента;
- ♦ *машинно-ручные*, выполняемые с помощью машин и механизмов при обязательном участии рабочего, например обработка детали на универсальном токарном станке;
- ♦ *машинные*, осуществляемые на машинах, станках и механизмах при ограниченном участии рабочего;
- ♦ *автоматизированные*, осуществляемые на машинах-автоматах, где рабочий выполняет контроль и управление ходом производства;
- ♦ *комплексно-автоматизированные*, в которых наряду с автоматическим производством осуществляется автоматическое оперативное управление.

По *масштабам производства* однородной продукции различают процессы:

- ♦ *массовые* — при большом масштабе выпуска однородной продукции;
- ♦ *серийные* — при широкой номенклатуре постоянно повторяющихся видов продукции, когда за рабочими местами закрепляется несколько операций, выполняемых в определенной последовательности; часть работ может выполняться непрерывно, часть — в течение нескольких месяцев в году; состав процессов носит повторяющийся характер;

- ♦ индивидуальные — при постоянно меняющейся номенклатуре изделий, когда рабочие места загружаются различными операциями, выполняемыми без какого-либо определенного чередования; большая доля процессов носит уникальный характер, в этом случае процессы не повторяются.

Особое место в производственном процессе занимает опытное производство, где отрабатываются конструкция и технология изготовления новых, вновь осваиваемых изделий.

В условиях сложного динамичного современного производства практически невозможно найти предприятие с одним типом производства. Как правило, на одном и том же предприятии и особенно в объединении имеются цехи и участки массового производства, где выпускаются стандартные и унифицированные элементы изделий и полуфабрикаты, и серийные участки, на которых изготавливаются полуфабрикаты ограниченного применения. Вместе с тем все чаще возникает необходимость формирования участков индивидуального производства, где изготавливаются особые части изделия, отражающие его индивидуальные характеристики и требующие выполнения специального заказа. Таким образом, в рамках одного производственного звена имеют место все типы производства, что определяет особую сложность их сочетания в процессе организации.

Пространственная организация обеспечивает рациональное расчленение производства на частичные процессы и закрепление их за отдельными производственными звеньями, определение их взаимосвязи и расположения на территории предприятия. Наиболее полно эта работа проводится в процессе проектирования и обоснования организационных структур производственных звеньев, а кроме того по мере накопления изменений, происходящих в производстве. Большая работа по пространственной организации производства проводится при создании производственных объединений, расширении и реконструкции предприятий, переспециализации производства. Пространственная организация производства — это статическая сторона организационной работы.

Наиболее сложным является *временной разрез* организации производства. Он включает определение длительности производственного цикла изготовления изделия, последовательности

выполнения частичных производственных процессов, очередности запуска и выпуска различных видов изделий и т.д.

Принципы организации производства

Рациональная организация производства должна отвечать ряду требований, строиться на определенных принципах.

Пропорциональность в организации производства предполагает соответствие пропускной способности (относительной производительности в единицу времени) всех подразделений предприятия — цехов, участков, отдельных рабочих мест по выпуску готовой продукции. Степень пропорциональности производства σ может быть охарактеризована величиной отклонения пропускной способности (мощности) каждого передела от запланированного ритма выпуска продукции:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^m (h - h_2)}{m}},$$

где m — количество переделов или стадий изготовления продукта;

h — пропускная способность отдельных переделов;

h_2 — запланированный ритм выпуска продукции (объем производства по плану).

Пропорциональность производства исключает перегрузку одних участков, т.е. возникновение узких мест, и недоиспользование мощностей в других звеньях и является предпосылкой равномерной работы предприятия т.е. обеспечивает бесперебойный ход производства.

Базой соблюдения пропорциональности является правильное проектирование предприятия, оптимальное сочетание основных и вспомогательных производственных звеньев. Однако при современных темпах обновления производства, быстрой сменяемости номенклатуры производимой продукции и сложной кооперации производственных звеньев задача поддержания пропорциональности производства становится постоянной. С изменением производства меняются взаимоотношения между производственными звеньями, загрузка отдельных переделов. Перевооружение определенных подразделений производства изменяет установившиеся пропорции в производстве и требует повышения мощности смежных участков.

Одним из методов поддержания пропорциональности в производстве является оперативно-календарное планирование, которое позволяет разрабатывать задания для каждого производственного звена с учетом, с одной стороны, комплексного выпуска продукции, а с другой — наиболее полного использования возможностей производственного аппарата. В этом случае работа по поддержанию пропорциональности совпадает с планированием ритмичности производства.

Пропорциональность в производстве поддерживается также своевременной заменой орудий труда, повышением уровня механизации и автоматизации производства, путем изменений в технологии производства и т.д. Это требует системного подхода к решению вопросов реконструкции и технического переоснащения производства, планирования освоения и пуска новых производственных мощностей.

Усложнение продукции, использование полуавтоматического и автоматического оборудования, углубление разделения труда увеличивают число параллельно проводимых процессов по изготовлению одного продукта, органическое сочетание которых надо обеспечить, т.е. дополняет пропорциональность *принципом параллельности*. Под параллельностью понимается одновременное выполнение отдельных частей производственного процесса применительно к разным частям общей партии деталей. Чем шире фронт работ, тем меньше при прочих равных условиях длительность изготовления продукции. Параллельность реализуется на всех уровнях организации. На рабочем месте параллельность обеспечивается совершенствованием структуры технологической операции, и в первую очередь технологической концентрацией, сопровождающейся многоинструментальной либо многопредметной обработкой. Параллельность в выполнении основных и вспомогательных элементов операции заключается в совмещении времени машинной обработки со временем установки и съема деталей, контрольных промеров, загрузки и выгрузки аппарата с основным технологическим процессом и т.п. Параллельное выполнение основных процессов реализуется в многопредметной обработке деталей, одновременном выполнении сборочно-монтажных операций над одинаковыми или различными объектами.

Уровень параллельности производственного процесса может быть охарактеризован при помощи коэффициента параллельности K_{Π} , исчисляемого как соотношение длительности производственного цикла при параллельном движении предметов труда $T_{\text{пр.ц}}$ и фактической его длительности $T_{\text{ц}}$:

$$K_{\Pi} = \frac{\sum_1^n T_{\text{пр.ц}}}{\sum_1^n T_{\text{ц}}},$$

где n — количество переделов.

В условиях сложного многозвенного процесса изготовления продукции все большее значение приобретает *непрерывность производства*, что обеспечивает ускорение оборачиваемости средств. Повышение непрерывности — важнейшее направление интенсификации производства. На рабочем месте она достигается в процессе выполнения каждой операции путем сокращения вспомогательного времени (внутриоперационных перерывов), на участке и в цехе при передаче полуфабриката с одного рабочего места на другое (межоперационных перерывов) и на предприятии в целом, сведения перерывов до минимума в целях максимального ускорения оборачиваемости материально-энергетических ресурсов (межцехового пролеживания).

Непрерывность работ в пределах операции обеспечивается прежде всего совершенствованием орудий труда — введением автоматической переналадки, автоматизацией вспомогательных процессов, использованием специальной оснастки и приспособлений.

Сокращение межоперационных перерывов связано с выбором наиболее рациональных методов сочетания и согласования частичных процессов во времени. Одними из предпосылок сокращения межоперационных перерывов являются применение непрерывных транспортных средств, использование в процессе производства жестко взаимосвязанной системы машин и механизмов, применение роторных линий. Степень непрерывности производственного процесса может быть охарактеризована коэффициентом непрерывности $K_{\text{н}}$, исчисляемым как соотноше-

ние длительности технологической части производственного цикла $T_{ц.тех}$ и продолжительности полного производственного цикла $T_{ц}$:

$$K_{п} = \frac{\sum_1^m T_{ц.тех}}{\sum_1^m T_{ц}},$$

где m — общее количество переделов.

Непрерывность производства рассматривается в двух аспектах: непрерывного участия в процессе производства предметов труда — сырья и полуфабрикатов и непрерывной загрузки оборудования и рационального использования рабочего времени. Обеспечивая непрерывность движения предметов труда, одновременно необходимо свести к минимуму остановки оборудования для переналадки, в ожидании поступления материалов и т.п. Это требует повышения однообразия работ, выполняемых на каждом рабочем месте, а также использования быстро переналаживаемого оборудования (станков с программным управлением), копировальных станков и т.д.

Одной из предпосылок непрерывности производства является прямоточность в организации производственного процесса, которая представляет собой обеспечение кратчайшего пути прохождения изделием всех стадий и операций производственного процесса — от запуска в производство исходных материалов и до выхода готовой продукции. Прямоточность характеризуется коэффициентом $K_{пр}$, представляющим соотношение длительности транспортных операций $T_{тр}$ к общей продолжительности производственного цикла $T_{ц}$:

$$K_{пр} = 1 - \frac{\sum_1^j T_{тр}}{\sum_1^n T_{ц}},$$

где j — количество транспортных операций.

В соответствии с этим требованием взаимное расположение зданий и сооружений на территории предприятия, а также размещение в них основных цехов должны соответствовать требованиям производственного процесса. Поток материалов, полу-

фабрикатов и изделий должен быть поступательным и кратчайшим, без встречных и возвратных движений. Вспомогательные цехи и склады должны размещаться как можно ближе к обслуживаемым ими основным цехам.

Для обеспечения полного использования оборудования, материально-энергетических ресурсов и рабочего времени важное значение имеет ритмичность производства, являющаяся основополагающим принципом его организации.

Принцип ритмичности предполагает равномерный выпуск продукции и ритмичный ход производства. Уровень ритмичности может быть охарактеризован коэффициентом K_p , который определяется как сумма отрицательных отклонений достигнутого выпуска продукции от заданного плана

$$K_p = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n A}{\Pi},$$

где $\sum A$ — сумма ежедневно недоданной продукции;

n — длительность планового периода, дни;

Π — плановый выпуск продукции.

Равномерный выпуск продукции означает изготовление в равные промежутки времени одинакового или постепенно возрастающего количества продукции. Ритмичность производства выражается в повторении через равные промежутки времени частных производственных процессов на всех стадиях производства и осуществлении на каждом рабочем месте в равные промежутки времени одинакового объема работ, содержание которых в зависимости от метода организации рабочих мест может быть одинаковым или различным.

Ритмичность производства — одна из основных предпосылок рационального использования всех его элементов. При ритмичной работе обеспечиваются полная загрузка оборудования, нормальная его эксплуатация, улучшается использование материально-энергетических ресурсов, рабочего времени.

Обеспечение ритмичной работы является обязательным для всех подразделений производства — основных, обслуживающих и вспомогательных цехов, материально-технического снабжения. Неритмичная работа каждого звена приводит к нарушению нормального хода производства.

Порядок повторения производственного процесса определяется *производственными ритмами*. Необходимо различать ритм выпуска продукции (в конце процесса), операционные (промежуточные) ритмы, а также ритм запуска (в начале процесса). Ведущим является ритм выпуска продукции. Он может быть длительно устойчивым только при условии, если соблюдаются операционные ритмы на всех рабочих местах. Методы организации ритмичного производства зависят от особенностей специализации предприятия, характера изготавливаемой продукции и уровня организации производства. Ритмичность обеспечивается организацией работы во всех подразделениях предприятия, а также своевременной его подготовкой и комплексным обслуживанием.

Современный уровень научно-технического прогресса предполагает соблюдение гибкости организации производства. Традиционные принципы организации производства ориентированы на устойчивый характер производства — стабильную номенклатуру продукции, специальные виды оборудования и т.п. В условиях быстрого обновления номенклатуры продукции меняется технология производства. Между тем, быстрая смена оборудования, перестройка его планировки вызвали бы неоправданно высокие затраты, и это явилось бы тормозом технического прогресса. Невозможно также часто менять производственную структуру (пространственную организацию звеньев). Это выдвинуло новое требование к организации производства — гибкость. В поэлементном разрезе это означает прежде всего быструю переналаживаемость оборудования. Достижения микроэлектроники создали технику, способную к широкому диапазону использования и производящую в случае необходимости автоматическую самоподналадку.

Широкие возможности повышения гибкости организации производства дает использование типовых процессов выполнения отдельных стадий производства. Хорошо известно построение переменного-поточных линий, на которых без их перестройки может изготавливаться различная продукция. Так, сейчас на обувной фабрике на одной поточной линии изготавливаются различные модели женской обуви при однотипном методе крепления низа; на автосборочных конвейерных линиях без переналадки происходит сборка машин не только разной расцветки, но и модификации. Эффективно создание гибких автоматизированных производств, основанных на применении роботов и

микропроцессорной техники. Большие возможности в этом плане обеспечивает стандартизация полуфабрикатов. В таких условиях при переходе на выпуск новой продукции или освоении новых процессов нет необходимости перестраивать все частичные процессы и звенья производства.

Одним из важнейших принципов современной организации производства является ее **комплексность, сквозной характер**. Современные процессы изготовления продукции характеризуются сращиванием и переплетением основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, при этом вспомогательные и обслуживающие процессы занимают все большее место в общем производственном цикле. Это связано с известным отставанием механизации и автоматизации обслуживания производства по сравнению с оснащенностью основных производственных процессов. В этих условиях становится все более необходимой регламентация технологии и организации выполнения не только основных, но и вспомогательных и обслуживающих процессов производства.

3.2. Производственный цикл

Производственным циклом изготовления той или иной машины или ее отдельного узла (детали) называется *календарный период времени, в течение которого этот предмет труда проходит все стадии производственного процесса* — от первой производственной операции до сдачи (присмки) готового продукта включительно. Сокращение цикла дает возможность каждому производственному подразделению (цеху, участку) выполнить заданную программу с меньшим объемом незавершенного производства. Это значит, что предприятие получает возможность ускорить оборачиваемость оборотных средств, выполнить установленный план с меньшими затратами этих средств, высвободить часть оборотных средств.

Производственный цикл состоит из двух частей: из рабочего периода, т.е. периода, в течение которого предмет труда находится непосредственно в процессе изготовления, и из времени перерывов в этом процессе.

Рабочий период состоит из времени выполнения технологических и нетехнологических операций; к числу последних относятся все контрольные и транспортные операции с момента

выполнения первой производственной операции и до момента сдачи законченной продукции.

Структура производственного цикла (соотношение образующих его частей) в различных отраслях машиностроения и на разных предприятиях неодинакова. Она определяется характером производимой продукции, технологическим процессом, уровнем техники и организации производства. Однако несмотря на различия в структуре возможности сокращения длительности производственного цикла заложены как в сокращении рабочего времени, так и в сокращении времени перерывов. Опыт передовых предприятий показывает, что на каждой стадии производства и на каждом производственном участке могут быть обнаружены возможности дальнейшего сокращения длительности производственного цикла. Оно достигается проведением различных мероприятий как технического (конструкторского, технологического), так и организационного порядка.

Осуществление производственных процессов тесно связано с методами их выполнения. Различают три основных вида организации движения производственных процессов во времени.

1. Последовательный, характерный для единичной или партионной обработки или сборки изделий.
2. Параллельный, применяемый в условиях поточной обработки или сборки.
3. Параллельно-последовательный, используемый в условиях прямоточной обработки или сборки изделий.

При последовательном виде движения производственный заказ — одна деталь, или одна собираемая машина, или партия деталей 1 (серия машин 2) — в процессе их производства переходит на каждую последующую операцию процесса только после окончания обработки (сборки) всех деталей (машин) данной партии (серии) на предыдущей операции. В этом случае с операции на операцию транспортируется вся партия деталей одновременно. При этом каждая деталь партии машины (серии) пролеживает на каждой операции сначала в ожидании своей очереди обработки (сборки), а затем в ожидании окончания обработки (сборки) всех деталей машин данной партии (серии) по этой операции.

Партией деталей называется количество одноименных деталей, одновременно запускаемых в производство (обрабатываемых с одной наладки оборудования). Серией машин называ-

ется количество одинаковых машин, одновременно запускаемых в сборку.

На рис. 3.4 представлен график последовательного движения предметов труда по операциям. Время обработки при последовательном виде движения предметов труда $T_{\text{пос}}$ прямо пропорционально числу деталей в партии и времени обработки одной детали по всем операциям, т.е.

$$T_{\text{пос}} = E_t \cdot n,$$

где E_t — время обработки одной детали по всем операциям в мин;
 n — число деталей в партии.

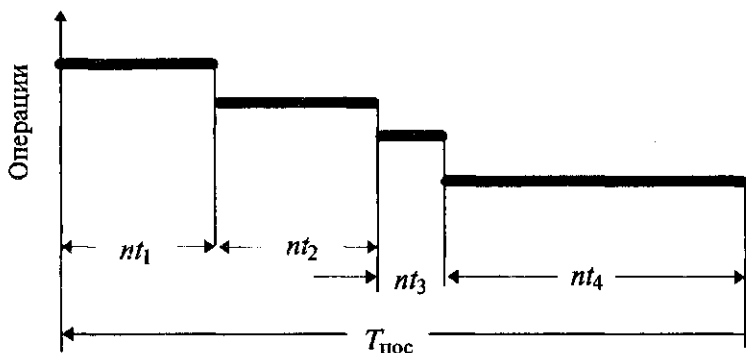


Рис. 3.4. График последовательного движения предметов труда

При параллельном виде движения обработка (сборка) каждой детали (машины) в партии (серии) на каждой последующей операции начинается немедленно после окончания предыдущей операции независимо от того, что обработка (сборка) других деталей (машин) в партии (серии) на данной операции еще не окончена. При такой организации движения предметов труда несколько единиц одной и той же партии (серии) могут одновременно находиться в обработке (сборке) на разных операциях. Общая продолжительность процесса обработки (сборки) партии деталей (серии машин) значительно уменьшается по сравнению с тем же процессом, выполняемым последовательно. В этом заключается существенное преимущество параллельного вида движения, позволяющего значительно сократить продолжительность производственного процесса.

Время обработки (сборки) партии деталей (серии машин) при параллельном виде движения $T_{\text{пар}}$ может быть определено по следующей формуле:

$$T_{\text{пар}} = E_t + (n - 1) \cdot r,$$

где r — такт выпуска, соответствующий в данном случае наиболее продолжительной операции, мин.

Однако при параллельном виде движения в процессе обработки (сборки) партии деталей (машин) на некоторых рабочих местах могут возникать простои людей и оборудования (рис. 3.5), продолжительность которых определяется разностью между тактом и длительностями отдельных операций процесса. Такие простои неизбежны в том случае, если операции, следующие одна за другой, не синхронизированы (не выровнены по их длительности), как это обычно делается на поточных линиях. Поэтому практическое применение параллельного вида движения предметов труда оказывается безусловно целесообразным и экономически выгодным при поточной организации производственного процесса.

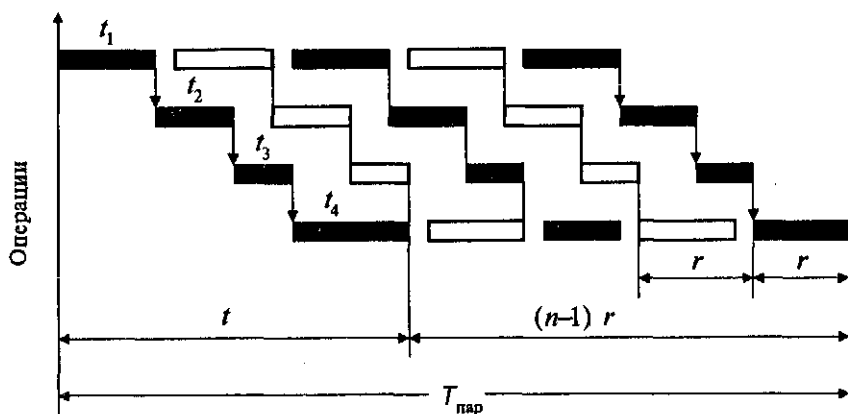


Рис. 3.5. График параллельного движения предметов труда

Необходимость выравнивания (синхронизации) длительности отдельных операций существенно ограничивает возможность широкого применения параллельного вида движения, что способствует применению третьего — параллельно-последовательного вида движения предметов труда.

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда характеризуется тем, что процесс обработки деталей (сборки машин) данной партии (серии) на каждой последующей операции начинается раньше, чем полностью заканчивается обработка всей партии деталей (сборки машин) на каждой предыдущей операции. Детали передаются с одной операции на другую частями, транспортными (передаточными) партиями. Накопление некоторого количества деталей на предыдущих операциях перед началом обработки партии на последующих операциях (производственный задел) позволяет избежать возникновения простоев.

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда позволяет значительно уменьшить продолжительность производственного процесса обработки (сборки) по сравнению с последовательным видом движения. Применение параллельно-последовательного вида движения экономически целесообразно в случаях изготовления трудоемких деталей, когда длительности операций процесса значительно колеблются, а также в случаях изготовления малотрудоемких деталей крупными партиями (например, нормалей мелких унифицированных деталей и т.д.).

При параллельно-последовательном виде движения предметов труда могут быть три случая сочетания длительности операций:

- 1) предыдущая и последующая операции имеют одинаковую длительность ($t_1 = t_2$);
- 2) длительность предыдущей операции t_2 больше длительности последующей t_3 , т.е. $t_2 > t_3$;
- 3) длительность предыдущей операции t_3 меньше длительности последующей t_4 , т.е. $t_3 < t_4$.

В первом случае передача деталей с операции на операцию может быть организована поштучно; из соображения удобства транспортировки может быть применена одновременная передача нескольких деталей (передаточной партией).

Во втором случае последующая, менее продолжительная операция может быть начата только после окончания обработки всех деталей на предыдущей операции, входящих в первую передаточную партию. На рис. 3.6 это имеет место при переходе от первой операции ко второй.

В третьем случае (на рис. 3.6 — переход от 3-й к 4-й операции) нет необходимости накапливать детали на предыдущей операции. Достаточно передать одну деталь на последующую операцию и начать ее обработку без всякого опасения возможности возникновения простоя. В этом случае, как и в первом, передаточная партия устанавливается только из транспортных соображений.

Момент начала работы на каждой следующей операции (рабочем месте) определяется по графику или путем расчета минимальных смещений c .

Минимальное смещение c_2 определяется разностью между длительностями предыдущей большей t_2 и последующей меньшей операциями t_3 , а именно:

$$c_2 = n \cdot t_2 - (n - n_{\text{тр}}) \cdot t_3,$$

где $n_{\text{тр}}$ — величина передаточной (транспортной) партии, которая для второго случая сочетания длительности операций определяется из соотношения c_1 / t_1 (c_1 — минимальное смещение первой операции), во всех остальных случаях — из условий удобства транспортировки.

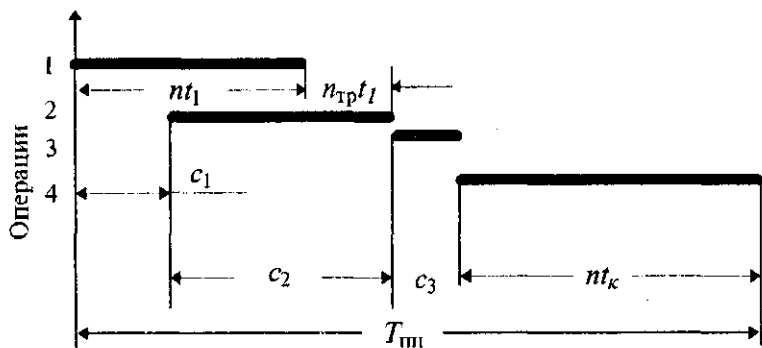


Рис. 3.6. График параллельно-последовательного движения предметов труда

Минимальное расчетное смещение включается в общую продолжительность производственного процесса T при сочетании длительности операции, относящейся ко второму случаю. В первом и третьем случаях минимальное смещение устанавливается равным времени, необходимому для формирования передаточной партии.

Определяя общую продолжительность производственного процесса при параллельно-последовательном виде движения предметов труда, следует учитывать расчетную величину смещения E_c :

$$T_{\text{шт}} = E_c + n \cdot t_k,$$

где t_k — длительность последней (конечной) операции в данном производственном процессе.

Пример. Определить общую продолжительность процесса обработки партии деталей при различных видах движения, если число деталей в партии $n = 40$, а время обработки одной детали (в мин) по операциям составляет: $t_1 = 1,5$; $t_2 = 1,5$; $t_3 = 0,5$; $t_4 = 2,5$; такт выпуска $r = 2,5$ мин.

А. В условиях последовательного вида движения деталей $T_{\text{пос}}$

$$E_t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 1,5 + 1,5 + 0,5 + 2,5 = 6,0;$$

$$T_{\text{пос}} = E_t \cdot n = 6,0 \cdot 40 = 240 \text{ мин} = 4 \text{ ч.}$$

Б. В условиях параллельного вида движения деталей $T_{\text{пар}}$

$$\begin{aligned} T_{\text{пар}} &= E_t + r \cdot (n - 1) = \\ &= 6,0 + 2,5 \cdot (40 - 1) = 103,5 \text{ мин, или } 1,725 \text{ ч.} \end{aligned}$$

В. В условиях параллельно-последовательного вида движения деталей $T_{\text{шт}}$

$$T_{\text{шт}} = E_c + n \cdot t = 65 + 40 \cdot 2,5 = 165 \text{ мин} = 2,7 \text{ ч.}$$

Сначала следует определить величину E_c . Принимая размер передаточной партии, удобной для транспортировки $n_{\text{тр}} = 10$ шт., можно найти минимальные смещения по операциям:

$$c_1 = n_{\text{тр}} \cdot t_1 = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ мин};$$

$$\begin{aligned} c_2 &= n \cdot t_2 - (n - n_{\text{тр}}) \cdot t_3 = \\ &= 40 \times 1,5 - (40 - 10) \cdot 0,5 = 45 \text{ мин}; \end{aligned}$$

$$c_3 = n_{\text{тр}} \cdot t_3 = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ мин.}$$

Для определения суммы смещений E_c необходимо знать число транспортных партий при передаче деталей со второй на третью операцию, которое будет равно

$$k = c_2 / (n_{\text{тр}} \cdot t_2) = 45 / (1,5 \cdot 10) = 3;$$

тогда сумма смещений составит величину

$$E_c = 15 + 45 + 5 = 65 \text{ мин.}$$

Таким образом, применение параллельного и параллельно-последовательного видов движения предметов труда дает воз-

возможность сократить продолжительность производственного процесса, или, иначе, уменьшить производственный цикл изготовления предмета труда.

Мероприятия организационного порядка направлены на улучшение обслуживания рабочих мест инструментом, заготовками, улучшение работы контрольного аппарата, внутрицехового транспорта, складского хозяйства и т.д. Перестройка производственной структуры завода, цеха, например организация предметно-замкнутых производственных участков, способствующая уменьшению времени перерывов в производственном процессе за счет уменьшения времени межоперационного простоя и транспортировки, приводит к сокращению длительности производственного цикла; особенно значительный экономический эффект дает внедрение поточных форм организации производственного процесса.

Сокращение длительности производственного цикла представляет собой одну из наиболее важных задач организации производства на предприятии, от надлежащего решения которой в большой мере зависит его эффективная, рентабельная работа.

3.3. Типы производства

Тип производства — комплексная характеристика технических, организационных и экономических особенностей машиностроительного производства, обусловленная его специализацией, объемом и постоянством номенклатуры изделий, а также формой движения изделий по рабочим местам.

Уровень специализации рабочих мест выражается рядом показателей, характеризующих конструктивно-технологические и организационно-плановые особенности продукции и производства. К таким показателям относятся удельный вес специализированных рабочих мест в подразделении; число закрепленных за ними наименований деталяеопераций; среднее число операций, выполняемых на рабочем месте за определенный период времени. Среди этих показателей последний наиболее полно характеризует организационные и экономические особенности, соответствующие конкретному типу производства, уровню специализации рабочих мест. Этот уровень определяется коэффициентом закрепления операций $K_{з.о}$

Коэффициент $K_{3.0}$ показывает отношение числа различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочих мест. Так как $K_{3.0}$ отражает частоту смены различных операций и связанную с этим периодичность обслуживания рабочего различными информационными и вещественными элементами производства, то оценивается применительно к явочному числу рабочих подразделений за смену:

$$K_{3.0} = \frac{m}{h},$$

где m — суммарное число различных операций, выполняемых за планируемый период;

h — явочное число рабочих подразделения, выполняющих эти операции.

При внешней неясности показатель $K_{3.0}$ объединяет в себе значительное число факторов, определяющих степень стабильности производственных условий на рабочих местах. Все параметры, влияющие на $K_{3.0}$, условно можно объединить в три группы: первая группа — параметры конструктивно-технологического порядка, определяющие основу производственного процесса; вторая — объемные параметры, характеризующие статику производственного процесса; третья — календарные параметры, определяющие динамику производственного процесса.

К первой группе относятся такие параметры, как: коэффициент подготовительно-заключительного времени, число операций, нормы времени операций, число наименований изделий.

Ко второй группе параметров относятся: явочное число основных рабочих, фонд времени рабочего, программа выпуска, коэффициент выполнения норм времени, число рабочих мест.

Третья группа включает следующие параметры: размер и ритм партии изделий, ритм выпуска изделия, коэффициент межоперационного времени, длительность производственного цикла партии изделий.

Серией простейших подстановок, замен и преобразований можно связать эти параметры с $K_{3.0}$.

Коэффициент $K_{3.0}$ показывает в среднем по участку частоту смены технологических операций. Следовательно, изменение $K_{3.0}$ влияет на специализированные навыки рабочих, трудоем-

кость обработки и оплату труда рабочих участка, затраты на переналадки и периодичность в обслуживании со стороны мастера, планировщика, наладчика, а также на оплату рабочих в ожидании обслуживания, т.е. на себестоимость выпускаемой продукции.

Коэффициент $K_{3,0}$ характеризует среднее время выполнения одной операции или совокупности схожих операций при групповой технологии. Следовательно, он связан с размером партии изделий, которая изготавливается непрерывно на каждой операции. Изменение размера партии, в свою очередь, сказывается на длительности производственного цикла и величине незавершенного производства. Наличие как увеличивающихся, так и уменьшающихся затрат при однонаправленном изменении $K_{3,0}$ свидетельствует о необходимости поиска оптимальной величины $K_{3,0}$.

Номенклатура изготавливаемых на рабочих местах изделий может быть постоянной и переменной. К постоянной номенклатуре относятся изделия, изготовление которых продолжается сравнительно долгое время, т.е. год и более. При постоянной номенклатуре изготовление и выпуск изделий могут быть непрерывными и периодическими, повторяющимися через определенные промежутки времени. При переменной номенклатуре изготовление и выпуск изделий повторяются через неопределенные промежутки.

По степени специализации, величине и постоянству номенклатуры изготавливаемых изделий все рабочие места делятся на следующие группы.

1. Рабочие места массового производства, специализированные на выполнение одной непрерывной повторяющейся операции.
2. Рабочие места серийного производства, на которых выполняется несколько различных операций, повторяющихся через определенные промежутки времени.
3. Рабочие места единичного производства, на которых выполняется большое число различных операций, повторяющихся через неопределенные промежутки времени или вовсе не повторяющихся.

В зависимости от значения $K_{3,0}$ рабочие места серийного производства подразделяются на крупно-, средне- и мелкосерийные:

- ♦ при $1 \leq K_{3.0} < 10$ рабочие места относятся к крупносерийному производству;
- ♦ при $10 \leq K_{3.0} < 20$ рабочие места соответствуют среднесерийному производству;
- ♦ при $20 \leq K_{3.0} \leq 40$ — мелкосерийному производству.

Тип производства определяется по преобладающей группе рабочих мест.

Массовый тип производства характеризуется непрерывным изготовлением ограниченной номенклатуры изделий на узкоспециализированных рабочих местах.

Серийный тип производства обуславливается изготовлением ограниченной номенклатуры изделий партиями (сериями), повторяющимися через определенные промежутки времени на рабочих местах с широкой специализацией. Серийный тип производства подразделяется также на крупно-, средне- и мелкосерийный в зависимости от преобладающей группы рабочих мест.

Единичный тип производства характеризуется изготовлением широкой номенклатуры изделий в единичных количествах, повторяющихся через неопределенные промежутки времени или вовсе не повторяющихся, на рабочих местах, не имеющих определенной специализации.

Крупносерийный тип производства приближается по своей характеристике к массовому, а мелкосерийный — к единичному типу производства.

Движение деталей (изделий) по рабочим местам (операциям) может быть: во времени — непрерывным и прерывным; в пространстве — прямоочным и непрямоточным. Если рабочие места расположены в порядке последовательности выполняемых операций, т.е. по ходу технологического процесса обработки деталей (или изделий), то это соответствует прямоочному движению, и наоборот.

Производство, в котором движение изделий по рабочим местам осуществляется с высокой степенью непрерывности и прямоочности, называется поточным.

В связи с этим в зависимости еще от формы движения изделий по рабочим местам массовый и серийный типы производства могут быть поточными и непоточными, т.е. может быть массовый, массово-поточный, серийный и серийно-поточный тип производства. В единичном типе производства осуществить непрерывность и прямоочность прохождения всех изделий,

изготавливаемых на группе рабочих мест, как правило, трудно, и потому единичный тип производства не может быть поточным.

По преобладающему типу производства определяется и тип участка, цеха и завода в целом.

На заводах массового производства преобладающим является массовый тип производства, но могут быть и другие типы производства. На таких заводах сборка изделий осуществляется по массовому типу, обработка деталей в механических цехах — по массовому и частично серийному, а изготовление заготовок — по массовому и серийному (в основном крупносерийному) типам производства. Заводами массового производства являются, например, автомобильные, тракторные, шарикоподшипниковые и другие заводы.

На заводах, где преобладает серийный тип производства, сборка изделий может осуществляться по массовому и серийному типам производства в зависимости от трудоемкости сборки и от количества выпускаемых изделий. Обработка деталей и изготовление заготовок осуществляются по серийному типу производства.

Для заводов единичного производства характерно преобладание единичного типа производства. Серийный, а иногда даже массовый тип производства встречаются при изготовлении стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и сборочных единиц. Этому способствует также типизация технологических процессов и внедрение групповых методов обработки.

По мере повышения степени специализации рабочих мест, непрерывности и прямоочности движения изделий по рабочим местам, т.е. при переходе от единичного к серийному и от серийного к массовому типам производства, увеличивается возможность применения специального оборудования и технологического оснащения, более производительных технологических процессов, передовых методов организации труда, механизации и автоматизации производственных процессов. Все это приводит к повышению производительности труда и снижению себестоимости продукции.

Основными факторами, способствующими переходу к серийному и массовому типам производства, являются повышение уровня специализации и кооперирования в машиностроении, широкое внедрение стандартизации, нормализации и унификации изделий, а также унификация технологических процессов.

Характеристики различных типов производства

Характерной особенностью *массового производства* является изготовление однотипной продукции в больших объемах в течение длительного времени. Так, автомобили, тракторы изготавливаются миллионами штук в год, сельскохозяйственные машины — десятками тысяч и т.д. Изготовление таких изделий обычно осуществляется на специализированных заводах или в специализированных цехах, относящихся к массовому производству.

Важнейшей особенностью массового производства является ограничение номенклатуры выпускаемых изделий. Завод или цех выпускают одно-два наименования изделий. Это создает экономическую целесообразность широкого применения в конструкциях изделий унифицированных и взаимозаменяемых элементов.

Смена изделий в массовом производстве происходит не часто и сопровождается, как правило, реконструкцией предприятия или цеха.

Большие объемы выпуска и высокая стабильность конструкции обуславливают экономическую выгоду тщательной разработки технологических процессов. Операции технологического процесса дифференцируются до отдельных переходов и выполняются на специальном оборудовании при помощи специальной оснастки.

Значительные объемы выпуска и дифференциации технологических процессов позволяют использовать высокопроизводительное оборудование (автоматы, агрегатные станки, автоматические линии).

Вместо универсальной оснастки используется специальная. Дифференцированный технологический процесс позволяет узко специализировать рабочие места посредством закрепления за каждым из них ограниченного числа детапеопераций.

Тщательная разработка технологического процесса, применение специальных станков и оснастки позволяют использовать труд узкоспециализированных рабочих-операторов. Вместе с тем широко используется труд высококвалифицированных рабочих-наладчиков. Резко сокращается объем всякого рода ручных работ, совершенно исключаются доводочные и пригоночные работы.

При любом изменении конструкции изделия, технологических процессов, систем планирования, учета и других сторон организационно-технической деятельности предприятия требу-

ются большие затраты средств и времени и могут возникнуть перерывы в выпуске продукции предприятия в целом. В связи с этим возникнет необходимость большой централизации всех функций управления. Стандартные планы разрабатываются заводским плановым органом, технологические процессы — отделом главного технолога и т.д.

Из всех типов производства поточно-массовое производство является наиболее эффективным.

Серийное производство — наиболее распространенный тип производства. На машиностроительных предприятиях серийного типа изготавливается достаточно большая номенклатура изделий, хотя и более ограниченная, чем в единичном производстве. Часть изделий являются родственными по конструктивно-технологическим признакам.

Другим признаком серийного производства является повторяемость выпуска изделий. Это позволяет организовать выпуск продукции более или менее ритмично.

Выпуск изделий в больших или относительно больших количествах позволяет проводить значительную унификацию выпускаемых изделий и технологических процессов, изготавливать стандартные или нормализованные детали, входящие в конструктивные ряды, большими партиями, что уменьшает их себестоимость.

Относительно большие размеры программ выпуска однотипных изделий, стабильность конструкции, унификация деталей позволяют использовать для их изготовления наряду с универсальным специальное высокопроизводительное оборудование и специальную оснастку.

Поскольку в серийном производстве выпуск изделий повторяется, экономически целесообразно разрабатывать технологические процессы обработки и сборки детально; представлять каждую операцию в виде переходов; устанавливать режимы обработки, точные названия станков и специальной оснастки и технические нормы времени.

Организация труда в серийном производстве отличается высокой специализацией. За каждым рабочим местом закрепляется выполнение нескольких определенных деталей операций. Это позволяет рабочему хорошо освоить инструмент, приспособления и весь процесс обработки, приобрести навыки и усовершенствовать приемы обработки.

Так как в серийном производстве применяется большое количество сложного оборудования и специальной оснастки, наладка оборудования осуществляется специальными рабочими-наладчиками.

Особенности серийного производства обуславливают экономическую целесообразность выпуска продукции по циклически повторяющемуся графику. При этом возникают необходимые условия для установления строгого порядка чередования изделий в цехах, на производственных участках и рабочих местах.

Основные особенности *единичного производства* заключаются в следующем. Программа завода состоит обычно из большой номенклатуры изделий различного назначения, выпуск каждого изделия запланирован в ограниченных количествах. Номенклатура продукции в программе завода неустойчива. Неустойчивость номенклатуры, ее разнотипность, ограниченность выпуска приводят к ограничению возможностей использования стандартизованных конструктивно-технологических решений. В этом случае велик удельный вес оригинальных и весьма мал удельный вес унифицированных деталей.

Технологические процессы обработки деталей и сборки машин разрабатываются укрупненно. Это объясняется тем, что выполняемые заказы обычно не повторяются, поэтому затраты на детальную разработку технологических процессов экономически не оправданы. Исходя из этих же соображений обычно стремятся сократить количество специальной оснастки, используя универсальные приспособления и универсальный режущий инструмент. В единичном производстве широко применяются универсально-сборные приспособления (УСП), которые собирают из нормализованных элементов, а после использования расчлениают на элементарные детали. Многократное использование элементов УСП экономически эффективно.

Отсутствие специальной оснастки делает невозможным или экономически невыгодным обеспечение требуемой точности размеров некоторых деталей, что, естественно, увеличивает число подгоночных работ в процессе сборки, зачастую выполняемых вручную.

Технологические процессы разрабатываются укрупненно по всей операции в целом. Детализация технологических операций осуществляется непосредственно в цехах мастерами и квалифицированными рабочими.

Так как в единичном производстве используется весьма разнообразная и часто меняющаяся номенклатура машин, в нем широко применяется универсальное оборудование, позволяющее обрабатывать широкий перечень деталей, а специальные станки, полуавтоматы и автоматы используются весьма редко.

Применение универсального оборудования и оснастки требует использования в единичном производстве труда высококвалифицированных рабочих. Они должны обладать широким кругом разнообразных навыков, уметь настраивать станок.

Для устранения разнообразия работ за отдельными рабочими местами закрепляют определенный вид работ. Ограничение видов работ дает хорошие результаты, так как оно позволяет повысить производительность труда рабочих и качество продукции.

Выполнение работ на универсальном оборудовании без специальной оснастки, большая доля ручных работ (в том числе доводочных) вызывают значительное удлинение производственного цикла.

В связи с тем, что технологические процессы детализируются и уточняются непосредственно в цехах и централизованное планирование большой номенклатуры затруднено, значительная часть технологического и планового руководства из аппарата заводоуправления переносится в цехи-изготовители.

Цехи заводов единичного производства обычно состоят из участков, организованных по технологическому принципу.

Значительная трудоемкость продукции, высокая квалификация привлекаемых для выполнения операций рабочих, повышенные затраты материалов, связанные с большими допусками, обуславливают высокую себестоимость выпускаемых изделий. В себестоимости продукции значительный удельный вес имеет заработная плата, составляющая нередко 20—25% от полной себестоимости.

Организационно-технические особенности отдельных типов производства существенным образом сказываются на экономике предприятий. Например, съем чугунных отливок с 1 м² производственной площади литейных цехов в серийном производстве в два-три раза, а в массовом — в четыре-пять раз больше, чем в единичном. Чем больше объем производства изделий, чем ближе предприятие к массовому типу производства, тем меньше затраты живого труда, тем больше удельный вес расходов по содержанию оборудования.

Таблица 3.1. Характеристика типов производства

Фактор	Единичное	Серийное	Массовое
Номенклатура	Неограниченная	Ограничена сериями	Одно или несколько изделий
Повторяемость выпуска	Не повторяется	Периодически повторяется	Постоянно повторяется
Применяемое оборудование	Универсальное	Универсальное, частично специальное	В основном специальное
Расположение оборудования	Групповое	Групповое и цепное	Цепное
Разработка технологического процесса	У крупный метод (на изделие, на узел)	Подетальная	Подетально-пооперационная
Применяемый инструмент	Универсальный, в незначительной степени специальный	Универсальный и специальный	Преимущественно специальный
Закрепление деталей и операций за станками	Специально не закреплены	Определенные детали и операции закреплены за станками	На каждом станке выполняются одна и та же операция над одной деталью
Квалификация рабочих	Высокая	Средняя	В основном невысокая, но имеются рабочие высокой квалификации (наладчики, инструментальщики)
Взаимозаменяемость	Пригонка	Неполная	Полная
Себестоимость единицы продукции	Высокая	Средняя	Низкая

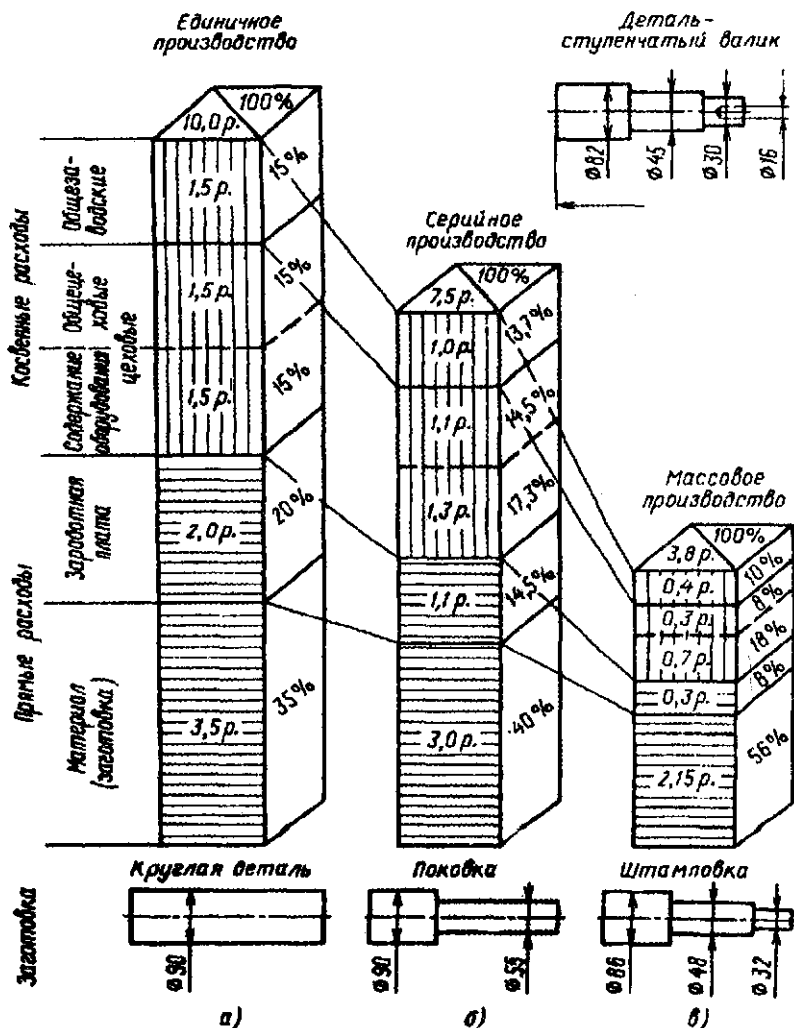


Рис. 3.7. Структура себестоимости в различных типах производства

Тип производства оказывает решающее влияние на особенности его организации, управления и экономические показатели (табл. 3.1). Организационно-технические особенности типов производства влияют на экономические показатели предприятия, на эффективность его деятельности. С повышением технической вооруженности труда и ростом объема выпуска продукции при переходе от единичного к серийному и массовому типам производства уменьшается доля живого труда и возрастают расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией оборудования. Это ведет к снижению себестоимости продукции и изменению ее структуры (рис. 3.7). Такое различие себестоимости изделия в различных типах организации производства определяется сложным взаимодействием разнообразных факторов: концентрацией производства одинаковых деталей (изделий), повышением технологичности конструкций и внедрением прогрессивных типовых технологических процессов, применением производительного оборудования, внедрением совершенных форм организации производственных процессов — непрерывно-поточных механизированных и автоматических поточных линий, лучшей организацией труда и управления производством. Эти процессы на предприятиях осуществляются непрерывно, что создает предпосылки для перехода от единичного к серийному и массовому типам производства.

3.4. Влияние типа производства на организационную структуру управления

Машиностроительные предприятия отличаются друг от друга не только размерами занимаемой ими территории, зданиями и сооружениями, располагаемым оборудованием и масштабом производства, но также и степенью специализации предприятия на изготовлении определенной продукции в заданных планом номенклатуре и количестве. Чем больше ограничена номенклатура выпускаемых заводом изделий, тем выше уровень специализации предприятия.

Увеличение масштаба производства, характеризуемое количеством выпускаемых изделий, при уменьшении числа номенклатурных названий продукции еще более способствует специализации машиностроительных предприятий. При этом чем вы-

ше подобие изделий, относящихся к различным номенклатурным названиям, чем однороднее изделия по применяемым материалам, сложности и требуемой точности их изготовления, тем выше может быть достигнутый уровень специализации производства. Масштаб производства для целей организации определяется также количеством производственных рабочих. Чем больше количество производственных рабочих, тем больше масштаб производства.

Машиностроительное предприятие представляет собой комплекс различных связанных между собой цехов и хозяйств. Все цехи и хозяйства, входящие в состав машиностроительного предприятия, могут быть разделены на цехи основного производства, вспомогательные цехи и обслуживающие хозяйства.

К *цехам основного производства*, изготавливающим основную продукцию предприятия, относятся следующие цехи:

- ♦ заготовительные (литейные, кузнечно-прессовые, кузнечно-штамповочные и т.п.);
- ♦ обрабатывающие (механические, термические, цехи металлопокрытий, окрасочные и т.п.);
- ♦ сборочные (узловой и общей сборки с испытательной станцией, сварочно-сборочное).

К *вспомогательным* относятся инструментальные, ремонтные, модельные и другие цехи, задачами которых являются обеспечение основного производства инструментом, технологической оснасткой, а также осуществление ремонта оборудования, зданий и сооружений.

Обслуживающие хозяйства завода (складское, транспортное, энергетическое и т.п.) служат для обеспечения соответствующих нужд основных и вспомогательных цехов.

Состав цехов и обслуживающих хозяйств завода, а также форма сочетания их деятельности определяют производственную структуру предприятия, которая должна обеспечить (с учетом характерных особенностей производства) установление рациональных производственных связей и пропорций между отдельными подразделениями — цехами, производственными участками и рабочими местами основного производства, правильное соотношение между потребностями основных цехов и возможностями вспомогательных цехов и обслуживающих хозяйств.

Основной структурной единицей предприятия является *цех*. Цехом называется часть предприятия, располагающая админи-

стративной самостоятельностью, организуемая на основе технологической (например, литейный, кузнечный, механический цехи) или предметной (например, цех шасси, коробки скоростей, инструментальный цех) обособленности какой-либо части общего производственного процесса изготовления всей продукции предприятия или образующих ее частей, а также обеспечивающая какие-либо нужды предприятия (ремонтный, инструментальный, модельный цехи).

Производственная структура предприятия отражает характер разделения труда между отдельными цехами (т.е. характер их производственно-технологической или предметной специализации) и определяет степень взаимной связи различных цехов и других подразделений предприятия между собой, т.е. определяет формы и методы внутризаводской кооперации.

Производственная структура машиностроительных предприятий отличается значительным разнообразием. Наиболее характерны следующие три вида производственной структуры.

Технологическая структура, при которой каждый основной цех специализируется на выполнении какой-либо определенной части общего производственного процесса, имеет четкую технологическую обособленность, например литейный, кузнечно-штамповочный, механический, сборочный цехи (табл.3.2). Организация по технологическому принципу основных цехов, неспециализированных на изготовлении изделий определенного ограниченного числа номенклатурных названий, характерна для предприятий единичного и серийного производства, имеющих разнообразную и неустойчивую номенклатуру изготавливаемых изделий. Такой принцип формирования основных цехов неизбежно усложняет маршрут движения заготовок и деталей, производственные взаимосвязи цехов, увеличивает длительность производственного цикла.

Предметная структура, при которой основные цехи предприятия и их участки строятся по признаку изготовления каждым из них либо определенного изделия, либо какой-либо его части (узла, агрегата), либо определенной группы деталей. Предметная структура преимущественно применяется в механических и сборочных цехах заводов крупносерийного и массового производства, где организуется несколько предметных механических и сборочных цехов или предметных участков. За каждым из них закрепляется изготовление определенных изделий, узлов или агрегатов (например, цех станин и корпусных

Таблица 3.2. Производственная структура предприятия

Основные (производственные) цехи		Вспомогательные цехи	Обслуживающие хозяйства			
Заготовитель- ные	Обработыва- ющие и сбо- рочные		Склады	Энергети- ческое	Транспортное	Санитарно- техническое
Заготовитель- ные: правка и резка металла	Деревообра- батывающие	Тарные	Инструментов и абразивов; моделей, ма- сел; красок и химикатов	Кислородные и ацетилено- вые станции, и электросети	Зарядная стан- ция, вагонные и автомобиль- ные весы	Очистные со- оружия
Лесопильные	Окрасочные	Регенерации (земли, масел, обтирочных ма- териалов)	Бензина и ке- росина	Паропроводы		
	Оборочные (с испытательны- ми станциями)	Эксперимен- тальные	Сжатых газов (кислорода и ацетилена); готовой про- дукции; ме- таллоотходов; запчастей; оборудования; строительных материалов и огнеупоров	Газопроводы; воздухопрово- ды; нефте- и бензопроводы	Железнодорож- ные и кра- новые эстака- ды, подъемно- транспортные устройства, лифтовые ус- ройства (затон- ных моторных су- дов и барж)	

деталей, цех шпинделей и валов на станкостроительном заводе, цехи моторов, рам, коробок передач на автомобильном заводе).

Предметная структура имеет значительные преимущества, так как она упрощает и ограничивает формы производственной взаимосвязи между цехами, сокращает путь движения деталей, упрощает и удешевляет межцеховой и цеховой транспорт, уменьшает длительность производственного цикла, повышает ответственность работников за качество работ.

Предметная структура цехов позволяет расставить оборудование по ходу технологического процесса, применить высокоспециализированные станки, инструмент, штампы, приспособления. Все это, в конечном счете, обеспечивает увеличение выпуска продукции, повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции.

Смешанная структура характеризуется наличием на одном и том же машиностроительном предприятии основных цехов, организованных и по технологическому, и по предметному принципам. Например, на машиностроительных предприятиях массового производства заготовительные цехи (литейные, кузнечные, прессовые), как правило, организуются по технологическому принципу, а механосборочные — по предметному принципу.

Машиностроительные предприятия в зависимости от степени их технологической специализации подразделяются на два вида.

1. Предприятия, полностью охватывающие все стадии процесса изготовления машины. В состав такого предприятия входят основные цехи по всем стадиям производственного процесса, начиная от заготовительных до сборочно-отделочных цехов включительно.
2. Предприятия, не полностью охватывающие все стадии процесса изготовления машины. В производственной структуре такого предприятия отсутствуют некоторые цехи, относящиеся к той или иной стадии основного производственного процесса. Такое предприятие может иметь только основные заготовительные цехи, выпускающие отливки, поковки или штамповки, поставляемые в порядке кооперирования другим машиностроительным предприятиям; только сборочные цехи, выполняющие сборку узлов и машин из деталей, поставляемых в порядке кооперирования другими предприятиями;

только механосборочные цехи, обрабатывающие сортовой металл и заготовки, полученные от других предприятий и, в свою очередь, передающие изготовленные ими детали и узлы для окончательной сборки, отделки и испытания машин другим предприятиям, специализированным на этой стадии процесса.

Предприятия с неполной производственной структурой имеют обычно более высокий уровень технологической специализации, чем предприятия с полной производственной структурой.

Цехи машиностроительного предприятия в соответствии с типом и масштабом производства цеха и всего предприятия в целом, а также в зависимости от полноты охвата всех стадий процесса подразделяются по технологическому или предметному признакам на производственные участки.

Формирование в составе цеха отдельных структурных единиц — *участков* — производится либо по технологическому принципу группировки однородного оборудования, либо по предметному принципу организации предметно-замкнутых участков, на которых изготавливаются определенные детали, узлы, изделия, либо по принципу выделения участков, охватывающих обособленную часть технологического процесса.

Выделение групп однородного оборудования (например, группа токарных станков, группа фрезерных станков, группа сверлильных станков и т.д.), а в пределах каждой группы разбивка станков по размерам или разновидностям (например, токарные — крупные, мелкие, средние; фрезерные — горизонтальные и вертикальные и т.д.) преимущественно применяются в единичном и мелкосерийном производстве.

Построение предметно-замкнутых участков производится соответственно характеру однородности технологического процесса и номенклатуре выпускаемой цехами продукции, например, выделяется участок по обработке станин и корпусных деталей, участок обработки валов и шпинделей, участок зубчатых колес и т.д. Планировка оборудования в пределах таких участков осуществляется по ходу типового технологического процесса изготовления определенных деталей, определяя таким образом замкнутый технологический цикл изготовления этих деталей. Построение производственных участков по предметному признаку имеет значительные преимущества по сравнению с групповым расположением оборудования.

Наиболее совершенной формой осуществления производственного процесса является организация поточных линий по всему фронту работ цеха. При такой организации все технологическое оборудование (станки, агрегаты, ванны, камеры, печи и т.п.) устанавливается по ходу технологического процесса, обеспечивая поточность и непрерывность производственного процесса. Цепное расположение оборудования, т.е. планировка по ходу технологического процесса, значительно сокращает путь пробега деталей по сравнению с групповым расположением, уменьшает затраты на транспортировку, дает возможность механизировать межоперационный транспорт, что сокращает время межоперационного пролеживания, а следовательно, уменьшает цикл изготовления изделия. Такое построение цехов характерно для предприятий массового и серийного производства.

Первичным звеном каждого производственного участка является рабочее место.

Рабочее место — часть производственной площади участка (цеха), закрепленная за одним или бригадой рабочих и оснащенная оборудованием, инструментом и вспомогательными устройствами, соответствующими характеру выполняемых работ. Каждое рабочее место предназначается для выполнения определенных работ (операций). Степень специализации рабочих мест и их техническое оснащение зависят от принятого способа организации производственного процесса. Так, в массовом производстве за каждым рабочим местом постоянно закреплена одна какая-либо операция; рабочее место имеет в этом случае четко выраженный профиль специализации. В единичном производстве на каждом рабочем месте выполняются различные операции и поэтому оно носит универсальный характер.

Производственная структура предприятий и цехов должна изменяться с изменением техники, средств механизации и автоматизации производственных процессов, с внедрением новой технологии и организации производства.

Основными направлениями совершенствования производственной структуры являются:

1. Укрупнение предприятий и цехов, позволяющее внедрять более производительную технику.
2. Построение цехов и производственных участков по предметно-замкнутому принципу.

3. Сокращение удельного веса вспомогательных цехов путем кооперирования с другими предприятиями, выполняющими ремонт оборудования, изготавливающими инструмент и др.

В последние годы на многих предприятиях небольшого масштаба ликвидируются цехи. При бесцеховой производственной структуре основной производственной единицей является участок.

3.5. Организация, планирование и управление технологической подготовкой производства

Содержание, задачи, основные этапы и системы управления технологической подготовкой производства

Технологическая подготовка производства (ТПП) — совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства (ГОСТ 14.004—83). Под технологической готовностью производства понимается наличие на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП) — это установленная государственными стандартами система организации и управления технологической подготовкой производства, предусматривающая широкое применение прогрессивных технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ (рис. 3.8).

Основное назначение ЕСТПП согласно ГОСТ 14.001—73* заключается в создании системы организации и управления процессом ТПП, обеспечивающей: единый для всех предприятий и организаций системный подход к выбору и применению методов и средств технологической подготовки производства, соответствующих достижениям науки, техники и производства; освоение производства и выпуска изделий высшей категории качества в минимальные сроки при минимальных трудовых и материальных затратах на ТПП на всех стадиях создания изде-

лий, включая опытные образцы (партии), а также изделия единичного производства; организацию производства высокой степени гибкости, допускающей возможность непрерывного его совершенствования и быструю переналадку на выпуск новых изделий; рациональную организацию механизированного и автоматизированного выполнения комплекса инженерно-технических и управленческих работ; взаимосвязи ТПП и управления ею с другими системами и подсистемами управления.



Рис. 3.8. Состав документации по методам и средствам ТПП

Порядок формирования и применения документации на методы и средства ТПП определяется отраслевыми стандартами, стандартами предприятий и документацией различного назначения, разработанной в соответствии со стандартами ЕСТПП.

Основными задачами ТПП являются освоение производства и обеспечение выпуска новых изделий высокого качества в установленные сроки и заданного количества с высокой экономической эффективностью их производства и эксплуатации, а также совершенствование действующей технологии выпуска изделий.

Технологическая подготовка производства новых изделий включает решение следующих задач:

- ♦ обеспечение технологичности конструкции изделия;
- ♦ разработка технологических процессов и методов контроля;
- ♦ проектирование и изготовление технологической оснастки и нестандартного (специального) оборудования;
- ♦ организация и управление процессом ТПП.

Перечисленные функции, охватывают весь необходимый комплекс работ по ТПП, в том числе конструктивно-технологический анализ изделий, организационно-технический анализ производства, расчет производственных мощностей, составление производственно-технологических планировок, определение материальных и трудовых нормативов, отладку технологических процессов и средств технологического оснащения.

Содержание и объем работ по технологической подготовке производства зависят от конструктивных и технологических особенностей изделий и типа производства. Чем больше деталей и сборочных единиц входит в изделие, тем больше число операций и соответственно технологических процессов их выполнения, число единиц технологической оснастки и технологических документов, а также трудоемкость ТПП.

Основные этапы ТПП более укрупненно разрабатываются в единичном и мелкосерийном производстве, часто проектирование технологических процессов заключается в разработке лишь технологических маршрутов. В крупносерийном и массовом производстве, когда изготавливается большое число изделий, необходимы более глубокое разделение труда и, следовательно, большая дифференциация операций, т.е. технологические процессы и документация по ТПП разрабатываются более подробно. При этом проявляется закон перехода количества в новое качество.

Трудоемкость ТПП изделия в единичном и мелкосерийном производстве составляет 20—25 %, в серийном — 50—55 %, а в крупносерийном и массовом — 60—70 % от общей трудоемкости технической подготовки производства.

Технологическая подготовка производства в объединении (на предприятии) выполняется в отделах главного технолога, главного металлурга, главного сварщика, в инструментальных и технологических бюро основных цехов.

Материальной базой ТПП служат следующие цехи: инструментальные, модельные, штампов и приспособлений, опытные, а также соответствующие участки в основных цехах,

В зависимости от типа и масштаба производства применяются централизованная, децентрализованная и смешанная системы ТПП. При централизованной системе, применяемой в массовом, крупносерийном и серийном производстве, ТПП выполняется НИИ, КБ или технологическими отделами завода. Технологические бюро цехов участвуют во внедрении технологических процессов и в последующем их совершенствовании.

Иногда для ТПП привлекаются проектно-технологические институты (ПТИ) или технологические отделы (бюро) научно-исследовательских институтов, которые (кроме технологических разработок для предприятий) выполняют научно-исследовательские работы в области ТПП для отрасли промышленности.

При децентрализованной системе, применяемой в единичном и мелкосерийном производстве с частой сменой выпускаемых изделий, разработка технологических процессов ведется в основных цехах. Технологические отделы завода кроме методического руководства технологическими службами завода проводят работы по типизации технологических процессов и нормализации (стандартизации) технологического оснащения, а также исследовательские и экспериментальные работы и работы по совершенствованию технологических процессов.

В смешанной системе технологические процессы на новую устойчивую продукцию разрабатываются в технологических отделах, а на часто сменяющуюся в производстве продукцию — в цехах. При централизованной и смешанной системах отдел главного технолога (ОГТ) может иметь в своем составе такие бюро: технологической документации, конструкторское (по оснастке), нормирования, планирования ТПП, планово-диспетчерское, а также технологические лаборатории (металлургическую, химико-термическую, сварочную, резания); технологические бюро по заготовительным, механическим и сборочным процессам; предметные бюро (по группам изделия или их отдельных частей) и инструментальное хозяйство (инструментальные цехи, центральный инструментальный склад — ЦИС). Функционально ОГТ подчиняются технологические бюро основных цехов.

Планирование и координацию всех работ ТПП, контроль за сроками их выполнения и комплектностью подготовки ведет

бюро (отдел) планирования подготовки производства (БППП), подчиняющееся обычно заместителю главного инженера по подготовке производства.

Обеспечение технологичности конструкции изделий

Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия определяются ГОСТ 14.201–83.

Обеспечение технологичности конструкции изделия — функция процесса подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, которые направлены на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и на монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Обеспечение технологичности конструкции включает: разработку конструкции изделий на технологичность на всех стадиях разработки изделия и при ТПП; количественную оценку технологичности конструкции изделий; технологический контроль конструкторской документации; подготовку и внесение изменений в конструкторскую документацию.

Рекомендуемые показатели технологичности конструкции изделий следующие: трудоемкость изготовления изделия, удельная материалоемкость (энергоёмкость) изделия, технологическая себестоимость, удельная трудоемкость монтажа, коэффициенты применяемости материалов, унификация конструктивных элементов и сборность.

Номенклатура показателей зависит от вида изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект) и стадии разработки конструкторской документации (техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация).

Отработка конструкции изделия на технологичность должна обеспечивать на основе достижения технологической рациональности и оптимальности конструкторской и технологической преемственности максимальную экономическую эффективность при изготовлении и эксплуатации изделия.

При оценке технологичности конструкции необходимо учитывать методы получения заготовок, контроля и испытаний, возможность механизации и автоматизации, обеспечение (материалами, оборудованием и технологической оснасткой, кадрами рабочих и ИТР), эксплуатационные свойства и эксплуатационные расходы. К эксплуатационным свойствам относятся

производительность, КПД, удельный расход энергии и топлива, долговечность, удобство обслуживания и ремонта, безопасность работы и др.

Работа по обеспечению технологичности конструкции изделия обычно состоит из подбора и анализа исходных материалов, необходимых для оценки технологичности конструкции, уточнения объема выпуска, анализа показателей технологичности аналогичных изделий, определения показателей производственной и эксплуатационной технологичности и сравнения их с показателями существующих конструкций, разработки рекомендаций по улучшению показателей технологичности. При этом необходимо учитывать передовой опыт и новые прогрессивные технологические методы и процессы.

Основное содержание отработки конструкции изделия на технологичность на различных стадиях разработки конструкторской документации приводится ниже (ГОСТ 14.201—83).

Техническое предложение — это выявление вариантов конструктивных решений и возможности заимствования составных частей изделия, новых материалов, технологических процессов и средств технологического оснащения; расчет показателей технологичности вариантов и выбор окончательного варианта конструктивного решения; технологический контроль конструкторской документации.

Эскизный проект представляет собой анализ соответствия компоновок и членения вариантов конструкции изделия условиям производства, технического обслуживания и ремонта; расчет показателей технологичности вариантов и выбор вариантов конструкции изделия для дальнейшей разработки; технологический контроль конструкторской документации.

Технический проект — это выявление возможности применения покупных, стандартных, унифицированных или освоенных производством составных частей изделия, новых, в том числе типовых и групповых, высокопроизводительных технологических процессов, расчет показателей технологичности конструкции изделия и технологический контроль конструкторской документации.

Рабочая конструкторская документация: а) опытного образца (опытной партии) или изделия единичного производства (кроме разового изготовления) включает анализ возможности сборки изделия и его составных частей без промежуточных разбо-

рок, выявление возможности унификации сборочных единиц, деталей и их конструктивных элементов, установление экономически целесообразных методов получения заготовок, поэтапную отработку конструкции деталей и сборочных единиц на технологичность, расчет показателей технологичности конструкции изделия и технологический контроль конструкторской документации; б) серийного (массового) производства предполагает окончательное принятие решений по совершенствованию условий выполнения работ при производстве, эксплуатации и ремонте, а также фиксацию этих решений в технологической документации; доведение конструкции изделия до соответствия требованиям серийного (массового) производства с учетом применения наиболее производительных технологических процессов и средств технологического оснащения при изготовлении изделия и его основных составных частей; оценку соответствия достигнутого уровня технологичности требованиям технического задания; корректировку конструкторской документации.

Различают два вида технологичности: *производственную*, которая состоит в сокращении затрат средств и времени на КПП, ТПП и на процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний; *эксплуатационную*, проявляющуюся в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание и ремонт изделия.

Этим же ГОСТ установлены два вида оценок: *качественная*, которая характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя; *количественная*, выражающаяся показателем, численное значение которого характеризует степень удовлетворения требований к технологичности конструкции.

Показатели технологичности конструкции изделий этим ГОСТ классифицируются следующим образом: по области проявления — на производственные и эксплуатационные; по области анализа — на технические и технико-экономические; по системе оценки — на базовые и разрабатываемые конструкции; по значимости — на основные и дополнительные; по числу характеризующих признаков — на частные и комплексные; по способу выражения — на абсолютные и относительные.

Разработка технологических процессов

Для служб ТПП исходным документом является приказ руководителя предприятия, в котором определяется поэтапное

выполнение мероприятий по технологической подготовке к выпуску изделия. На основании приказа планово-производственный отдел (ППО) предприятия составляет сетевой или комплексный план-график, в котором устанавливает этапы освоения изделия, перечень работ по ТПП и продолжительность их выполнения, состав подразделений-исполнителей и ответственных исполнителей по каждому подразделению.

Примерный сетевой график на рис. 3.9 показывает, какие процессы, в какой очередности и в какие сроки должны быть осуществлены для реализации проекта. Исходные и результирующие данные приводятся в табл.3.3 и 3.4.

Таблица 3.3. Элементы проекта и время на их выполнение

<i>Процесс</i>	<i>Время осуществления, неделя</i>	<i>Предшествующий процесс</i>
А. Изготовление рабочего чертежа	4,0	
Б. Изготовление модели для литейной формы для корпуса	2,3	А
В. Обточка шестерен	0,8	А
Г. Отливка и обработка корпуса под давлением	0,6	Б
Д. Заготовка и проверка подшипников, сальников и специальных деталей	1,6	А
Е. Обточка валов	0,8	А
Ж. Зубофрезерование	1,0	В
З. Термообработка	0,5	Ж, Е
И. Сборка	2,0	Г, Е, З

На рис. 3.9 все отдельные процессы объединены в общий проект в форме сетевого плана. При этом «узлы» — это места остановки производственного процесса. Они так пронумерованы, что из двух связанных стрелой узлов последующий имеет более высокий порядковый номер. Проект имеет 4 пути, время осуществления каждого дано на рисунке. Путь, требующий наибольшего времени (на рисунке — 8,9 недели), можно определить как критический. Можно выявить минимальное время, необходимое для реализации проекта.

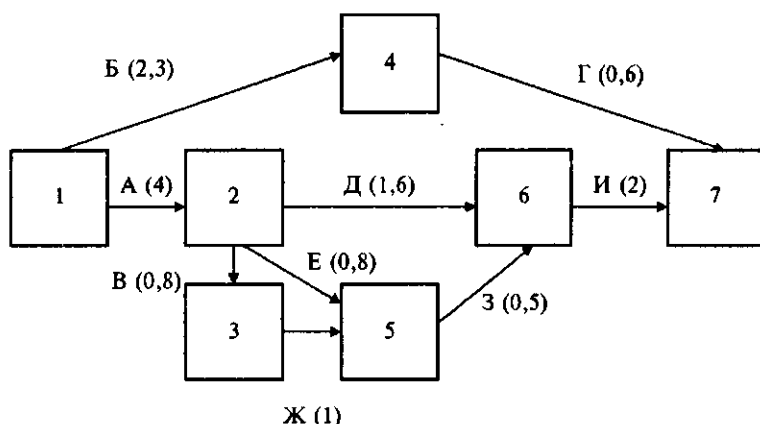


Рис. 3.9. Сетевой план

При согласовании плана-графика с соответствующими подразделениями и службами производится организационно-технический анализ производства, который включает: конструктивно-технологический анализ изделия; анализ существующих производственных мощностей и площадей; анализ оснащённости производства технологическими процессами, оборудованием и оснасткой, а также анализ уровня механизации и автоматизации производственных процессов. При этом учитывают программу, номенклатуру осваиваемого изделия и организационно-техническую структуру предприятия.

Выполнение работ по ТПП учитывает ППО с целью получения информации о состоянии ТПП за любой календарный отрезок времени и использования ее для контроля за выполнением работ.

Таблица 3.4. Критический путь

Путь	Необходимое время
1-2-4-6-7	$4,0 + 2,3 + 0,6 + 2,0 = 8,9$
1-2-6-7	$4,0 + 1,6 + 2,0 = 7,6$
1-2-5-6-7	$4,0 + 0,8 + 0,5 + 2,0 = 7,3$
1-2-3-5-6-7	$4,0 + 0,8 + 1,0 + 0,5 + 2,0 = 8,3$

Для проведения учета используют следующие данные: номенклатуру выполненных работ; фактическую продолжительность выполнения работ; последовательность выполнения работ; движение трудовых и материальных ресурсов.

Периодичность и порядок ведения учета, выдачи, приема и хранения учетной документации определяются конкретными условиями производства и устанавливаются предприятием, осуществляющим ТПП. Учетная информация должна формироваться в соответствии со специализацией служб ТПП и быть достаточной для анализа и принятия решения всеми специализированными службами.

При наличии отклонений от установленных критериев принимают оптимальное решение по их устранению, а затем регулируют ход ТПП.

Предложения по уточнению планов работ с целью проведения регулирования процесса ТПП вносятся контролирующим органом — ППО. Изменения, вносимые в плановую документацию, утверждает руководство предприятия, осуществляющего ТПП. В процессе регулирования необходимо учитывать: затраты ресурсов на реализацию принимаемых решений, влияние этих решений на работу смежных подразделений и дальнейший ход ТПП.

Достижение единых технических требований к продукции (в том числе международных) осуществляется за счет их гармонизации на основе *сертификации продукции и системы качества ее производства*. Сертификация в зависимости от статуса может быть обязательной и факультативной. Обязательной сертификации подлежит продукция, в научно-технической документации (НТД) на которую имеются требования по безопасности и экологической совместимости. Сертификация продукции по эксплуатационным свойствам проводится по требованию потребителей или желанию производителя, в коммерческих целях. При подготовке к сертификации в коммерческих целях предприятие-изготовитель на основании маркетинговых исследований и технико-экономического анализа производства уточняет эксплуатационные свойства (показатели) продукции, при этом, как правило, их изменяет (повышают или в отдельных случаях понижают) исходя из запросов потребителей и декларируют в стандартах или технических условиях. Предприятие для обеспе-

чения высокой конкурентоспособности должно максимально стремиться информировать потребителя о действительных различиях между своей продукцией и продукцией конкурентов.

С учетом рыночной ситуации любое изделие как бы проходит цикл из четырех этапов: 1) этап выведения на рынок; 2) этап роста; 3) этап зрелости; 4) этап упадка. Этап выведения на рынок характеризуется медленным ростом сбыта и минимальными прибылями, пока изделие проталкивают по каналам распределения. В случае успеха изделие вступает в этап роста, для которого характерны быстрый рост сбыта и увеличение прибылей. На этом этапе предприятия стремятся усовершенствовать изделие, проникнуть в новые сегменты рынка и каналы распределения, а также немного снизить цены. Затем следует этап зрелости, в рамках которого рост сбыта замедляется, а прибыли стабилизируются. Для оживления сбыта предприятия изыскивают различные новаторские приемы, предусматривающие в частности модификацию рынка, модификацию изделия и модификацию комплексного маркетинга. И, наконец, изделие вступает в стадию упадка, когда сбыт и прибыли сокращаются. Задача предприятия на этом этапе состоит в выявлении «дряхлающих изделий» и принятия в отношении каждого из них решения либо о продолжении выпуска, либо о снятии с производства. В последнем случае изделие могут продать другому предприятию или просто снять с производства.

Общие правила разработки технологических процессов определяются ГОСТ 14.301—83. Им установлены три вида технологических процессов: единичный, типовой и групповой.

Единичный технологический процесс разрабатывается для изготовления или ремонта изделия или для совершенствования действующего технологического процесса. Разрабатываемый технологический процесс должен быть прогрессивным. Его прогрессивность оценивается показателем, устанавливаемым отраслевой системой аттестации технологических процессов. Технологический процесс должен соответствовать требованиям техники безопасности и промышленной санитарии.

Документы на технологические процессы следует оформлять в соответствии с требованиями стандартов «Единой системы технологической документации» (ЕСТД). Исходная инфор-

мация для разработки технологических процессов подразделяется на:

- ♦ *базовую*, которая включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу выпуска этого изделия;
- ♦ *руководящую*, содержащую данные, которые находятся в следующих документах: отраслевых стандартах, устанавливающих требования к технологическим процессам, а также в стандартах на оборудование и оснастку, в документации на действующие единичные, типовые и групповые технологические процессы, классификаторах технико-экономической информации, производственных инструкциях, материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и других), документации по технике безопасности и промышленной санитарии;
- ♦ *справочную*, включающую данные, которые содержатся в описаниях прогрессивных методов изготовления и ремонта; каталогах, паспортах, справочниках, альбомах, планировках производственных участков.

Основными этапами разработки технологических процессов являются: анализ исходных данных; выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса; выбор исходной заготовки и методов ее изготовления; выбор технологических баз; составление технологического маршрута обработки; разработка технологических операций; нормирование технологического процесса; определение требований техники безопасности; расчет экономической эффективности технологического процесса; оформление технологических процессов.

Типовой технологический процесс должен быть рациональным в конкретных производственных условиях. Он должен разрабатываться на основе анализа множества действующих и возможных технологических процессов на производство типовых представителей групп изделий. Типизация технологических процессов базируется на классификации объектов производства и осуществляется на трех уровнях: государственном, отраслевом и на предприятии. Классификатор деталей (изделий) должен создаваться с использованием ЭВМ. Для этой цели в память ЭВМ необходимо ввести конструкторскую информацию, на-

пример номер чертежа детали, вид и марку материала и его массу, габаритные размеры детали, вид поверхностей — плоскость, цилиндр, отверстие, резьба, зубчатая поверхность, шар, криволинейная поверхность и их размеры; шероховатость поверхности и точность обработки и другие параметры. Все эти параметры должны быть закодированы.

Сортирование этих параметров (от высших к низшим) дает возможность создать группы деталей, сходных по конструкции и технологии их обработки, для которых возможно применение типовых технологических процессов, являющихся основой для разработки конкретных процессов.

Основные этапы разработки типовых технологических процессов определены ГОСТ 14.303—73*. К ним относятся: классификация объектов производства, их количественная оценка и анализ конструкций типовых представителей; выбор заготовки и методов ее изготовления; выбор технологических баз и вида обработки; разработка технологического маршрута и операций; расчет точности, производительности и экономической эффективности вариантов и оформление типовых технологических процессов.

Необходимость каждого этапа, состав задач и последовательность их решения определяются разработчиком типового технологического процесса.

Типовой технологический процесс может быть *оперативным*, отражающим прогрессивное состояние технологии в настоящий момент времени, и *перспективным*, предусматривающим его дальнейшее совершенствование с учетом развития науки и техники в области технологии.

Дальнейшим развитием типизации технологических процессов является разработка групповой технологии, которая наиболее эффективна при небольших партиях обрабатываемых деталей и частой переналадке оборудования.

Групповой технологический процесс предназначен для совместного изготовления или ремонта группы изделий различной конфигурации. Он должен состоять из комплекса групповых технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута изготовления определенной группы изделий. При разработке групповых технологических операций следует предусматривать достаточную величину их суммарной трудоемко-

сти для работы без переналадки технологического оснащения (допускается только частичная подналадка).

Основой разработки группового технологического процесса и выбора общих средств технологического оснащения является комплексное изделие, которое может быть одним из изделий группы или искусственно созданным (условным).

Групповые технологические процессы и операции разрабатываются для всех типов производства только на уровне предприятия в соответствии с требованиями ГОСТ 14.301—83* и ГОСТ 14.316—75*.

Исходная информация для разработки групповых технологических процессов и операций определяется по ГОСТ 14.303—73*. Руководящая информация дополнительно должна включать данные, содержащиеся в действующих групповых технологических процессах и операциях, классификаторах изделий, оборудования и оснастки. Справочная информация должна содержаться в документации на действующие типовые и единичные технологические процессы, в описаниях прогрессивных методов обработки, а также в ведомостях трудоемкости изделий и других нормативных материалах.

Основные этапы разработки групповых технологических процессов включают анализ исходных данных, группирование изделий, количественную оценку групп предметов, нормирование технологического процесса. Остальные этапы аналогичны основным этапам разработки типовых технологических процессов, определяемых ГОСТ 14.303—73*.

К специализированным подразделениям группового производства могут быть отнесены цехи и участки группового производства и групповые поточные линии.

Групповая технология создает условия для применения методов серийного и крупносерийного производства даже при небольшом числе изготовления каждого отдельного изделия, что позволяет использовать все преимущества серийного и крупносерийного производства.

Использование типовых и групповых технологических процессов позволяет повысить производительность труда и снизить себестоимость продукции за счет применения наиболее прогрессивного технологического оборудования, процесса производства в целом и оснастки. При этом сокращаются число раз-

нообразных технологических маршрутов, трудоемкость и длительность технологической подготовки производства.

Проектируемые технологические процессы фиксируются в технологической документации: в маршрутных, операционных и операционно-инструкционных технологических картах.

Маршрутные карты содержат перечень цехов, а внутри цехов — перечень технологических операций с указанием оборудования, технологического оснащения, разряда работы и нормы времени по каждой операции. Они используются в условиях единичного и мелкосерийного производства, когда их бывает достаточно для обработки деталей или выполнения сборочных операций.

Операционные карты используются в серийном производстве и содержат перечень «переходов» операции с указанием оборудования для выполнения операции, режимов обработки и технологического оснащения по каждому «переходу», разряда работы, нормы времени по отдельным составляющим и на операцию в целом.

Операционно-инструкционные карты используются в массовом производстве и содержат более подробные указания по выполнению технологической операции, включая эскизы наладок, способы крепления и измерения деталей, организацию рабочего места.

Информация, формируемая в процессе создания технологической документации, должна быть пригодна для использования в АСУП и при создании гибких автоматизированных (автоматических) систем и производств.

Контрольные операции устанавливаются технологами в соответствии с требованиями чертежей и техническими условиями; они фиксируются в технологических картах. Для сложных и ответственных операций технического контроля разрабатываются специальные карты с указанием в них объекта контроля, места его выполнения, метода и средств контроля, допустимых отклонений.

При проектировании технологических процессов может разрабатываться несколько вариантов.

Выбирают тот вариант технологического процесса, который при всех прочих равных условиях дает возможность изготовить деталь при наименьших затратах на ее производство, т.е. по наименьшей себестоимости.

Себестоимость изготовления партии деталей C_{Π} , определяемая при проектировании технологического процесса, рассматривается как сумма, состоящая из затрат двух видов: зависящих и не зависящих от числа деталей в партии:

$$C_{\Pi} = pn + v.$$

К числу затрат на обработку одной детали p , зависящих от размера партии n , относятся расходы на основные материалы и заработную плату производственных рабочих, а также некоторые другие расходы. К числу затрат v , не зависящих от числа деталей в партии, относятся расходы по подготовке работы (операции) и ее технологической оснастке, по наладке оборудования, инструктажу и т.п. Эти затраты определяются вначале на партию в целом, а затем приводятся на одну деталь.

Себестоимость изготовления одной детали C_d при запуске в обработку партии деталей n шт. определяется по формуле

$$C_d = p + v / n.$$

Партией деталей принято называть число одноименных деталей n , запускаемых одновременно в производство и обрабатываемых с одной наладки.

Пример

Если сумма затрат, производимых на партию деталей независимо от ее размера $v = 600$ руб., а затраты, производимые на каждую деталь, $p / n = 0,4$ руб., то при партии деталей $n = 550$ шт. себестоимость изготовления каждой детали равна:

$$C_d = 0,4 + 600 / 550 = 1,49 \text{ руб.},$$

а себестоимость изготовления всей партии

$$C_{\Pi} = 0,4 \cdot 500 + 600 = 820 \text{ руб.}$$

На рис. 3.10 приведен график сравнения двух вариантов технологического процесса: в первом варианте $v' = 270$ руб. и $p' = 1$ руб., а во втором варианте $v'' = 600$ руб., $p'' = 0,4$ руб. Из графика видно, что при партии деталей $n = 550$ шт. себестоимость изготовления по этим двум вариантам одинакова (линии затрат $C_d = 1,49$ руб. и $C_{\Pi} = 820$ руб. пересекаются в точке, соответствующей $n = 550$ шт.).

Сравнивая два варианта разрабатываемого технологического процесса, выбирают тот из них, который при заданной величине размера партии обеспечивает наименьшую себестоимость.

Проектируемый технологический процесс записывают в

технологических картах, на основе которых составляют материальные спецификации и ведомости требуемого инструмента и другой оснастки.

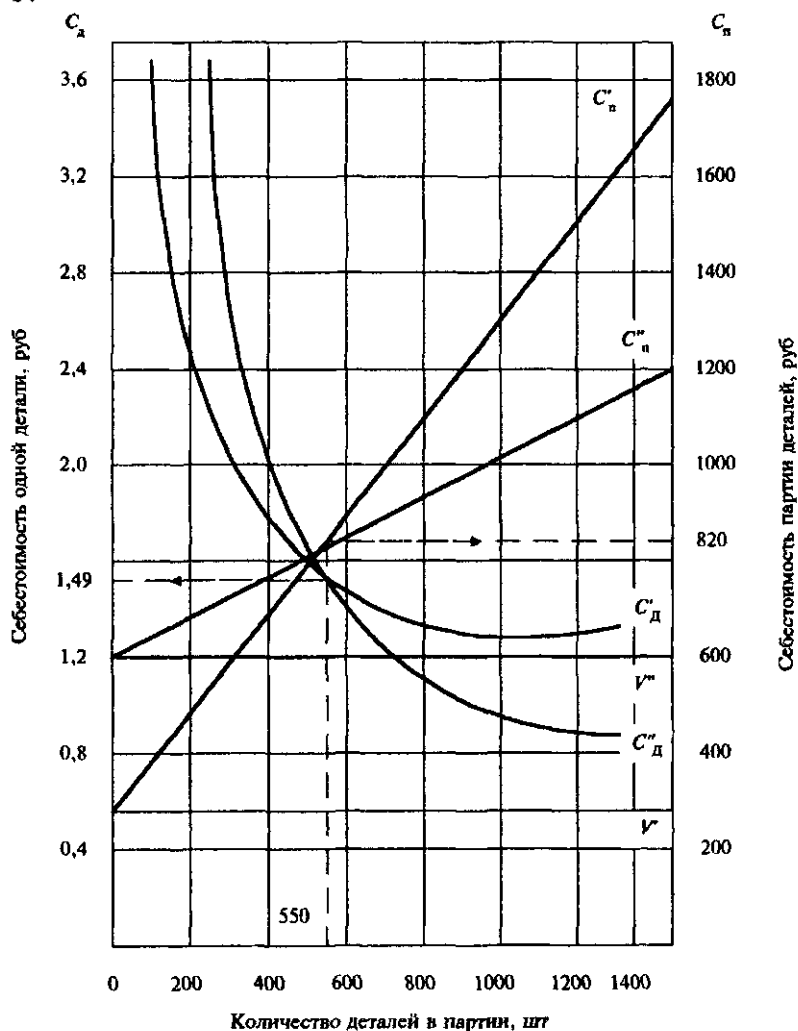


Рис. 3.10. График сравнения двух вариантов технологических процессов

Технологические карты составляются в виде: маршрутных, операционных, инструкционных.

- ◆ **Маршрутные карты** используются в единичном и мелко-серийном производстве с большой номенклатурой выпускаемой продукции. Составлением маршрутных карт заканчивается разработка технологического процесса. Эти карты служат основой для межцехового планирования (расцеховки) на предприятиях этих типов производства.
- ◆ **Операционные, или попереходные, карты**, содержащие все необходимые данные по разработанному технологическому процессу, составляются на предприятиях крупно-серийного и массового производства на основе маршрутных карт.
- ◆ **Инструкционные карты** составляются главным образом в массовом производстве для наиболее сложных и трудоемких операций и предназначаются для непосредственного использования рабочими. В инструкционной карте подробно описывается не только содержание данной операции, режимы, оснастка, но и основные приемы работы.

Материальные спецификации составляются в виде перечня необходимых для изготовления деталей конкретного наименования основных материалов с указанием марки, сорта, размера и количества по каждому сорторазмеру.

Ведомости требуемого инструмента, так же как и материальные спецификации, составляются на основе технологических операционных карт и служат основой для планирования потребности производства в инструментах и другой оснастке.

Новые технологические процессы обычно не сразу внедряются в производство, а сначала подвергаются проверке в экспериментальных цехах, после которой в основных цехах производится отладка. Проверка и отладка проводятся при выпуске пробных серий под непосредственным руководством технологов. При этом проверяются и корректируются не только запроктированные технологические процессы, но и конструкции инструментов и приспособлений, а также намеченные режимы обработки, нормы времени и расценки.

Экспериментирование в области технологии имеет целью изыскание, а в дальнейшем и освоение новых, более совершенных технологических процессов получения заготовок, механической и термической обработки деталей, сборки узлов и машин, а также более производительных режимов резания, сварки и т.п. Экспериментирование проводится не только в порядке текущей технической подготовки, но и по плану научно-исследовательских работ.

Документация по технологическому процессу, утвержденная главным инженером завода, является, наравне с конструкторской документацией, важнейшим техническим документом, отступление от которого (без соответствующего разрешения) является нарушением технологической дисциплины.

Строгое соблюдение технологической дисциплины является важнейшим условием успешного выполнения государственного планового задания, скорейшего освоения новой техники, правильного использования средств производства, экономии времени, материалов и энергии.

На машиностроительных предприятиях выпускаются детали, чрезвычайно разнообразные как по исходному материалу, конфигурации и размерам, так и по требованиям точности и чистоты изготовления. Проектирование и внедрение различных технологических процессов по большому числу деталей представляют собой весьма трудоемкую и дорогостоящую работу. Это определяет необходимость разработки типовых технологических процессов.

Типовые технологические процессы разрабатываются на основе классификации деталей, по которой все изготавливаемые на заводе детали разбиваются на классы, классы — на группы, группы — на подгруппы по следующим признакам: исходный материал, конфигурация, размеры и чистота обрабатываемых поверхностей детали. Типизация технологических процессов имеет большое значение для систематизации, обобщения и распространения передовых высокопроизводительных технологических процессов. Типизация технологических процессов сокращает трудоемкость технологической подготовки в 2—3 раза, а технологическую документацию в 8—10 раз. Типовые

технологические процессы широко применяются главным образом при механической и термической обработке деталей в условиях мелкосерийного и единичного производств. Необходимо расширить применение типизации технологических процессов литья,ковки и сборки.

Технологическая подготовка производства на заводе выполняется службой главного технолога. На крупных заводах технологическая подготовка производства в горячих цехах выполняется отделом главного металлурга или под его непосредственным руководством. Технологическая подготовка на машиностроительных заводах может быть организована по централизованной, децентрализованной или смешанной системе.

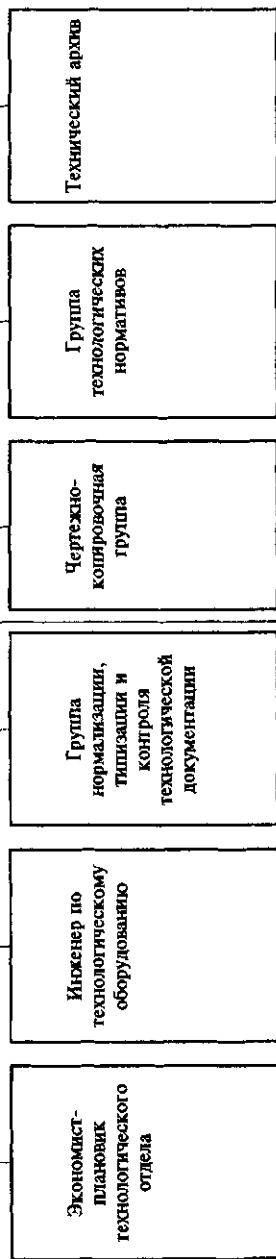
При централизованной системе технологическая подготовка сосредотачивается в общезаводском технологическом отделе (отделе главного технолога). Централизованная система применяется в массовом и крупносерийном производствах. На рис. 3.11 показана примерная организационная структура технологического отдела машиностроительного предприятия.

Децентрализованная система предполагает рассредоточение технологической подготовки по основным производственным цехам завода. Технологические бюро этих цехов самостоятельно разрабатывают технологические процессы и их оснастку. Такая система применяется в единичном производстве при значительной номенклатуре выпуска машин, их узлов и деталей и частых изменениях этой номенклатуры. При децентрализованной системе отдел главного технолога завода осуществляет лишь общее методическое руководство цеховыми технологическими бюро.

Смешанная система организации технологической подготовки заключается в том, что разработка проводится частично (маршрутная технология) в отделе главного технолога и частично (операционная технология) в цеховых технологических бюро. Такая система применяется в серийном производстве.

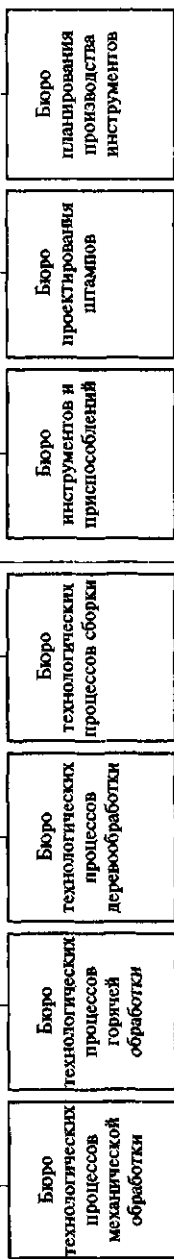
Состав и организационная структура технологического отдела (отдела главного технолога) зависят от масштаба и характера его работы.

Начальник отдела (главный технолог)



Помощник главного технолога

Заместитель главного технолога



Технологические лаборатории

Рис. 3.11. Организационная структура технологического отдела машиностроительного предприятия

Разработка, приемка и передача в производство новых технологических процессов в соответствии с требованиями стандартов ИСО серии 9000

Техническое задание, составляемое исполнителем на основе заявки заказчика, — исходный документ для разработки технологического процесса.

Стороны (лица), принимающие участие в разработке и реализации технологической документации, могут выступать в роли заказчика, исполнителя (разработчика) и потребителя.

Заказчиком является лицо, по договору с которым или по принятой от него заявке разрабатывается технологический процесс. Заказчик предъявляет разработчику исходные требования к разработке, согласовывает техническое задание на разработку, принимает технологические процессы и определяет сферы их применения. Заказчик отвечает за технико-экономическую обоснованность исходных данных для разработки, за их соответствие (норм, показателей, требований) современному уровню развития науки, техники и производства. *Исполнитель (разработчик)* в соответствии с требованиями заказчика разрабатывает техническое задание, согласовывает его с заказчиком и другими заинтересованными предприятиями (организациями), разрабатывает необходимую документацию, отвечает за комплектность, качество и сроки передачи документации заказчику и осуществляет авторский надзор при ее использовании.

В основу разработки технологических процессов положены два принципа: технический и экономический. В соответствии с техническим принципом проектируемый технологический процесс должен полностью обеспечивать выполнение всех требований рабочего чертежа и технических условий на изготовление заданного изделия. В соответствии с экономическим принципом изготовление изделия должно вестись с минимальными затратами труда и издержками производства. Технологический процесс изготовления изделий должен выполняться с наиболее полным использованием технических возможностей средств производства при наименьших затратах времени и себестоимости изделий.

Постоянное прогрессирование технологических процессов является условием успешной конкурентной борьбы предприятий за рынки сбыта. Для целенаправленных действий по их качеству руководствуются требованиями, изложенными в стан-

дартах ИСО серии 9000, которые обеспечивают использование опыта зарубежных фирм, предусматривающего планирование производственных операций в управляемых условиях, определенным образом и в определенной последовательности. Управляемые условия включают соответствующее управление материалами, производственным оборудованием, процессами и процедурами, программным обеспечением ЭВМ, персоналом, поставками, оснащением и производственной средой. Производственные операции должны быть достаточно подробно определены в технологической документации, технологическая документация должна ориентироваться на полное и точное описание технологических методов (кроме фрагментов, устанавливающих что сделать и как сделать). Формирование основных поверхностей деталей и сборочных единиц, определенных «Классификатором основных поверхностей деталей и сборочных единиц, влияющих на создание резервов технологической точности (резервов качества) изделия», должно производиться в соответствии со стандартом.

Под резервом технологической точности (резервом качества) понимается положительная разность между величиной допуска и полем рассеивания каких-либо параметров деталей (сборочных единиц, изделий), т.е. тот запас резерва качества (резерва на эксплуатацию), с которым погрешности вписываются в пределы поля допуска. Таким образом, при одинаковых технических требованиях (стандартах) качество изделия будет выше там, где имеются большие резервы технологической точности. Это можно проиллюстрировать следующим примером.

Известно, что отечественные допуски и допуски шведской фирмы СКФ на подшипники качения примерно одинаковы. Однако долговечность и надежность подшипников фирмы СКФ в среднем выше, так как они выпускаются с большими резервами технологической точности (у подшипников этой фирмы детали имеют более точную форму и лучшее качество поверхности, а их размеры — меньшее рассеивание). То же самое можно сказать и о металлорежущих станках, нормы точности (резервы технологической точности) которых примерно одинаковы, но ресурсы работы отечественных станков и станков лучших зарубежных фирм значительно отличаются. Так, при изготовлении станков резервы точности у лучших японских фирм составляют 60—70%, т.е. эти фирмы используют при изготовлении станков только 25—40% поля допуска или специ-

альной технологической оснастки, а также специальные станки или станки типа «обрабатывающий центр» (классификатор разрабатывается конструкторским подразделением, дополнительно к комплекту «рабочая конструкторская документация»). С целью создания условий управляемости технологическим процессом в технологической документации четко определяются контрольные операции, выборки контроля, план и форма карт контроля, контроль первой и последней операции, операции настройки технологических средств и средств измерений, сменяемости оснастки и т.д.; рассматриваются методы и средства поддержания (в допустимых пределах) рабочих условий окружающей среды (температуры, влажности, запыленности и т.д.). В случаях повышенной зависимости качества изделия от свойств материалов и комплектующих изделий приводятся методы и средства их входного контроля. Особое внимание уделяется операциям обеспечения безопасности изделия (электробезопасности, шумовым характеристикам, опасности отказов и т.д.), а также возможности прослеживаемости и документирования результатов обработки (сборки) и контроля.

Основным технологическим документом соответствующим международным стандартам ИСО серии 9000 является рабочая инструкция (РИ). В РИ излагают общие (имеющие постоянный характер) требования к выполнению технологических операций на конкретном рабочем месте, в том числе действия рабочих и технологических средств и требования техники безопасности.

При необходимости в дополнение к РИ разрабатывают технологические инструкции (ТИ). В ТИ приводят переменные технологические параметры технологического процесса (операции) — режим обработки и методы достижения запасов технологической точности (резервов качества) для конкретного рабочего места.

Для управления технологическим процессом и наглядности восприятия его маршрута рекомендуется разрабатывать технологическую схему. На схеме символами указываются: наименование и номера цехов, участков, рабочих мест; сведения о применении в разрабатываемом технологическом процессе действующих на предприятии СТП, РИ, ТИ; операции и мероприятия по приемке, складированию и транспортированию исходного сырья, материалов, комплектующих изделий; операции обработки и контроля при обработке; операции сборки и кон-

троля при сборке; операции приемки (испытаний); операции транспортирования и складирования готовой продукции.

Для процессов, которые уже осуществляются в производстве, целесообразно проанализировать запроектированную схему на соответствие с реально существующей, при наличии различий производится их обсуждение. Конечной целью анализа и обсуждения является неуклонное соблюдение технологической схемы в реальных условиях производства. Схема утверждается совместно с технологической документацией на изделие.

РИ и схемы выполняют на листах формата А4 (ГОСТ 2.301—68) или формах, аналогичных ТИ (ГОСТ 31105—81), или бланках операционных карт технологического процесса (предпочтительно типовых) соответствующего вида формообразования — обработки резанием, литья,ковки и горячей штамповки, холодной штамповки, сварки, пайки и лужения, лакокрасочных и гальванических покрытий, слесарных и слесарно-сборочных работ с разработкой и оформлением (при необходимости) эскизов обрабатываемой детали (в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1105—81). При формировании полного комплекта технологического процесса применяются и другие формы ЕСТД.

При внедрении в организации (на предприятии) системы заключения трудовых соглашений с разработчиками технологической документации на контрактной основе, устанавливающей обязательность полной гарантии качества выполненных работ, метрологический контроль и нормоконтроль документации не проводятся.

Выводы

- ◆ Производственный процесс — это процесс преобразования затрат (вход) в результат (выход).
- ◆ Производственный процесс — это совокупность процессов труда и естественных процессов, необходимых для изготовления определенного вида продукции.
- ◆ Основной продукцией предприятия являются разного рода изделия. Различают изделия основного и вспомогательного производства.

- ◆ В общем процессе изготовления продукции существуют процессы: основные, вспомогательные, обслуживающие.
- ◆ Важнейшие принципы организации производственного процесса: пропорциональность, параллельность, непрерывность, прямоточность, ритмичность, специализация, автоматичность, гибкость, системность, оптимальность.
- ◆ Производственный цикл — это календарный период времени, в течение которого предмет труда проходит все стадии производственного процесса. Он состоит из двух частей: рабочего периода и времени перерывов. Производственный цикл определяется характером производимой продукции, технологическим процессом, уровнем техники и организации производства.
- ◆ В производственном процессе существуют три вида движения предметов труда: последовательный, параллельный, параллельно-последовательный.
- ◆ Тип производства обуславливается специализацией, объемом и постоянством номенклатуры изделий, а также формой движения изделий по рабочим местам.
- ◆ Главным показателем, характеризующим тип производства, является коэффициент закрепления операций. Он показывает отношение числа различных технологических операций, подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест.
- ◆ Существуют три типа производства: серийный — ограниченная номенклатура изделий изготавливается партиями (сериями) с широкой специализацией; массовый — непрерывное изготовление ограниченной номенклатуры на узкоспециализированных рабочих местах; единичный — изготовление широкой номенклатуры в единичных количествах, повторяющихся через неопределенные промежутки времени или вовсе неповторяющихся, на рабочих местах, не имеющих определенной специализации.
- ◆ По преобладающему типу производства определяются и тип участка, цеха, завода.

- ◆ Технологическая подготовка — это совокупность мероприятий, обеспечивающих технологичность производства; она базируется на единой системе технологической подготовки производства (ЕСТПП).
- ◆ Технологическая подготовка включает решение следующих задач: обеспечение технологичности конструкции, разработка технологических процессов и методов контроля, проектирование и изготовление технологической оснастки, организация и управление процессом ТПП.
- ◆ Конструкторская документация включает: техническое предложение, эскизный проект, технический проект.
- ◆ Достижение единых технических требований к продукции осуществляется на основе сертификации продукции и системы качества ее производства. Сертификация может быть обязательной и факультативной.
- ◆ Исходная информация для разработки технологических процессов включает: базовую, руководящую, справочную.
- ◆ Основные этапы разработки технологических процессов: анализ исходных данных, выбор действующего типового проекта или аналогичного, выбор исходной заготовки и методов ее изготовления, выбор технологических баз, составление технологического маршрута обработки, разработка технологических операций, нормирование технологического процесса, определение требований техники безопасности, расчет экономической эффективности технологического процесса, оформление технологических процессов.
- ◆ Проектируемые технологические процессы фиксируются в технологической документации: в маршрутных, операционных, операционно-инструкционных картах.
- ◆ Экономическая целесообразность выбранного варианта технологического процесса определяется минимальной себестоимостью изготовления деталей.
- ◆ Технологическая подготовка производства выполняется службой главного технолога.

Практикум к гл. 3

◆ *Вопросы*

1. Охарактеризуйте производственный процесс, его сущность и состав.
2. Каково содержание основных производственных процессов?
3. Каково содержание вспомогательных производственных процессов?
4. Что представляет собой частичный производственный процесс? Дайте его определение и назовите разновидности составляющих операций.
5. Какова структура производственных процессов?
6. Какие существуют основные принципы организации производственных процессов?
7. Что такое производственный цикл, его структура и каковы пути сокращения?
8. Охарактеризуйте последовательный вид движения.
9. Охарактеризуйте параллельный вид движения.
10. В чем суть параллельно-последовательного вида движения?
11. Дайте характеристику видов движения производственных процессов во времени.
12. Назовите характеристики массового производства.
13. Назовите характеристики серийного производства.
14. Что представляет собой единичное производство, его характеристики?
15. Каковы основные этапы технологической подготовки?
16. Какие исходные данные и техническая документация требуются для разработки технологических процессов?
17. В чем состоит экономическая целесообразность выбранного варианта технологического процесса?
18. В чем заключается организация управления технологической подготовкой производства?

◆ *Тесты*

1. Способ передачи деталей, при котором обработка производится партиями, а переход с операции на операцию происходит только после обработки всей партии:

- а) параллельный;
- б) последовательный;
- в) смешанный;
- г) нет однозначного ответа.

2. В единичном и мелкосерийном производстве обычно применяют:

- а) последовательный вид движения;
- б) параллельный вид движения;
- в) последовательный и смешанный виды движения;
- г) нет однозначного ответа.

3. Основной ПП разделяется на следующие функции:

- а) заготовительная, обрабатывающая и сборочная;
- б) заготовительная, обрабатывающая и реализующая;
- в) заготовительная и транспортная;
- г) нет однозначного ответа.

4. Участки оборудования располагаются в порядке ТП:

- а) согласованность;
- б) прямоточность;
- в) ритмичность;
- г) нет однозначного ответа.

5. Длительность производственного цикла — это:

- а) время, в течение которого обрабатываемые изделия находятся в производстве;
- б) промежуток времени между обработкой двух деталей;
- в) интервал времени между очередными выпусками равного количества изделий;
- г) нет однозначного ответа.

6. При параллельно-последовательном виде движения:

- а) с операции на операцию детали передаются поштучно или небольшими партиями;
- б) с операции на операцию детали передаются только всей партией;

- в) отдельные детали в партии частично одновременно обрабатываются на двух или нескольких операциях;
- г) нет однозначного ответа.

7. Параллельный вид движения применяется:

- а) только в серийном производстве;
- б) в единичном и массовом производстве;
- в) в крупносерийном и массовом производстве;
- г) нет однозначного ответа.

8. Производственный процесс протекает:

- а)* только во времени;
- б)* во времени и в пространстве;
- в)* только в пространстве;
- г)* нет однозначного ответа.

9. Законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте — это:

- а)* технологический переход;
- б)* технологическая операция;
- в)* вспомогательный переход;
- г)* нет однозначного ответа.

10. Основной ПП — это:

- а)* процесс изготовления продукции, которая будет использоваться внутри предприятия;
- б)* процесс, в результате которого исходное сырье и материалы превращаются в продукцию;
- в)* совокупность орудий производства, необходимых для выполнения ТП;
- г)* нет однозначного ответа.

11. Технологический процесс — это:

- а)* процесс, в результате которого изменяются форма, размеры, свойства изделия;
- б)* процесс, который не приводит к изменению формы, размеров, и свойств изделия;
- в)* законченная часть технологического перехода;
- г)* нет однозначного ответа.

12. Процесс труда, в результате которого никакой продукции не создается, это:

- а)* вспомогательный ПП;
- б)* основной ПП;
- в)* обслуживающий ПП;
- г)* нет однозначного ответа.

13. Нетехнический процесс — это:

- а)* процесс, который приводит к изменению формы, размеров и свойств изделия;
- б)* комплекс полезных действий по реализации готовой продукции;
- в)* процесс, который не приводит к изменению форм, размеров и свойств изделия;
- г)* нет однозначного ответа.

14. Изделие — это:

а) законченная часть ТП, выполняемая на одном рабочем месте;

б) любой предмет труда, подлежащий изготовлению на производстве;

в) основная структурная единица ПП;

г) нет однозначного ответа.

15. Длительность производственного цикла определяется по формуле:

а) $T_{ц} = T_{осн} + T_{обс} + T_{пер}$;

б) $T_{ц} = T_{осн} + T_{всп} + T_{шт. к}$;

в) $T_{п} = T_{обс} + T_{пз}$;

г) нет однозначного ответа.

16. Пропорциональность — это:

а) соблюдение определяемых пропорций между основными, вспомогательными и обслуживающими процессами;

б) периодически планомерно повторяющийся ПП;

в) согласованность между собой сроков начала и окончания работ на смежных участках;

г) нет однозначного ответа.

17. Одновременное выполнение во времени разных частей единого сложного ПП — это:

а) параллельность;

б) согласованность;

в) пропорциональность;

г) нет однозначного ответа.

18. Производственный процесс — это:

а) совокупность взаимосвязанных процессов труда, в результате которого исходные материалы превращаются в готовые изделия;

б) часть ТП, заключающая в себе работы по изменению состояния изделия;

в) комплекс полезных действий по производству и реализации готовых изделий;

г) нет однозначного ответа.

19. Условия для равномерного выпуска продукции в течение всего планового периода создает:

а) ритмичность;

б) параллельность;

в) пропорциональность;

г) нет однозначного ответа.

20. Новая техника в процессе создания проходит следующие этапы:

а) научное исследование, техническую разработку, материальное освоение;

б) научное исследование, проектно-техническую разработку, производственное освоение;

в) научное исследование, проектно-техническую разработку, организационную подготовку;

г) нет однозначного ответа.

21. Разработка технологического процесса производится:

а) после отработки конструкции на технологичность;

б) до отработки конструкции на технологичность;

в) нет однозначного ответа.

22. Степень детализации конструкции зависит от:

а) типа детали;

б) типа производства;

в) нет однозначного ответа.

23. Коэффициент полезного использования материала вычисляют по формуле:

а) $K_{\text{иу}} = M_3 / M_{\text{д}}$;

б) $K_{\text{иу}} = M_{\text{д}} / M_3 \cdot 100$;

в) $K_{\text{иу}} = M_{\text{д}} / M_0$;

г) нет однозначного ответа.

24. Отладка техпроцессов в целом и конструкторской документации завершает:

а) конструкторскую подготовку;

б) технологическую подготовку;

в) техническую подготовку;

г) нет однозначного ответа.

25. Начальным этапом проектирования изделия является разработка:

а) технического задания;

б) эскизного проекта;

в) технического проекта;

г) нет однозначного ответа.

26. Показатели производственной технологичности могут быть:

а) прямыми и косвенными;

б) абсолютными и относительными;

в) нет однозначного ответа.

27. Процесс экспериментирования применяется при:

а) массовом производстве;

б) серийном производстве;

в) единичном производстве;

г) массовом и серийном производстве;

д) нет однозначного ответа.

28. Затраты, зависимые от метода обработки, называются:

а) технологической себестоимостью;

б) плановой себестоимостью;

в) нет однозначного ответа.

29. Назначение изделия, область применения, эксплуатационные, технические и экономические требования определяют:

а) техническое задание;

б) технический проект;

в) эскизный проект;

г) нет однозначного ответа.

30. Общий вид изделия, его основная идея определяют:

а) техническое задание;

б) технический проект;

в) эскизный проект;

г) рабочий проект;

д) нет однозначного ответа.

31. Расчет геометрических форм и размеров деталей, выбор материалов и заготовок определяются при составлении:

а) технического задания;

б) технического проекта;

в) эскизного проекта;

г) нет однозначного ответа.

◆ Задачи

Задача 1. Определите длительность производственного цикла обработки партии деталей, состоящей из 6 шт., при последовательном, параллельном и параллельно-последовательном видах движения, если трудоемкость обработки по операциям составляет: 005—4 мин., 010—2 мин., 015—5 мин., 020—4 мин. Передача деталей поштучная. Постройте графики для всех ви-

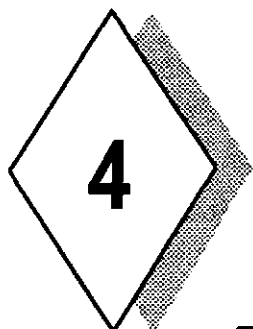
дов движения и сделайте выводы об эффективности этих видов движения.

Задача 2. Для изготовления детали разработаны 2 варианта технологического процесса: обработка резаньем и штамповка. Определите, какой вариант экономически целесообразнее при годовой программе в 900 шт. на основе следующих данных:

<i>Исходные данные</i>	<i>Варианты</i>	
	<i>Обработка резанием</i>	<i>Штамповка</i>
Стоимость материала, руб./шт.	3,2	2,2
Основная зарплата, руб./шт.	0,088	0,024
Дополнительная зарплата, %	11	11
Отчисления соцстраху, %	14	14
Расходы на оснастку и наладку, руб./год	28	103

Задача 3. Определите критическую программу и установите, при каком количестве деталей в год целесообразно их обрабатывать на четырехшпиндельном автомате вместо револьверного станка при следующих данных:

<i>Затраты</i>	<i>При обработке</i>	
	<i>на револьверном станке</i>	<i>на четырехшпиндельном автомате</i>
Заработная плата станочника, коп./шт.	13,0	4,0
Стоимость эксплуатации, коп./шт.		
станка	3	5
инструмента	2	2
Амортизация станка, коп./шт.	3	6
Стоимость наладки и эксплуатации оснастки, руб./год	10	32



Глава

Производственная программа и обеспечение ее выполнения

4.1. Основные разделы и технико-экономические показатели производственной программы

Производственная программа — основной раздел перспективного и годового бизнес-плана развития предприятия, в котором определяется объем изготовления и выпуска продукции по номенклатуре, ассортименту и качеству в натуральном и стоимостном выражениях.

Производственная программа отражает основные направления и задачи развития предприятия в плановом периоде, производственно-хозяйственные связи с другими предприятиями, профиль и степень специализации и комбинирования производства.

Основные разделы производственной программы для предприятий, занятых производством материального продукта:

- ♦ план по производству товарной (валовой) продукции;
- ♦ план выпуска продукции на экспорт;
- ♦ план по повышению качества продукции;
- ♦ план реализации продукции.

При разработке производственной программы основываются на потребностях народного хозяйства и мирового рынка в продукции предприятия, общей рыночной ситуации, состоянии конкурентных предприятий и отраслей.

Формирование разделов производственной программы осуществляется с применением балансового метода, позволяющего

приводить в соответствие объемы планируемых работ и потребности на них, а также осуществлять расчеты обеспеченности производственной программы производственными мощностями, материальными, топливно-энергетическими и трудовыми ресурсами.

Предприятия самостоятельно планируют номенклатуру и объем производимой продукции, руководствуясь при этом государственным заказом, обязательствами перед партнерами, обязательствами по поставкам сбытовым организациям.

Исходными данными при разработке производственной программы являются:

- ◆ уставные виды деятельности предприятия по производству и реализации продукции (работ, услуг);
- ◆ результаты фактического выполнения производственной программы за предыдущие периоды;
- ◆ данные по спросу на продукцию предприятия;
- ◆ сведения о рекламациях, замечаниях по качеству продукции за предыдущий период;
- ◆ сведения о долях продукции в общем объеме ее выпуска за предыдущий период по уровням качества;
- ◆ сведения об объеме реализации продукции за предыдущий период по его периодам (месяцам, кварталам);
- ◆ расчеты производственной мощности предприятия;
- ◆ прогрессивные технико-экономические нормы и нормативы;
- ◆ решения высших органов управления предприятия о стратегических перспективах его развития.

В упрощенном виде результат подготовки производственной программы проявляется в ответах на ключевые вопросы управления производственной структуры.

- ◆ Какие виды продукции и в каких количествах производить?
- ◆ В какие сроки должна быть готова продукция к отправке покупателю?
- ◆ Какого качества должна быть продукция в планируемом периоде?

- ◆ Сколько дополнительно предприятие может выпустить продукции, какого вида и качества в случае возникновения срочных заказов?
- ◆ Каков нижний предел объема выпуска продукции, при котором следует перейти в режим его консервации или остановить для модернизации?
- ◆ Каковы должны быть объемы потребляемых ресурсов для производства продукции и возможности для их удовлетворения?

План по производству товарной (валовой) продукции включает в себя формирование показателей объема выпуска товарной и валовой продукции.

По степени готовности продукция подразделяется на несколько видов.

1. Товарная продукция, т.е. готовая продукция, прошедшая все стадии обработки, удовлетворяющая требованиям ГОСТ и ТУ, принятая службой технического контроля качества, упакованная к отправке, сданная на склад поставщика и снабженная сдаточной документацией.
2. Незавершенная продукция, т.е. незаконченная в процессе обработки продукция, находящаяся на различных стадиях производственного цикла получения товарной продукции.
3. Полуфабрикаты собственного производства, т.е. продукция, технологический процесс изготовления которой закончен в одном цехе или производстве и подлежит доработке в других цехах предприятия или за его пределами.
4. Валовая продукция, т.е. продукция всех видов и качества, выпускаемая предприятием вне зависимости от степени ее готовности. Показатель валовой продукции характеризует общий объем производства, в том числе для внешнего оборота (реализации) и внутрипроизводственного потребления (оборота). В объем валовой продукции включают также выполненные работы промышленного характера и производственные услуги.

Под *внутрипроизводственным потреблением (оборотом)* понимают стоимость продукции и услуг цехов предприятия, потребляемую другими цехами своего же предприятия.

К внутризаводскому производственному обороту относятся: стоимость переработки на предприятии полуфабрикатов собственной выработки; стоимость электроэнергии, пара, воды, сжатого воздуха и холода собственной выработки для технологических целей, вентиляции, освещения и отопления цехов, заводских складов, здания заводоуправления и т.п.; стоимость использованных для производственных целей инструментов, приспособлений, штампов, моделей, деталей, запасных частей, вспомогательных материалов собственной выработки; стоимость материалов собственной выработки, израсходованных при текущих ремонтах и при уходе за оборудованием (смазка, чистка и т.п.); стоимость тары собственного производства, предназначенной для упаковки продукции предприятия, если стоимость тары включена в оптовые цены на эту продукцию.

Предприятия с высоким уровнем внутрипроизводственного кооперирования, такие, как производства азотных удобрений, анилиновых красителей, продуктов органического синтеза, пластмасс, резинотехнических изделий и других, имеющих большое количество полуфабрикатов (полупродуктов) для внутреннего потребления и переработки, формируют в составе производственной программы предприятия отдельные плановые балансы производства и переработки полуфабрикатов (полупродуктов).

Итоговые показатели плана по производству продукции необходимы для анализа загрузки оборудования, определения потребности в ресурсах для производства и технологической оснастки, общего объема выпуска продукции, его структуры, темпов роста выпуска и динамики производительности труда, фондоотдачи, материалоемкости и энергоемкости продукции, объемов выручки и ее структуры, других показателей эффективности производства.

Объем товарной продукции в плане включает стоимость: готовых изделий, предназначенных для реализации на сторону, своему капитальному строительству и непромышленным хозяйствам своего предприятия; полуфабрикатов своей выработки и продукции вспомогательных и подсобных производств, предназначенных к отпуску на сторону; стоимость работ промышленного характера, выполняемых по заказам со стороны или непромышленных хозяйств и организаций своего предприятия.

Объем валовой продукции B_n включает весь объем работ, намеченный к выполнению в данном плановом периоде; определяется он по следующей формуле:

$$B_n = T_n - H_n + H_k,$$

где H_n , H_k — остатки незавершенного производства, полуфабрикатов и инструмента своего производства на начало и конец планового периода;

T_n — товарная продукция.

В целях элиминирования прошлого труда и выявления результатов производственной деятельности, динамики производства продукции и зависящих от предприятий показателей производства ряд предприятий осуществляют планирование и оценку деятельности по чистой продукции вместо объема реализованной продукции.

Объем чистой продукции определяется путем вычитания из товарной продукции (в оптовых ценах предприятий) материальных затрат в тех же ценах (т.е. в ценах, принятых при разработке плана), а также суммы амортизации основных фондов. Применение показателя чистой продукции позволяет исключить повторный счет продукции, более точно определить усилия коллективов предприятий по выполнению ряда важнейших качественных показателей — производительности труда, фондоотдачи и др.

Пример плана по производству продукции приводится в табл. 4.1.

Установление показателей объема производимой продукции имеет отраслевые особенности.

Для химических предприятий, например, объем валового выпуска продукции в натуральном измерении определяется с указанием содержания в продукции основного вещества в соответствии с ГОСТ или утвержденными техническими условиями: кальцинированная сода — 100%, фенол — 100%, кислота серная — 95% и т.п. (табл. 4.2).

Когда вырабатываемый химический продукт содержит полезного вещества меньше, чем это предусмотрено по ГОСТ, он считается браком и в состав продукции не включается. Если содержание полезного вещества превышает установленную норму, возникает необходимость пересчета выработанной продукции на заранее установленные единицы измерения.

Таблица 4.1. План по производству продукции предприятия

Показатель	Продукция в натуральном выражении, шт.				Оптовая цена предприятия, руб.		Норматив чистой продукции	Продукция в стоимостном выражении, тыс. руб.							
	предыдущий год	план на отчетный год	темпы роста, % к предыдущему году	действующая	сопоставимая на 1 января отчетного года	в действующих ценах		в сопоставимых ценах		в нормативах чистой продукции					
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1. Готовая продукция, шт.															
Изделие А	4900	5000	102,0	630	690	240	3024	3150	3881	3450	102,0	1176	1200	102,0	
Изделие Б	900	1000	111,1	920	986	290	810	920	888	986	111,1	261	290	111,1	
Изделие В	1900	2000	105,3	850	867	350	1536	1700	1641	1734	105,3	665	700	105,3	
Итого	7700	8000					5470	5770	5910	6170	104,4	2102	2190	104,1	
2. Товары народного потребления, тыс. руб.	—	—	—	—	—	0,57	700	780	800	917	114,7	456	642	114,7	

Продолжение табл. 4.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3. Полуфабрикаты на сторону							2150	2300	2400	2500	104,2	1440	1500	104,2
4. Работы промышленного характера на сторону						0,61	262	270	280	290	103,6	171	177	103,6
Итого товарная продукция							8582	9140	9390	9877	105,2	-	-	-
В том числе Продукция высшей категории качества							4500	5200	4750	5830	122,7	-	-	-
Продукция на экспорт							750	870	820	840	102,4	-	-	-
Итого Нормативная Чистая продукция							-	-	-	-	-	4169	4509	108,1

Таблица 4.2. Расчет валовой продукции

Продукция	Содержание полезного вещества, %	Валовой выпуск в натуре, т	Оптовые цены предприятия, руб.	Валовой оборот оптовых цен предприятия, тыс. руб.	Расход на собственные производственные нужды		Валовая продукция в оптовых ценах	Остаток полуфабрикатов, тыс. руб.	
					в натуральных единицах, т	в оптовых ценах, тыс. руб.		на начало планового периода	на конец планового периода
Серная кислота	100	200 000	18	3600	170 000	3060	540	300	840
Суперфосфат простой	18,7	500 000	16	8000	260 000	4160	3840	700	4540
Суперфосфат гранулированный	19,5	250 000	24	6000	—	—	6000	—	—
Всего	—	—	—	17 600	—	7220	10 380	1000	5380

Только при установлении таких твердых единиц измерения можно сопоставлять фактическую выработку с плановой, а также фактическую выработку за ряд отчетных периодов и объемы однородной продукции, вырабатываемой на нескольких химических предприятиях.

Весовые единицы в натуральном выражении (технический вес) без указания содержания полезного вещества приняты для таких продуктов, как синтетический каучук, технический углерод, синтетические смолы.

На некоторых химических предприятиях (резинотехнических изделий, шин, изделий из пластических масс и др.) единицами измерения валового выпуска продукции являются условные единицы (например, квадратный метр прокладки в транспортной ленте; штуки, пары, метры по индивидуальным изделиям или группам однородных изделий).

Объем производства минеральных удобрений планируется в условных единицах на основе коэффициентов пересчета.

Выпуск продуктов, учитываемых в условных единицах, должен планироваться одновременно в натуральном и физическом выражении. Это необходимо для выполнения различных расчетов, установления планового объема внутри- и внезаводских перевозок, расчета плановых заготовительных цен и пр.

Объем производства некоторых продуктов, например серной кислоты, предусматривается в плане по видам перерабатываемого сырья (сера, колчедан, отходящие газы).

К товарной продукции химических предприятий относятся: готовая продукция, включая изделия, изготовленные как из полноценного сырья, так и из отходов, предназначенная к отпуску на сторону, а также на разные производственные нужды предприятия, продукция подсобных и вспомогательных цехов, в том числе электроэнергия, пар и вода, произведенные на данном предприятии, предназначенные к отпуску на сторону или на непроизводственные нужды предприятия; работы промышленного характера; полуфабрикаты, планируемые к отпуску на сторону; продукция ремонтных мастерских, реализуемая предприятием на сторону; тара собственного производства, если ее стоимость не учтена в оптовой цене.

Предприятия с большим ассортиментом, например лакокрасочных материалов или резинотехнических изделий, могут ус-

танавливать показатели объема выпуска по групповым (средним) ценам.

Для обеспечения ритмичности производства как одного из факторов повышения его эффективности, улучшения качества продукции и всей работы предприятия необходимо тщательно распределить годовой объем производства продукции по кварталам с учетом: установленных сроков и объемов поставки продукции; наращивания выпуска продукции за счет прироста и улучшения использования мощностей и основных фондов, а также за счет организационных мероприятий; сроков ввода в действие новых мощностей и оборудования; обеспечения равномерной загрузки и ритмичной работы всех производственных подразделений предприятия; числа рабочих дней в году, квартале; сезонности и сменности работы; требований сбытовых организаций и сезонности сбыта отдельных видов продукции; возможного выбытия основных фондов, а также остановки отдельных цехов для ремонта оборудования; снятия с производства устаревших видов продукции и замены их новыми видами продукции и т.п.

План выпуска продукции на экспорт включает в себя показатели объемов выпуска продукции предприятия, соответствующей требованиям ее поставок на экспорт на условиях конкретных соглашений и договоров.

План по повышению качества продукции включает в себя показатели обновления ассортимента и потребительских свойств продукции, обусловленные требованиями международных и отечественных стандартов качества, нововведениями и технотонамикой развития производства.

Качество важнейших для предприятия видов продукции должно отвечать по своим технико-экономическим показателям высшим достижениям отечественной и зарубежной техники на всех стадиях проектирования и изготовления продукции. Соответственно с этими требованиями предусматриваются замена и снятие с производства устаревшей продукции или модернизация устаревших изделий, улучшение основных технических характеристик выпускаемой продукции, соблюдение требований стандартов, технических условий и другой технической документации.

В планах выпуска продукции предприятий предусматриваются задания по снятию с производства устаревших видов из-

делий, т.е. продукции, не соответствующей современным требованиям национальной экономики и населения страны, морально устаревшей; указываются конкретные сроки замены устаревших изделий, а также новые виды изделий (типы, модели), их заменяющие.

План по реализации продукции включает в себя показатели объемов реализации продукции предприятия конкретным покупателям, выявленным в процессе маркетингового исследования рынка.

Реализованная продукция — это отгруженная заказчику, принятая им и оплаченная продукция предприятия, денежные средства за которую поступили на расчетный счет поставщика.

По объему реализуемой продукции оценивается производственно-хозяйственная деятельность отраслей, объединений и предприятий. Объем реализуемой продукции в плане определяется как стоимость предназначенных к поставке и подлежащих оплате в плановом периоде: готовых изделий; полуфабрикатов собственного производства; работ промышленного характера, предназначенных к реализации на сторону (включая капитальный ремонт своего оборудования и транспортных средств, выполняемый силами промышленно-производственного персонала), а также как реализация продукции и выполнение работ для своего капитального строительства и других непромышленных хозяйств, находящихся на балансе предприятия.

Объем реализуемой продукции по плану РП можно определить по следующей формуле:

$$РП = ТП + O_{нп1} - O_{нп2},$$

где $ТП$ — объем товарной продукции по плану;

$O_{нп1}$, $O_{нп2}$ — остатки нереализованной продукции на начало и конец планового периода.

При расчете реализуемой продукции учитывается изменение остатков нереализованной продукции на начало и конец планируемого периода. Остаток нереализованной продукции к началу планируемого периода состоит из остатка готовой продукции на складе и в неоформленных отгрузках; товаров отгруженных, по которым не наступил срок оплаты; товаров отгруженных, не оплаченных в срок покупателями; товаров на ответственном хранении у покупателей.

Для обеспечения выполнения производственной программы в будущем осуществляется анализ факторов, влияющих на объем реализованной продукции в результате:

- ♦ роста объема товарной продукции;
- ♦ осуществления мероприятий технического и организационного развития производства, в том числе выпуска новых видов продукции, повышения качества выпускаемой продукции, внедрения новых технологических процессов механизации и автоматизации производственных процессов, экономии сырья, материалов, прочих мероприятий, структурных сдвигов;
- ♦ изменения остатков нереализованной готовой продукции;
- ♦ других факторов.

Таковы некоторые направления разработки производственной программы.

4.2. Производственная мощность. Расчеты производственных мощностей. Значения резервных мощностей

Обоснование потенциальных и фактических возможностей предприятия по производству продукции, заложенных в средствах труда, является основой формирования его производственной программы.

Производственная мощность — это показатель, отражающий максимальную способность предприятия (подразделения, объединения или отрасли) по выпуску товарной продукции в натуральных или стоимостных единицах измерения, отнесенных к определенному периоду времени (смена, сутки, месяц, квартал, год).

Количественные значения производственной мощности обусловлены научно-техническим уровнем технологии производства продукции, номенклатурой (ассортиментом) и качеством продукции, а также особенностями организации труда, наличием энергетических, сырьевых и трудовых ресурсов, уровнем организации труда, специализации и кооперирования, пропускной способностью транспортных, складских и сбытовых служб. Неустойчивость факторов, влияющих на величину производственной мощности, порождает множественность этого

показателя, поэтому они подлежат периодическому пересмотру. В практике управления производством различают несколько видов понятий, характеризующих производственные мощности: проектную, пусковую, освоенную, фактическую, плановую, входную и выходную по периоду, вводимую, выводимую, балансовую.

В общем виде производственную мощность можно определить как максимально возможный выпуск продукции в соответствующий период времени при обозначенных условиях использования оборудования и производственных ресурсов (площадей, энергии, сырья, живого труда). Ведущим фактором, влияющим на производственную мощность и определяющим ее название, является оборудование, т.е. средство изменения материальной составляющей производственного процесса.

Наиболее простыми и точными измерителями производственной мощности являются натуральные единицы: количество изделий в смену; количество деталей в сутки; тонн в месяц; тысяч штук в год.

Производственные мощности измеряются, как правило, в тех же единицах, в которых планируется производство данной продукции в натуральном выражении (тоннах, штуках, метрах). Например, производственная мощность горно-добывающих предприятий определяется в тоннах добычи полезного ископаемого, металлургических предприятий — в тоннах выплавки металла и производства проката; машиностроительных заводов — в штуках изготавливаемых машин; мощность сахарных заводов и других предприятий пищевой промышленности — в тоннах сырья, перерабатываемого в готовую продукцию.

По продукции, имеющей широкую ассортиментную шкалу, производственные мощности могут выражаться в условно-натуральных единицах. Если предприятие выпускает несколько видов различной продукции, то производственные мощности устанавливаются по каждому виду отдельно.

Чем полнее во времени используется производственная мощность, тем больше продукции производится, тем ниже ее себестоимость, тем в более короткие сроки производитель накапливает средства для воспроизводства продукции и совершенствования самой производственной системы: замены оборудования и технологий, осуществления реконструкции производства и организационно-технических нововведений.

Увеличение выпуска продукции на имеющихся оборудовании и производственных площадях путем автоматизации и других способов интенсификации технологических процессов сокращает потребность в новых капиталовложениях, вызывает снижение эксплуатационных расходов, экономию сырья, позволяет повысить экологическую безопасность производства.

Проектная производственная мощность определяется в процессе проектирования производства и отражает его возможности для принятых в проекте условий функционирования предприятия. Фактически достигнутую для устойчивой работы мощность называют *освоенной*. В зависимости от развития и текущего состояния производства производственная мощность приобретает свои конкретные значения на период пуска производства (пусковая), фактически сложившуюся при текущих колебаниях спроса на продукцию (фактическая) или в расчетах производства объемов продукции (плановая).

В течение каждого планируемого периода производственная мощность может изменяться. Чем больше планируемый период, тем вероятность таких изменений выше. Основными причинами изменений являются:

- ♦ установка новых единиц оборудования взамен устаревших или аварийных;
- ♦ износ оборудования;
- ♦ ввод в действие новых мощностей;
- ♦ изменение производительности оборудования в связи с интенсификацией режима его работы или в связи с изменением качества сырья, срока действия катализатора, адсорбентов, очистителей, изменения антикоррозионной защиты и т.п.
- ♦ модернизация оборудования (замена узлов, блоков, захватов, транспортных элементов и т.п.);
- ♦ изменения в структуре исходных материалов, состава сырья или полуфабрикатов, приемах отбора фракций, способах теплового обмена, дозирования, калибровки и др.;
- ♦ продолжительность работы оборудования в течение планового периода с учетом остановок на ремонт, профилактику, технологические перерывы;
- ♦ специализация производства;
- ♦ режим работы оборудования (циклический, непрерывный);

- ♦ организация ремонтов и текущего эксплуатационного обслуживания.

Существенное значение имеет прирост производственной мощности, который достигается путем технического переоснащения и совершенствования организации производственного процесса. Производственную мощность на начало периода, как правило, года, называют входной, а на конец периода (года) — выходной производственной мощностью.

Так как часть оборудования может в течение эксплуатационного периода выводиться из рабочего режима, например, для капитального ремонта или демонтажа, или наоборот, вводиться, то ее соответственно учитывают в плановых расчетах в качестве понятий «вводимая», «выводимая» или «средняя» за период (среднегодовая, например) производственная мощность.

Балансовая производственная мощность соответствует по своей количественной мере условиям сопряжения разных по мощности единиц оборудования, сопряженных в едином технологическом процессе. Важным является требование сбалансированности всех видов мощностей оборудования производственного цикла. Балансовая мощность не всегда соответствует оптимальным значениям оборудования.

Определение конкретных значений производственной мощности осуществляется по каждой производственной единице (участок, цех, предприятие, отрасль) с учетом планируемых мероприятий. По мощности ведущей группы оборудования устанавливается производственная мощность участка, по ведущему участку — производственная мощность цеха, по ведущему цеху — производственная мощность предприятия. При установке производственной мощности управленцы разрабатывают мероприятия по «расшивке» узких мест с целью достижения наилучшей сбалансированности производственных мощностей производственных структур предприятия, в том числе средствами осуществления последовательно-параллельных стадий обработки и разнообразия ассортимента продукции (изделий).

Сумма производственных мощностей отдельных предприятий по одному и тому же виду продукции составляет производственную мощность отрасли промышленности.

Для условий рыночной экономики, когда деятельность предприятий ориентирована на удовлетворение спроса по видам продукции и учет требований (интересов) потребителей,

планируемая производственная мощность определяется исходя из портфеля заказов предприятия, прогнозов потребительского спроса.

Расчеты производственных мощностей выполняются на основе информации о состоянии установленного оборудования. При расчете необходимо руководствоваться следующими правилами:

- ♦ учитывать все наличное оборудование участка (цеха, предприятия), за исключением резервного;
- ♦ учитывать эффективный максимально возможный фонд времени работы оборудования при заданном режиме сменности;
- ♦ применять передовые технические нормы производительности оборудования, трудоемкости продукции, норм выхода продукции из сырья;
- ♦ ориентироваться на наиболее совершенные способы организации производства и сопоставимые измерители работы оборудования и баланса мощностей;
- ♦ при расчете производственных мощностей на планируемый период необходимо исходить из возможности обеспечения их полной загрузки. Но вместе с тем должны быть предусмотрены необходимые резервы мощностей, что важно в условиях рыночной экономики для быстрого реагирования на изменения товарного рыночного спроса;
- ♦ при расчете величины мощности не принимать во внимание простой оборудования, которые могут быть вызваны недостатками рабочей силы, сырья, топлива, электроэнергии или организационными неполадками, а также потери времени, связанные с ликвидацией брака продукции.

Машины и аппараты одинакового технологического назначения, используемые для производства однородной продукции, могут иметь общий натуральный измеритель производительности — единицы той продукции, для изготовления которой они предназначены. Для разнородных аппаратов найти общий натуральный измеритель производительности бывает затруднительно.

В качестве параметров измерения производственной мощности применяют те же единицы, что и для учета и планирования выработки продукции. Например, для серной кислоты —

тонны моногидрата, для каустической соды — тонны соды в пересчете на 100% щелочи, для отделения штамповки — тысячи штук изделий.

Для расчета производственной мощности производственной единицы (цеха) необходимо пересчитать производительность отдельных аппаратов в единицы конечной продукции, выпускаемой производственной единицей (цехом). Пересчет производят исходя из плановых расходных норм полуфабрикатов на единицу готовой продукции.

За основу расчета производственной мощности принимают проектные или технические (паспортные) нормы производительности оборудования и технически обоснованные нормы времени (выработки). Когда установленные нормы работники превзойдены, то расчет мощности производится по передовым достигнутым нормам, учитывающим устойчивые достижения.

Длительность остановок на плановый ремонт (текущий, средний и капитальный) рассчитывают по передовым нормам затрат времени на ремонт, достигнутым лучшими бригадами (с учетом увеличения межремонтных периодов из-за повышения качества ремонта и улучшения эксплуатации оборудования). Длительность ремонтов не должна превышать предусмотренные и утвержденные для данного оборудования нормы времени.

Время, необходимое для капитального ремонта оборудования с межремонтным циклом работы более одного года, учитывают при расчете мощности только того года, когда этот ремонт производится.

В производствах, где неизбежны остановки оборудования (для чистки, переключения с одного продукта на другой, перегрузки катализатора и т.п.), которые по времени невозможно совместить с простоями на ремонт, длительность этих остановок должна учитываться в расчете экстенсивной нагрузки оборудования. Затраты времени на технологические остановки устанавливаются в соответствии с нормами в технологических регламентах или правилах эксплуатации.

В практике расчетный фонд рабочего времени оборудования производства, работающего в прерывном режиме, называют располагаемым фондом, или номинальным.

Годовой фонд рабочего времени для цехов и производств, действующих непрерывно, рассчитывают, исходя из календарного числа суток в году за вычетом времени на ремонт и тех-

нологические остановки агрегатов. Для цехов и производств, действующих прерывно, годовой фонд рабочего времени определяют на основе календарного числа дней в году за вычетом выходных и праздничных дней. Из полученного фонда времени исключают время на ремонт, который производится в рабочее время.

Расчетная производительность оборудования не должна быть ниже достигнутой передовиками производства, превышающей паспортные или проектные нормы. При определении интенсивной нагрузки оборудования выбор единицы времени зависит от характера протекания производственных процессов. Для аппаратуры круглосуточного, непрерывного действия за единицу времени можно принять сутки, поскольку в пределах суток регламентируемых простоев не бывает; для машин и аппаратуры периодического действия за единицу принимают час работы или продолжительность операции, цикла (аппаратоборота).

Для определения производственной мощности имеет значение группировка аппаратов по их значимости в выпуске продукции.

Аппараты, агрегаты цехов химического предприятия, например, подразделяются на следующие группы:

- ♦ основные, или ведущие, производственные аппараты, в которых осуществляются химические, электрохимические, механические или другие технологические процессы (аппараты и машины для разделения газов, для очистки газов, дистилляции и ректификации; химические печи; компрессоры; аппаратура для смешения и перемешивания и др.);
- ♦ аппараты, выполняющие подготовительные функции (машины для дробления, измельчения и др.);
- ♦ вспомогательные производственные аппараты (аппараты для транспортирования сырья, материалов и полуфабрикатов, насосы, вентиляторы, силовые установки; генераторы, двигатели, трансформаторы и др.).

Производственная мощность определяется по мощности ведущих цехов, агрегатов или участков. Под ведущими цехами, участками или агрегатами понимаются те из них, где выполняются основные и наиболее массовые технологические операции

по изготовлению готовой (основной) продукции и в которых сосредоточена преобладающая часть оборудования.

При расчете производственной мощности предприятия на начало планового года должно учитываться все установленное оборудование независимо от его состояния (действует или бездействует из-за неисправности, находится в ремонте, наладке, в резерве, на реконструкции или на консервации, простаивает вследствие отсутствия сырья, материалов, энергии, а также монтируемое, если ввод в эксплуатацию предусмотрен в плане и т.п.). Резервное оборудование, предназначенное для замены ремонтируемого, при расчете мощности не учитывается.

При вводе новых мощностей по планам капитального строительства и их освоения предусматривается, что их эксплуатация начинается в следующем квартале после сдачи.

Для расчета производственной мощности используются следующие исходные данные:

- ♦ перечень производственного оборудования и его количество по видам;
- ♦ режимы использования оборудования и использования площадей;
- ♦ прогрессивные нормы производительности оборудования и трудоемкости изделий;
- ♦ квалификация рабочих;
- ♦ намечаемые номенклатура и ассортимент продукции, непосредственно влияющие на трудоемкость продукции при данном составе оборудования.

Если известна производительность оборудования, то *производственная мощность* (M) определяется как произведение паспортной производительности оборудования в единицу времени и планового фонда времени его работы:

$$M = T_{\text{эф}} \cdot a \cdot H,$$

где $T_{\text{эф}}$ — эффективный (плановый) фонд времени работы единицы оборудования, час;

a — количество однотипных аппаратов, машин, агрегатов, установленных в отделении (участке, цехе);

H — часовая норма производительности единицы оборудования по паспорту завода-изготовителя, выраженная в конечном продукте (т/час, м³/час, м²/час и др.).

Если известно, что фактически с оборудования снимается продукции больше, чем определено паспортом, то использовать

в расчете мощности нужно технически обоснованную норму производительности, определяемую производственниками.

Эффективный фонд рабочего времени оборудования определяется в зависимости от режима работы участка (отделения, цеха).

Если производство работает в непрерывном режиме (круглосуточно, без остановок в праздничные и выходные дни), то эффективный фонд ($T_{\text{эф}}^{\text{н}}$) рассчитывается следующим образом:

$$T_{\text{эф}}^{\text{н}} = T_{\text{кал}} \cdot T_{\text{шпр}} - T_{\text{техн}},$$

где $T_{\text{кал}}$ — календарный фонд (длительность года, 365 дней или 8760 час);

$T_{\text{шпр}}$ — время простоев в планово-предупредительных ремонтах, час;

$T_{\text{техн}}$ — время простоев оборудования по технологическим причинам (загрузка, выгрузка, чистка, промывка, продувка и т.д.), час.

В условиях непрерывного производственного процесса максимально возможный фонд времени работы оборудования равен произведению календарных дней и 24 ч в сутках.

В прерывном производстве рассчитывают *располагаемый фонд времени оборудования* (в практике его называют номинальным).

Поясним, что понимается под располагаемым фондом времени оборудования.

Календарный, или максимально возможный, фонд является исходной величиной в учете времени работы и бездействия оборудования. На каждом предприятии действует определенный режим работы (число рабочих и выходных дней, число смен и их продолжительность). Поэтому не весь календарный фонд может быть использован для целей производства. Если из календарного фонда времени исключить часть рабочего времени между сменами и время нерабочих дней, то получится режимный фонд времени. Например, для одного станка календарный фонд времени за год равен: 24 (365 = 8760 станкочасов). Для совокупности станков фонд времени (календарный, режимный) равен произведению фонда времени одного станка на число станков.

Располагаемый фонд получают исключением из режимного фонда затрат времени на плановый ремонт и времени на нахождение оборудования в резерве.

При работе производства в периодическом режиме (с остановками на праздничные и выходные дни) эффективный фонд рассчитывается на основе режимного фонда времени.

В периодических производствах и в непрерывных производствах с периодически работающим оборудованием мощность определяется по формуле:

$$M = \frac{T_{\text{эф}}}{T_{\text{ц}}} \cdot Z_{\text{с}} \cdot B_{\text{гп}} \cdot a,$$

где $T_{\text{ц}}$ — время производственного цикла работы оборудования, час;
 $Z_{\text{с}}$ — объем загрузки сырья на один цикл;
 $B_{\text{гп}}$ — выход готовой продукции из единицы сырья;
 a — количество однотипных аппаратов, машин, агрегатов, установленных в отделении (цехе).

В условиях многономенклатурного производства производственная мощность определяется как частное от деления фонда времени работы оборудования на трудоемкость комплекта изделий (деталей), изготавливаемых на данном оборудовании:

$$M = \frac{T_{\text{эф}}}{\sum_a T_{\text{ки}}} \left[\frac{\text{час}}{\text{час/ед}} \right] \cdot \text{Продолжительность периода},$$

где $\sum_a T_{\text{ки}}$ — трудоемкость комплекта изделий, включающего a видов.

Входная и выходная производственная мощность исчисляются ежегодно по данным отраслевой статистики как внешняя конкурентная характеристика оборудования. Для определения соответствия производственной программы имеющейся мощности исчисляется среднегодовая производственная мощность предприятия ($M_{\text{ср}}$). При равномерном наращивании мощности в течение года ее среднегодовая величина определяется как полусумма входной ($M_{\text{вх}}$) и выходной ($M_{\text{вых}}$) мощности:

$$M_{\text{ср}} = \frac{M_{\text{вх}} + M_{\text{вых}}}{2}.$$

В иных случаях среднегодовая мощность ($M_{\text{сг}}$) с учетом ввода нового оборудования и вывода устаревшего исчисляется так:

$$M_{\text{сг}} = M_{\text{нг}} + M_{\text{вв}} \cdot \frac{T_{\text{л}}}{12} - M_{\text{выв}} \cdot \frac{T_{\text{выв}}}{12} - M_0 \cdot \frac{T_0}{12},$$

- где $M_{\text{нг}}$ — мощность на начало года;
 $M_{\text{вв}}$ — вводимые новые мощности;
 $T_{\text{л}}$ — число месяцев работы вводимых мощностей;
 $M_{\text{выв}}$ — мощности выводимые;
 M_0 — увеличение мощности за счет оргтехмероприятий;
 $T_{\text{выв}}$ — число месяцев, когда выводимые мощности не будут работать;
 T_0 — число месяцев работы после внедрения мероприятия;
 12 — число месяцев в году.

Наличие резервной производственной мощности обусловлено необходимостью периодической остановки части оборудования для выполнения ремонтных и регламентных (профилактических) работ, а также для регулирования объема производства продукции. Наиболее оптимальные нагрузки оборудования, как правило, находятся в диапазоне 80—90% от их максимальных значений.

Методика расчета производственной мощности в непрерывных химических производствах

Мощность аппаратов непрерывного действия, работающих на химических предприятиях, рассчитывают на основе технических норм использования оборудования во времени и интенсивности работы оборудования.

Общая формула расчета производственной мощности (M):

$$M = a \cdot (T - T_0) \cdot v,$$

- где a — количество однородных аппаратов (машин);
 T — календарное время, час;
 T_0 — регламентируемые остановки одного аппарата (машины), час;
 v — производительность одного аппарата (машины) в час.

Количество аппарато- и машиночасов $T_{\text{мч}}$, которое должно быть использовано за год, рассчитывают по формуле

$$T_{\text{мч}} = (T - T_0) \cdot a.$$

При определении фонда рабочего времени (или количества аппаратодней работы в плановом году) могут предусматриваться, как уже говорилось, простой оборудования в связи с теку-

щим и капитальным ремонтами, а также технологические остановки.

Допустим, что в цехе установлены пять аппаратов. В плановом году предусматриваются остановка цеха на 10 суток (в связи с ремонтом коммуникаций) и время на текущий и капитальный ремонты и технологические остановки одного аппарата 504 ч, или 21 сут. ($504 / 24$). Фонд рабочего времени составит $(365 - 21) \cdot 5 = 1720$ аппаратосуток. (Ремонт аппаратуры совпадает с ремонтом коммуникаций. Поэтому 10 дней не включены в расчет).

После определения количества аппаратодней работы планового периода рассчитывают количество сырья, поступающего в переработку. Расчет можно вести на единицу времени (час, сут.).

Если показатель интенсивности определен как количество сырья, подаваемого в аппарат на единицу реакционного объема в единицу времени, то для расчета мощности необходимо учитывать выход продукции из единицы сырья, или расходный коэффициент.

Производственная мощность (M) аппаратов непрерывного действия может быть вычислена по формулам:

$$M = (T - T_0) \cdot a \cdot L \cdot I_{\text{нл}} \cdot B_{\text{п}},$$

или

$$M = \frac{(T - T_0) \cdot a \cdot L \cdot I_{\text{нл}}}{P_{\text{к}}},$$

где L — полезный объем или площадь аппарата;

$I_{\text{нл}}$ — нормативное количество сырья на единицу объема или площади i -го аппарата в час;

$B_{\text{п}}$ — коэффициент выхода готовой продукции из сырья;

$P_{\text{к}}$ — расходный коэффициент.

Если показатель производительности определяется в единицах готовой продукции (объем продукции с одного кубометра объема в сутки), мощность аппарата непрерывного действия за плановый период составит:

$$M = (T - T_0) \cdot a \cdot L \cdot I_{\text{п}},$$

где $I_{\text{п}}$ — количество готовой продукции с единицы объема.

Для непрерывных процессов можно воспользоваться следующей формулой:

$$M = (T - T_0) \cdot a \cdot V \cdot C \cdot 10^6 \cdot B_{\Pi},$$

где V — объемная скорость, м³/ч;

$C \cdot 10^6$ — концентрация в пересчете на тонну вещества, находящегося в аппарате.

Методика расчета производственной мощности оборудования периодического действия (общая схема расчета)

Мощность аппаратов периодического действия зависит от числа оборотов, или циклов, по данной фазе производства, количества сырья, потребляемого за один оборот или цикл, и выхода готовой продукции из единицы сырья.

Продолжительность цикла, или оборота, включает затраты времени на выполнение всех операций, начиная от включения аппарата и загрузки сырья и кончая выгрузкой готовой продукции. При этом по операциям, протекающим одновременно, в длительность цикла не должны включаться совмещенные затраты времени.

Цикл производства обычно складывается из времени технологического и времени обслуживания, расходуемого на выполнение вспомогательных операций. Для сокращения технологического времени необходимо усовершенствование регламента производства. Сокращение времени обслуживания планируется на основе разработки организационно-технических мероприятий, направленных, в частности, на совмещение времени обслуживания с временем технологическим.

Мощность данного вида оборудования периодического действия рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{(T - T_0) \cdot a \cdot I_{ij} \cdot B_{\Pi}}{T_{\Pi}},$$

где I_{ij} — количество сырья, потребляемого за один j -й цикл;

B_{Π} — плановый выход продукции из единицы сырья;

T_{Π} — продолжительность одного цикла (оборота), ч.

Когда в аппарат загружается сырье нескольких видов, выход определяют по основному сырью и в формулу вводят коэффициент, характеризующий отношение веса этого основного сырья к весу общей загрузки.

Мощность оборудования периодического действия можно также определять, исходя из плановой нормы интенсивности (или производительности), выраженной в единицах готовой продукции.

Производительность оборудования в единицах готовой продукции равна:

$$I_n = \frac{I_{нл} \cdot B_n}{T_n \cdot L}.$$

Таким образом, мощность может быть выражена формулой

$$M = (T - T_0) \cdot a \cdot I_n \cdot L.$$

Показатели мощности аппаратов-агрегатов, выраженные в единицах продукции, выпускаемой цехом, и расположенные в последовательном порядке на диаграмме соответственно прохождению производственного процесса, называют профилем мощности цеха. Составление такого профиля позволяет выявить узкие места, ликвидация которых даст возможность повысить выпуск продукции.

На основе данных профиля рассчитывают мощность цеха. Приведем пример расчета мощности цеха по производству аммиака в условиях ступенчатого графика работы в течение планового года (табл. 4.3).

По приведенным данным рассчитываем мощность цеха. Из таблицы следует, что из-за ремонтов не все установленные агрегаты будут одновременно работать в течение года, на что указывают графы 9, 10 и 11. Агрегаты будут ремонтироваться по очереди. При установленной продолжительности ремонтов и часовой производительности агрегатов оказывается, что наименьшая производительность будет у агрегатов синтеза — 15 т/час аммиака. Этот агрегат является одним из основных.

На ремонт четырех агрегатов синтеза аммиака будет затрачено 28 д. (7 · 4), и в течение этого срока мощность цеха будет равна 15 т/ч. Следующее ограничение возникает из-за ремонта агрегатов очистки; производительность 16 т/ч. На ремонт агрегатов очистки будет затрачено 60 д. (10 · 6). Поэтому в последующие 32 д. (60 — 28) производительность всего цеха не может быть выше 16 т/ч, хотя у агрегатов синтеза мощность после ремонта и возрастает до 20 т/час. Далее 36 д. (96 — 60) будут лимитироваться компрессорами, на ремонт которых будет затрачено 96 д. (24 · 4) и минимальная производительность которых равна 16,5 т/ч. аммиака. После компрессоров наступает очередь ремонта агрегатов разделения воздуха. На этот ремонт будет затрачено 205 д. (41 · 5), поэтому в последующие 109 д. (205—96) можно будет производить только 18 т/ч. аммиака.

Таблица 4.3. Расчет производственной мощности цеха по производству аммиака

Агрегаты	Производительность агрегата, т/ч	Длительность останова в течение года, д.	Годовой фонд рабочего времени, д.	Количество установленных агрегатов	Производительность отделения						Мощность цеха, т/год	
					максимальная			минимальная				
					количество агрегатов в работе	число дней работы в течение года	производительность, т/ч	количество агрегатов в работе	число дней работы в течение года	производительность, т/ч		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
конверсии	3,1	27	333	7	7	171	21,7	6	189	18,6	24 775	173 425
очистки	3,2	10	350	6	6	300	19,2	5	60	16	26 880	161 280
разделения воздуха	4,5	41	319	5	5	155	22,5	4	205	18	34 452	172 260
синтеза	5	7	353	4	4	332	20	3	28	15	42 360	169 440
компрессоры	5,5	24	336	4	4	264	22	3	96	16,5	44 352	177 408

Примечание.

гр. 4 = 360 д. - гр. 3;

гр. 8 = гр. 2 · гр. 5;

гр. 10 = 360 д. - гр. 7;

гр. 11 = гр. 2 · гр. 9;

гр. 12 = гр. 2 · гр. 4 · 24;

гр. 13 = гр. 4 · 24 · гр. 8.

В остающиеся 155 д. (360 — 205) мощность цеха лимитируется работой агрегатов очистки, производительность которых в период работы всех агрегатов является наименьшей — 19,2 т/ч.

Следовательно, годовая мощность цеха составит

$$(15 \cdot 28 + 16 \cdot 32 + 16,5 \cdot 36 + 18 \cdot 109 + 19,2 \cdot 155) \cdot 24 = 155\,136 \text{ т.}$$

Итак, фактическая часовая производительность — 18 т/ч при минимальной производительности одного из агрегатов (очистки) 19,2 т/ч. Пример показывает необходимость производства и установки такой аппаратуры, для которой сроки межремонтного цикла совпадали бы или, по крайней мере, были близки. Выполнение этого требования позволит значительно увеличить съем продукции и снизить эксплуатационные издержки, возникающие из-за недоиспользования производственной мощности.

Очевидно, что снизятся не только удельные капиталовложения на единицу продукции, но и увеличатся фондоотдача и производительность труда.

Рассмотрим упрощенные примеры расчетов производственной мощности для предприятий других отраслей.

Пример 1

В цехе машиностроительного завода три группы станков: шлифовальные — 5 ед., строгальные — 11 ед., револьверные — 15 ед. Норма времени на обработку единицы изделия в каждой группе станков соответственно: 0,5 ч; 1,1 ч; 1,5 ч.

Определите производственную мощность цеха, если известно, что режим двухсменный, продолжительность смены — 8 ч; регламентированные простои оборудования составляют 7% от режимного фонда времени, число рабочих дней в году — 255.

Решение

$$1. T_{\text{макс(пол)}} = D_p \cdot C \cdot t_{\text{см}} \cdot \frac{100 - \%_{\text{пр}}}{100} = 255 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,93 = 3794,2 \text{ ч.}$$

$$2. M = \frac{T_{\text{макс}} \cdot n}{N_i}.$$

$$M_{\text{шл}} = \frac{3794,2 \cdot 5}{0,5} = 37942 \text{ изд.}$$

$$M_{\text{стр}} = \frac{3794,2 \cdot 11}{1,1} = 37942 \text{ изд.}$$

$$M_{\text{рев}} = \frac{3794,2 \cdot 15}{1,5} = 37942 \text{ изд.}$$

Пример 2

Ткацкая фабрика работает в две смены, количество ткацких станков на начало года 500. С 1 апреля установлены 60 станков, а 1 августа выбыли 50 станков. Число рабочих дней в году — 260, плановый процент простоев на ремонт станка — 5%, производительность одного станка — 4 м ткани в час, план выпуска продукции — 7500 тыс. м.

Рассчитайте производственную мощность фабрики по выпуску ткани и коэффициент ее использования.

Решение

$$1. \bar{n} = 500 + \frac{60 \cdot 9}{12} - \frac{50 \cdot 6}{12} = 520.$$

$$2. T_{\text{макс(пол)}} = D_p \cdot C \cdot t_{\text{см}} \cdot \frac{100 - \%_{\text{пр}}}{100} = 260 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,95 = 3952 \text{ ч.}$$

$$3. M = \Pi_m \cdot T_{\text{макс}} \cdot \bar{n} = 4 \cdot 3952 \cdot 520 = 8220,16 \text{ тыс. м.}$$

$$4. K_{\text{им}} = \frac{B_{\text{пл}}}{M} = \frac{7500}{8220,16} \approx 0,91.$$

Пример 3

Определите производственную мощность цеха и коэффициент использования мощности при следующих условиях: количество однотипных станков в цехе 100 ед., с 1 ноября установлены еще 30 ед., с 1 мая выбыли 6 ед., число рабочих дней в году — 258, режим работы двухсменный, продолжительность смены — 8 час, регламентированный процент простоев на ремонт оборудования — 6%, производительность одного станка — 5 деталей в час; план выпуска за год — 1 700 000 деталей.

Решение

$$1. T_{\text{макс(пол)}} = D_p \cdot C \cdot t_{\text{см}} \cdot \frac{100 - \%_{\text{пр}}}{100} = 258 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,94 = 3880,32 \text{ ч.}$$

$$2. \bar{n} = n + \frac{n_{\text{ав}} \cdot n_m}{12} - \frac{n_{\text{выб}} \cdot n_m}{12} = 100 + \frac{30 \cdot 2}{12} - \frac{6 \cdot 8}{12} = 101 \text{ ст.}$$

$$3. M = \Pi_m \cdot T_{\text{макс}} \cdot \bar{n} = 5 \cdot 3880,32 \cdot 101 = 1959562 \text{ дет.}$$

$$4. K_{\text{им}} = \frac{B_{\text{пл}}}{M} = \frac{1700000}{1959562} \approx 0,87.$$

4.3. Определение потребности в трудовых, материальных и финансовых ресурсах для выполнения производственной программы

Производственная программа предприятия для своего осуществления должна быть обеспечена необходимыми ресурсами, к которым относятся средства на оплату труда персонала, закупку сырья, материалов, полуфабрикатов, горюче-смазочных материалов и т.п. Удовлетворение потребностей производства возможно при наличии финансовых ресурсов в виде оборотных средств предприятия, формируемых при успешном ведении хозяйственной деятельности из финансовых поступлений (выручка, запасы, недвижимость, продукция на продажу, пакеты ценных бумаг и т.п.) в необходимые платежи.

В системе планов предприятия его ресурсные потребности для выполнения производственной программы отражаются в формах:

- ♦ плана по труду и заработной плате;
- ♦ плана материально-технического снабжения;
- ♦ плана себестоимости, прибыли и рентабельности.

Рассмотрим порядок формирования планов на примере цеха полихлорвиниловых смол химического предприятия. В связи со значительными колебаниями курса рубля в период перехода к рыночным ценам, а также в связи с деноминацией рубля с 1 января 1998 года стоимостные данные примера следует воспринимать как примерные (условные), в том числе по оплате труда.

План по труду и заработной плате включает в себя расчет численности основного и цехового персонала с учетом сменности его работы, на основе которого определяется размер планового фонда оплаты труда работников.

Расчет потребного количества рабочих проводится по формуле:

$$Ч_{яв}^{см} = \frac{A}{H_{обсл}},$$

где $Ч_{яв}^{см}$ — явочная численность рабочих в смену, чел.;

A — количество однотипных аппаратов, шт.;

$H_{обсл}$ — норма обслуживания — количество аппаратов, машин,

агрегатов, которое может обслужить один рабочий за смену, ед.

Явочное количество рабочих в сутки:

$$Ч_{\text{яв}}^{\text{сут}} = Ч_{\text{яв}}^{\text{см}} \cdot C,$$

где C — количество рабочих смен в сутки.

Численность рабочих с учетом подмены называется списочной:

$$Ч_{\text{сп}}^{\text{сут}} = Ч_{\text{яв}}^{\text{см}} \cdot K_{\text{пер}},$$

где $K_{\text{пер}}$ — коэффициент перехода от явочной численности к списочной. Он равен для непрерывных производств:

$$K_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{эф}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ — календарный фонд времени в днях.

Эффективный фонд времени одного рабочего определяется по балансу рабочего времени, приведенному в табл. 4.4, для условий непрерывного производства, работающего в три смены при 8-часовой продолжительности рабочего дня.

Таблица 4.4 Примерный баланс времени на одного рабочего, дней

Статьи баланса	T , дней
Календарное время ($T_{\text{кал}}$)	365
Выходные дни	89
Праздничные дни	—
Номинальный фонд	276
Невыходы:	
отпуск	38
болезни	9
декретный отпуск	—
Выполнение государственных обязанностей	1
Итого невыходов	137
Эффективное время работы одного рабочего ($T_{\text{эф}}$)	228

При $T_{\text{кал}} = 365$, $T_{\text{эф}} = 228$ имеем $K_{\text{пер}} = 365 : 228 = 1,6$.

Для аппаратчика испарения:

при $N_{\text{обсл}} = 30$ ед. и $A = 30$ ед. имеем:

$$Ч_{яв}^{см} = 30 / 30 = 1 \text{ чел.};$$

$$Ч_{яв}^{сут} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ чел.};$$

$$Ч_{сп} = 3 \cdot 1,6 = 4,8.$$

(Принимаем $Ч_{сп} = 4$ чел.).

Данные расчета по всем профессиям персонала приводятся в табл. 4.5.

Фонд оплаты труда (ФОТ) рабочих определяется по следующим соотношениям:

1. Оплата за труд (тарифный фонд):

$$\Phi_T = TC_i \cdot Ч_{спi} \cdot T_{эфi},$$

где TC_i — тарифная ставка (часовая, дневная) рабочего i -го разряда, руб.;

$Ч_{спi}$ — списочная численность рабочих i -го разряда, чел.;

$T_{эфi}$ — эффективный фонд рабочего времени по балансу (часов или дней).

2. Надбавки и доплаты (в соответствии с положением об оплате труда на предприятии):

- ♦ надбавки за работу в ночное время определяются при непрерывном режиме производства в размере 13,33% к фонду оплаты по тарифным ставкам;
- ♦ доплаты за работу в вечернюю смену — 6,67% тарифного фонда;
- ♦ доплаты за работу в праздничные дни составляют 2,46% тарифного фонда.

Тарифный фонд в сумме с доплатами и надбавками может служить основой для расчета среднедневного заработка, по которому оплачиваются дни очередных и учебных отпусков и дни выполнения государственных обязанностей.

Зарплата средняя дневная ($З_{ср.-дн}$):

$$З_{ср.-дн} = \frac{\Phi_T + Д + П}{T_{эф} \cdot Ч_{спис}},$$

где Φ_T — тарифный фонд оплаты, руб.;

$Д$ — доплаты и надбавки, руб.;

$П$ — премии, руб. (по данным предприятия);

$T_{эф}$ — эффективный фонд времени по балансу, дней;

$Ч_{сп}$ — списочная численность рабочих.

Таблица 4.5. Расчет численности персонала цеха ПХВС-1

Персонал	Разряд	Н _{обсл.} , ед.	Ч _{см} яв., чел.	С, смен	Ч _{сут} яв., чел.	К _{пер}	Ч _{сп} , чел.
1. Основные рабочие							
Аппаратчик испарения	5	30	1		3		4
Аппаратчик испарения	3	15	2		5		8
Машинист компрессорной установки	3	30	1	3	3	1,6	4
Подмена		30	1		1		1
Аппаратчик хлорирования	5	30	1		3		5
Аппаратчик хлорирования	3	30	1		3		5
Аппаратчик перегонки	4	30	1		3		5
Аппаратчик перегонки	3	30	1		3		5
Аппаратчик осушки газа	3	30	1		3		5
Аппаратчик абсорбции	4	30	1		3		5
Аппаратчик хлорирования	4	30	1		1		2
Подмена		30	1		2		3
Аппаратчик полимеризации	5	30	1		3		5
Аппаратчик полимеризации	4	8	4		13		20
Аппаратчик полимеризации	3	30	1		3		5
Аппаратчик центрифуг	4	30	1		3		5
Аппаратчик центрифуг	3	30	1	3	3	1,6	5
Аппаратчик десорбции	3	30	1		3		5
Аппаратчик гранулирования	5	30	1		3		5
Аппаратчик рассева	3	15	2		6		10
Аппаратчик чистки газа	3	30	1		3		5
Аппаратчик обессоливания	3	30	1		3		5
Укладчик-упаковщик	3	30	1		4		6
Подмена		30	1		4		7
2. Ремонтные рабочие	2		13		39		62
3. Вспомогательные рабочие	4		8		24		38
Всего							235

Например, для аппаратчика испарения 5-го разряда:

$$Z_{\text{ср.-зн}} = \frac{61924,8 + 8254,6 + 4130,4 + 1523,4 + 8669,5}{228 \cdot 4} = 9,27 \text{ руб.}$$

Доплата за отпуск и выполнение государственных обязанностей для одного рабочего составляет:

$$(38 + 1) \cdot 9,27 \cdot 0,635 = 229,57 \text{ руб.,}$$

где 0,635 — корректирующий коэффициент предприятия (принят постоянным для всех профессий, но может иметь дифференцированные значения).

Доплата за отпуск и выполнение государственных обязанностей для группы рабочих аппаратчиков испарения составит:

$$229,57 \cdot 4 = 918,28 \text{ руб.}$$

Годовой ФОТ равен сумме тарифного фонда, доплат, надбавок, премий и оплаты за отпуск и выполнение государственных обязанностей:

$$\begin{aligned} \text{ФОТ}_{\text{год}} &= 6192,48 + 825,46 + 413,04 + 152,34 + \\ &+ 866,95 + 918,28 = 9368,54 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Среднегодовая зарплата одного аппаратчика испарения:

$$\bar{Z}_r = \frac{\Phi_r}{T_{\text{сп}}} = \frac{9368,54}{4} = 2342,14 \text{ руб.}$$

Фонд оплаты труда руководителей и специалистов цеха определяется на основании численности данной категории персонала, должностных окладов и размеров премий, надбавок, доплат.

Фонд оплаты по должностным окладам определяется как произведение месячного оклада и числа единиц месяцев в году. Премия рассчитывается в размере 30% от фонда оплаты по должностным окладам (плановая оценка).

Годовой ФОТ для цехового персонала определяется как сумма ФОТ по должностным окладам и премий, надбавок для соответствующей должности.

Например, для начальника цеха годовой фонд оплаты труда составляет при окладе 200 руб. в месяц:

$$\Phi_r^{\text{нч}} = \Phi_{\text{мес}}^{\text{нч}} \cdot n \cdot 12 = 200 \cdot 1 \cdot 12 = 2400 \text{ руб.}$$

Таблица 4.6. Расчет потребности в сырье, материалах, топливе и энергии

сырья, материалов, топлива, энергии	Наименование	Единица измерения	Норма расхода на ед. продукции	Объем производства, т/год	Потребность, т/год
1. Материалы:	Порофор	кг	1,5		51010,2
	Диоктилфтолат	кг	0,45		15303,06
2. Сырье и основные материалы:	Дифенилпропан	кг	0,12		4080,816
	Метилцеллюлоза	кг	0,64		21764,352
	Ионол	кг	0,061		2074,415
	Фосфит	кг	0,6		20404,08
3. Полуфабрикаты:	Полуфабрикаты:				
	Винилхлорид	кг	1,12	34006,8	38087,616
	Хлористый кальций	кг	2,1		71414,28
	Азот	тм ³	0,265		8977,795
	Сода каустическая	т	0,065		2210,442
	Мешки бумажные для отсева	шт	50		1700340
	Мешки бумажные	шт	43		1462292
	Спирт этиловый	л	0,141		7494,959
4. Топливо:	Топливо:				
	Природный газ	тм ³	0,096		3264,653
5. Энергоносители:	Энергоносители:				
	Электроэнергия	кВт·ч	598,6		20356470,48
	Пар	Гк	1,655		56281,254
	Вода промышленная	м ³	184		6257251,2
	Вода очищенная	м ³	5,2		176835,36
	Воздух пневмотранспорта	м ³	1,32		44888,976
	Воздух для КИПиА	тм ³	0,91250		31031,205

Премия:

$$П = 2400 \cdot 0,3 = 720 \text{ руб.}$$

$$\Phi_r^{\text{нп}} = 2400 + 720 = 3120 \text{ руб.}$$

Расчет для остального персонала цеха проводится аналогично.

План материально-технического снабжения определяет потребность цеха в материально-технических ресурсах. Исходные данные для расчета годовой потребности в сырье, материалах, топливе, энергии:

- ♦ плановые расходные нормы по всем видам материальных энергетических ресурсов;
- ♦ годовой объем производства продукции.

Итоговая потребность (*ПР*) каждого из ресурсов (табл. 4.6) рассчитывается как произведение объема производства (B_r) на норму потребности ресурса в год ($H_r^{\text{нп}}$):

$$ПР = B_r \cdot H_r^{\text{нп}}.$$

Потребность в электрической и тепловой энергии просчитывается аналогично в единицах кВт·ч/год и Гкал/год. Стоимостные оценки потребностей в материально-технических ресурсах определяются с учетом оптовых цен и тарифов на энергоносители путем их прямого пересчета (в данном примере не приводятся).

Тарифы на энергоносители в каждом из регионов России устанавливаются и пересматриваются решениями органов исполнительной власти в порядке, установленном для естественных монополий.

Например, в Тульской области стоимость 1 Гкал тепла в 1998 г. составляла 159,6 руб.; а 1 кВт·ч электроэнергии — 0,343 руб.

План по себестоимости, прибыли и рентабельности является основой для систематизации данных о состоянии предприятия для удовлетворения потребностей предприятия в финансовых ресурсах. В расчетах плана определяются амортизационные отчисления как внутренний источник финансирования, смета цеховых расходов как общая потребность в средствах на эксплуатацию производства, выручка от реализации продукции как источник формирования прибыли и фондов предприятия.

Расчет амортизационных отчислений производится от стоимости зданий, сооружений и оборудования, относящихся к основному производству. Амортизация по другим объектам выполнена для приведенного нами примера в комплексных статьях (стоимость ремонта, стоимость транспорта и др.) калькуляции.

Стоимость зданий, сооружений, оборудования принимается по данным их инвентаризации и переоценки для условий конкретного предприятия (табл. 4.7).

Сумма амортизационных отчислений рассчитывается как произведение стоимости основных фондов и нормы амортизации.

Таблица 4.7. Расчет амортизационных отчислений по основным производственным фондам цеха

<i>Вид ОПФ</i>	<i>Стоимость ОПФ, руб.</i>	<i>Норма амортизации, %</i>	<i>Сумма амортизационных отчислений, руб.</i>
Производственные здания, сооружения	2937979	1,8	52883,62
Оборудование	3211860	6,2	199135,32
ИТОГО	6149839		252018,94

Расходы по обслуживанию и управлению цехом определяются по смете общих цеховых расходов, которая составляется на основании производственных данных или с использованием укрупненных показателей (табл. 4.8).

В результате расчета определяем долю общих цеховых расходов на единицу выпускаемой продукции:

$$\begin{aligned}
 \frac{\text{Общие цеховые расходы на единицу продукции}}{\text{на единицу продукции}} &= \frac{\text{Цеховые расходы по смете}}{\text{Годовой выпуск продукции}} = \\
 &= \frac{560906,95}{34006,8} = 16,49 \text{ руб./т.}
 \end{aligned}$$

Смета расходов на содержание и обслуживание оборудования формируется по учетным данным предприятия или по укрупненным соотношениям, принятым по нормативным данным, действующим на предприятии.

По результатам сметы выявляются плановые расходы на содержание и обслуживание оборудования на единицу выпускаемой продукции:

$$\frac{\text{Расходы на содержание и обслуживание оборудования на единицу выпускаемой продукции}}{\text{Смета расходов на содержание и обслуживание оборудования по смете}} = \frac{\text{Годовой выпуск продукции}}{\text{Годовой выпуск продукции}}$$

Таблица 4.8. Смета общих цеховых расходов

<i>№ п/п</i>	<i>Статья расходов</i>	<i>Сумма, руб.</i>	<i>Примечание</i>
1	Фонд оплаты труда цехового персонала	55 546	
2	Отчисления на социальное страхование	21 940,67	39,5% от статьи 1
3	Содержание производственных зданий, сооружений	176 278,74	6% от их стоимости
4	Текущий ремонт зданий, сооружений	73 449,47	2,5% от их стоимости(табл. 4.7)
5	Капитальный ремонт зданий, сооружений	44 069,69	1,5% от их стоимости(табл. 4.7)
6	Амортизация производственных зданий, сооружений	52 883,62	В соответствии с расчетом табл. 4.7
7	Расходы по охране труда рабочих цехового персонала	58 022,38 5554,6	10% от ФОТ всех работающих
	Итого по ст. 1—7	487 745,17	
8	Износ малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря и прочие цеховые расходы	73 161,78	15% от расходов по предыдущим статьям (норматив предприятия)
	Всего по смете	560 906,95	

Калькуляционные статьи затрат на выпуск продукции приведены в табл. 4.9.

Таблица 4.9. Калькуляция себестоимости продукции ПВХ-С из расчета на 1 т при объеме выпуска продукции 34 006,8 т/год

№ п/п	Статьи калькуляции	Едини- ца изме- нения	Цена на еди- ницу продук- ции	Затраты на годовой выпуск		Себестоимость единицы продукции	
				количество	сумма, руб.	норма расхода	сумма, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сырье, материалы, по- луфабрикаты						
1.1	Сырье и материалы						
	Порофор	кг	38,63	51 010,20	1 970 422,0	1,5	57,945
	Метилцеллюлоза	кг	9,86	81 764,352	214 531,20	0,64	6,308
	Диоктилфталат	кг	1,81	15 303,060	27 698,50	0,45	0,815
	Дифенилпропан	кг	20	4 080,816	81,62	0,12	0,0024
	Ионол	кг	1,93	2 074,415	3 993,200	0,061	0,117
	Фосфит	кг	3,38	20 404,080	68 904,600	0,6	0,203
1.2	Полуфабрикаты собст- венного производства						
	Винилхлорид	т	3119,39	38 087,620	118 809 951	1,12	3 493,711
	Хлористый кальций	кг	0,89	71 414,28	63 220,220	2,1	1,859
	Азот ПБА	тм³	77,270	897,780	69 372,0	0,0264	2,040
	Сода каустическая	т	1,002	2 210,442	2 216,03	0,065	0,065
	Итого по ст. 1			227 247,05	121 230 390,2		3563,06

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Вспомогательные материалы Мешки для отсевов Мешки ламинированные Спирт этиловый Итого по ст. 2	шт шт л	1,3 1,3 2,66	1 700 340 1 462 292 4 794,96 3 167 427,4	2 210 442,0 1 900 980,0 12 745,0 4 124 167,0	50 43 0,141	65 55,9 0,375 121,275
3	Топливо и энергия всех видов на технологические цели Природный газ Электроэнергия Пар Вода промышленная Вода очищенная Воздух пневмотранспорта Воздух для КИПиА Итого по ст. 3	тм³ кВт·ч Гк м³ м³ м³ тм³	252,52 0,22 66,4 0,12 6,43 44,95 47,14	3 264,653 20 356 471 56 281,254 6 257 251,2 176 835,36 44 888,98 31 031,21 26 926 023,2	824 380,3 4 476 673 3 737 694 726 548 1 137 521 2 017 728 1 462 965 14 383 509 318 945,61	0,096 598,6 1,655 184 5,2 1,32 0,91250	24,242 131,632 109,910 21,365 33,45 59,333 43,020 422,952 9,379
4	Фонд оплаты труда основных производственных рабочих	тыс. руб.					
5	Отчисления на соцстрах (39,5%) от ст. 4	руб.			125 983,52		3,705

Продолжение табл. 4.9

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Расходы на содержание и обслуживание оборудования	руб.			1 232 254,0		36,236
7	Цеховые расходы	руб.			560 906,95		16,494
8	Цеховая себестоимость (сумма ст. 1—7)	руб.			141 976 156,2		4 174,934
9	Общезаводские расходы (15% от цеховой себестоимости)	руб.			21 296 423,43		626,240
10	Заводская (производственная) себестоимость (суммы ст. 1—9)	руб.			163 272 579,6		4 801,174
	Внепроизводственные расходы (2% от заводской себестоимости)				3 265 451,59		96,028
	Полная себестоимость (сумма ст. 1—10)				166 538 031,1		4 897,2

Затраты на годовой выпуск продукции рассчитываются следующим образом:

Графа 5: количество = $B_r \cdot H_p$

Графа 6: сумма = количество · цена на единицу продукции, руб.

Графа 8: себестоимость единицы продукции = цена на единицу продукции · H_p ,

где H_p — норма расхода ресурса.

Например, для порофора:

1. Количество затрат на годовой выпуск = $34006,8 \cdot 1,5 = 51010,2$

2. Сумма = $51010,2 \cdot 38,63 = 1\,970\,524$ руб.,

где 38,63 — цена на единицу продукции, руб. (для порофора).

3. Доля в себестоимости единицы продукции = норма расхода (цена на единицу продукции = $1,5 \cdot 38,63 = 57,945$ руб.

Прибыль от реализации:

$$\Pi = (Ц - С) (B_r),$$

где $Ц$ — отпускная цена единицы продукции, руб.;

$С$ — полная себестоимость единицы продукции, руб.;

B_r — годовой выпуск продукции, т/год.

Приняв за базовую рыночную цену в планируемом году величину 4960 руб./т, получим:

$$\Pi = (4960 - 4897,2) \cdot 34006,8 = 2135627,04 \text{ руб.}$$

Планируемая рентабельность продукции цеха (P):

$$P = \frac{Ц - С}{С} \cdot 100\%,$$

где $Ц$ — цена реализации данного вида продукции, руб./ед.;

$С$ — полная себестоимость единицы данного вида продукции, руб./ед.

По данным примера:

$$P = \frac{4960 - 4897,2}{4897,2} \cdot 100\% = 1,28\%.$$

Уровень рентабельности производства:

$$P = \frac{\Pi}{ОФП + ОС} \cdot 100\%,$$

где Π — годовая прибыль предприятия, руб.;

$ОФП$ — стоимость основных производственных фондов, руб.;

$ОС$ — стоимость нормируемых оборотных средств, руб.

Для плановых расчетов рентабельности можно применить отраслевое или сложившееся на предприятии (нормативное) соотношение *ОПФ* и *ОС*.

Приняв для рассматриваемого примера соотношение $ОПФ = 88\%$, определим размер оборотных средств:

$$ОС = \frac{ОПФ \cdot 12}{88} = \frac{6149839 \cdot 12}{88} = 838614,4 \text{ руб.}$$

Тогда уровень рентабельности производства ПВХ-С составит:

$$P = \frac{2135627,04}{6149839 + 838614,4} \cdot 100\% = 30,56\%.$$

Полученные в результате расчетов значения показателей прибыли и рентабельности дают основание считать производство поливинилхлорида эффективным в планируемом году, достаточно обеспеченным финансовыми ресурсами при условиях осуществления сбыта его продукции.

Варьируя ценой продукции на рынке ее сбыта, предприятие определяет тактику финансового взаимодействия с внешней средой в целях реализации планов стратегического развития.

4.4. Контроль за выполнением производственной программы

Формирование производственной программы предприятия по выпуску продукции связано с выбором приоритетов одних видов продукции перед другими, наращиванием объема выпуска одних видов продукции или его сокращением, с оптимизацией общего объема выпуска продукции по всей его номенклатуре с учетом стоимостных рыночных оценок, с решением задач концентрации производства или повышением уровня его специализации.

Производственная программа по своему содержанию отражает указанные особенности регулирования производства через систему общих и частных показателей, анализ значений которых позволяет осуществлять контроль за текущим состоянием и выполнением самой производственной программы. Средствами контроля производственной программы являются плановые и исполнительские балансы по разделам программы, системы те-

кушего производственного учета и отчетности, системы оперативного управления производством.

К общим показателям контроля относятся:

- ♦ коэффициент напряженности производственной программы;
- ♦ уровень концентрации производства;
- ♦ уровень специализации производства.

Коэффициент напряженности производственной программы имеет вид:

$$K_{\text{н}}^{\text{пл}} = \frac{B_{\text{пл}}}{B_{\text{норм}}};$$

$$K_{\text{н}}^{\text{ф}} = \frac{B_{\text{ф}}}{B_{\text{норм}}},$$

где $K_{\text{н}}^{\text{пл}}$; $K_{\text{н}}^{\text{ф}}$ — плановое и фактическое значение коэффициента напряженности производственной программы;

$B_{\text{пл}}$, $B_{\text{ф}}$ — плановый и фактический объем выпуска продукции;

$B_{\text{норм}}$ — нормативный (номинальный) объем выпуска продукции.

Пример расчета $K_{\text{н}}^{\text{пл}}$ приводится в табл. 4.10.

Таблица 4.10. Пример расчета коэффициента напряженности производственной программы

Продукт	$B_{\text{пл}}$		$B_{\text{норм}}$		$K_{\text{н}}^{\text{пл}}$	
	в натуральном выражении, т	в стоимостном выражении, тыс. руб.	в натуральном выражении, т	в стоимостном выражении, тыс. руб.	в натуральном выражении, т	в стоимостном выражении, тыс. руб.
А	20 000	6 000 000	22 000	6 600 000	0,91	0,91
Б	3 000	1 200 000	3 100	1 240 000	0,96	0,97
ИТОГО за год		7 200 000		7 840 000		0,92

Основными показателями уровня концентрации в промышленности являются размеры предприятий, определяемые:

- ♦ годовым выпуском продукции;
- ♦ среднегодовой численностью работающих;
- ♦ среднегодовой стоимостью основных фондов;
- ♦ потреблением электроэнергии за год;
- ♦ удельным весом крупных предприятий в выпуске продукции всей отрасли;
- ♦ средним размером предприятия в отрасли.

Для характеристики уровня концентрации производства в отраслях, изготовляющих *один вид* продукции, используются натуральные показатели. Например, в электроэнергетике — средняя величина установленной мощности электростанций (в кВт); годовая выработка электроэнергии в расчете на одну электростанцию; удельный вес выработанной крупными и крупнейшими электростанциями электроэнергии в общем количестве электроэнергии, выработанной всеми станциями за год.

В отраслях, изготовляющих *разные виды* продукции, уровень концентрации может определяться удельным весом крупных доменных печей в общей выплавке стали за год, удельным весом конверторов в общей выплавке стали за год, удельным весом мощных прокатных станков в общем производстве проката.

В отраслях промышленности, в которых изготавливается *разнообразная* продукция (машиностроение, химическая, легкая, пищевая и другие отрасли), уровень концентрации производства определяется в стоимостных показателях. Например, удельным весом крупных производств в общем выпуске продукции за год по товарной (реализованной) продукции в неизменных ценах.

В некоторых отраслях с *многономенклатурной* продукцией имеются производства, которые изготовляют однородную или же взаимозаменяемую продукцию, уровень концентрации может определяться также в натуральных или условно-натуральных измерителях. Например, сахар-песок — в тоннах, консервы — в условных банках, минеральные удобрения — в условных единицах (в пересчете на 100% питательных веществ), тракторы — в штуках и по мощности двигателя — в лошадиных силах и т.п.

Среднегодовая численность промышленно-производственного персонала характеризует размер предприятий показателем

количества применяемого живого труда, но в связи с научно-техническим прогрессом, особенно механизацией и автоматизацией производства, количество промышленно-производственного персонала на отдельных предприятиях значительно сокращается и увеличивается стоимость промышленно-производственных фондов. Показатель стоимости промышленно-производственных фондов характеризует размер предприятий с точки зрения применяемого овеществленного труда. Каждый из этих показателей имеет свои достоинства и недостатки. Они могут использоваться при анализе отдельных сторон процесса концентрации производства. Первый — по уровню концентрации живого, второй — овеществленного труда. Каждая из них характеризует общий потенциал предприятия по производству продукции.

Высокий уровень концентрации не всегда отражает высокую экономическую эффективность производства. Между показателями концентрации производства и его экономическими показателями нет прямой связи. Если предприятия характеризуются только большими размерами, а их структура и масштабы выпуска продукции не являются оптимальными для данной отрасли, то уровень концентрации не может служить показателем эффективности производства.

При планировании концентрации производства указывается необходимость сосредоточить изготовление однородной по конструктивно-технологическим признакам продукции или выполнения аналогичных работ на предприятиях оптимальных размеров.

При определении уровней концентрации в промышленности учитывается влияние внутрипроизводственных и внешних факторов.

Внутрипроизводственные факторы определяются оптимальными размерами производства продукции и предприятий с точки зрения максимального использования производственных ресурсов.

К внешним факторам относятся транспорт, размеры сырьевой базы, наличие или возможность привлечения рабочей силы, водные ресурсы, климатические условия и т.п.

Существенное влияние на внутрипроизводственные и внешние факторы оказывает научно-технический прогресс (совершенствование производственного аппарата, организация

производства и управления, замена одних видов сырья другими, замена транспортных средств другими и пр.).

Уровень концентрации производства и определяемые им оптимальные размеры предприятий зависят от географического размещения промышленности и районирования, потребления готовой продукции (а часто сырья и топлива), наличия трудовых ресурсов в регионе и других факторов. География источников сырья, топлива и трудовых ресурсов закономерно определяет экономически рациональные пределы концентрации и оптимальные размеры производства.

Рациональная организация предприятий выигрывает, если какая-то часть работы перекладывается на другие узкоспециализированные производства, в том числе и небольшие. С освобождением крупных предприятий от несвойственных им функций (изготовления полуфабрикатов и деталей массового применения, выполнения ремонтных работ) повышается уровень их специализации и соответственно эффективность.

Увеличение размеров предприятий иногда вызывает дополнительные расходы, которые могут привести не к сокращению, а к увеличению затрат на производство.

В каждой отрасли имеются свои оптимальные размеры производств, обеспечивающие высокие технико-экономические показатели.

Под оптимальными размерами производства в промышленности следует понимать такие, которые обеспечивают выполнение заключенных договоров и обязательств по производству продукции (выполнению работ) в установленные сроки с минимумом приведенных затрат и максимально возможной эффективностью.

Малые и средние предприятия наилучшим образом приспособлены к перестройке производства на новые виды продукции, организации дополнительных рабочих мест.

Специализация в промышленности проявляется в сосредоточении производства определенной продукции, как правило, однородной, на одном из участков, цехов, предприятия отрасли. Различают несколько видов специализации: предметную, поддетальную, технологическую, стадийную, внутрипроизводственную, отраслевую, межотраслевую.

В практике анализа и планирования применяются следующие показатели оценки уровня специализации производства:

- ♦ количество видов деталей операций, выполняемых на одном рабочем месте (участке);
- ♦ доля специализированных участков (цехов) в составе предприятия;
- ♦ доля основной (профильной) продукции в общем выпуске продукции цеха, предприятия, отрасли;
- ♦ доля серийной продукции в объеме ее выпуска.

Измерение этих показателей осуществляется в натуральных или стоимостных единицах.

При разработке производственной программы, уровней специализации и концентрации производства может оказаться, что отдельные производства (вспомогательные или даже основные) отстают от ведущих. В таких случаях разрабатываются организационно-технические мероприятия по ликвидации узких мест: перераспределение работ между исполнителями, увеличение сменности работы, внедрение научной организации труда, перераспределение оборудования между цехами, углубление специализации и кооперирования, улучшение технической оснащенности производства, модернизация и пополнение парка оборудования.

Для оценки соответствия пропускной способности ведущих цехов и остальных звеньев предприятия рассчитывают коэффициент сопряженности мощностей ($K_{\text{соп}}$):

$$K_{\text{соп}} = \frac{M_1}{M_2 \cdot P_y},$$

где M_1, M_2 — мощности цехов (участков, групп оборудования), между которыми определяется коэффициент сопряженности;

P_y — удельный расход продукции первого цеха для производства продукции второго цеха.

Если $K_{\text{соп}} < 1$, то имеются узкие места.

Пример

Мощность цеха № 1, выпускающего станки — 1200 станков. Для работы цех использует литье, которое выпускает цех № 2. Мощность литейного цеха — 1600 т литья. Удельный расход литья на один станок — 1,4 т.

$$K_{\text{соп}} = \frac{1600}{1200 \cdot 1,4} = 0,95.$$

$K_{\text{соп}}$ меньше единицы, следовательно, литейный цех является узким местом.

Интенсивность использования основных фондов повышается также путем технического совершенствования орудий труда и совершенствования технологии производства, путем ликвидации узких мест в производственном процессе, сокращения сроков достижения проектной производительности техники, совершенствования научной организации труда, производства и управления, использования скоростных методов работы, повышения квалификации и профессионального мастерства рабочих.

Развитие техники и связанная с этим интенсификация процессов не ограничены. Поэтому не ограничены и возможности интенсивного повышения использования основных фондов и производственных мощностей.

Существенным направлением повышения эффективности использования производственных мощностей является *совершенствование структуры основных производственных фондов*. Поскольку увеличение выпуска продукции достигается только в ведущих цехах, то важно повышать их долю в общей стоимости основных фондов. Увеличение основных фондов вспомогательного производства ведет к росту фондоемкости продукции, так как непосредственного увеличения выпуска продукции при этом не происходит. Но без пропорционального развития вспомогательного производства основные цехи не могут функционировать с полной отдачей. Поэтому установление оптимальной производственной структуры основных фондов на предприятии — важнейшее направление улучшения их использования.

Крупный резерв повышения фондоотдачи — *быстрое освоение вновь вводимых мощностей*. С этой целью капитальные вложения должны выделяться под запланированный прирост продукции с учетом мер по улучшению использования действующих мощностей, а также их техническому перевооружению и реконструкции.

Исходя из этого следовало бы опережающими темпами готовить и проводить общегосударственную стратегию реконструкции народного хозяйства, создавать условия для интенсивных инвестиций в производство, выдерживать курс на динамическую структурную перестройку, быстро заменяя отжившие технологии, производства и комплексы новыми, конкурентоспособными, гибкими, высокоавтоматизированными.

К *частным показателям контроля* выполнения производственной программы относятся:

- ◆ коэффициент использования производственной мощности;
- ◆ коэффициент загрузки оборудования;
- ◆ производительность труда на одного работающего;
- ◆ доля продукции по категориям ее качества;
- ◆ темпы роста (снижения) выпуска продукции по ее видам;
- ◆ фондоотдача основных средств производства;
- ◆ фондоемкость продукции;
- ◆ фондовооруженность труда;
- ◆ коэффициент сменности использования оборудования;
- ◆ показатели использования производственных площадей предприятия.

Трудно переоценить народно-хозяйственное значение эффективного использования основных фондов и производственных мощностей. Решение этой задачи означает увеличение производства необходимой обществу продукции, повышение отдачи созданного производственного потенциала и более полное удовлетворение потребностей населения, улучшение баланса оборудования в стране, снижение себестоимости продукции, рост рентабельности производства, накоплений предприятия.

Более полное использование основных фондов и производственных мощностей приводит также к уменьшению потребностей в вводе новых производственных мощностей при изменении объема производства, а следовательно, к лучшему использованию прибыли предприятия (увеличению доли отчислений от прибыли в фонд потребления, направлению большей части фонда накопления на механизацию и автоматизацию технологических процессов и т.п.).

Улучшение использования основных фондов означает также ускорение их оборачиваемости, что в значительной мере способствует решению проблемы сокращения разрыва в сроках физического и морального износа, ускорения темпов обновления основных фондов.

Эффективное использование основных фондов тесно связано и с повышением качества выпускаемой продукции, ибо в условиях рыночной конкуренции быстрее реализуется и пользуется спросом высококачественная продукция.

Успешное функционирование основных фондов и производственных мощностей зависит от того, насколько полно реализуются экстенсивные и интенсивные факторы улучшения их использования. *Экстенсивное* улучшение использования основных фондов и производственных мощностей предполагает, что, с одной стороны, будет увеличено время работы действующего оборудования в календарный период, а с другой — повышён удельный вес действующего оборудования в составе всего оборудования, имеющегося на предприятии.

Важнейшими направлениями увеличения времени работы оборудования являются:

1. Сокращение и ликвидация внутрисменных простоев оборудования путем: повышения качества ремонтного обслуживания оборудования, своевременного обеспечения основного производства рабочей силой, сырьем, материалами, топливом, полуфабрикатами.

2. Сокращение целодневных простоев оборудования, повышение коэффициента сменности его работы.

Важными путями повышения эффективности использования основных фондов и производственных мощностей являются уменьшение количества излишнего оборудования и быстрое вовлечение в производство неустановленного оборудования. Омертвление большого количества средств труда снижает возможности прироста производства, ведет к прямым потерям овеществленного труда вследствие их физического износа, ибо после длительного хранения оборудование часто приходит в негодность. Другое же оборудование при хорошем физическом состоянии оказывается морально устаревшим и списывается одновременно с физически изношенным.

Хотя экстенсивный путь улучшения использования основных фондов и производственных мощностей использован пока не полностью, он имеет свой предел. Значительно шире возможности интенсивного пути. *Интенсивное* улучшение использования основных фондов и производственных мощностей предполагает повышение степени загрузки оборудования в единицу времени. Повышение интенсивной загрузки оборудования может быть достигнуто при модернизации действующих машин и механизмов, установлении оптимального режима их работы. Работа при оптимальном режиме технологического процесса обеспечивает увеличение выпуска продукции без изменения со-

става основных фондов, без роста численности работающих и при снижении расхода материальных ресурсов на единицу продукции.

Для определения коэффициента использования производственной мощности применяют коэффициенты: использования оборудования во времени (коэффициент экстенсивной нагрузки $K_э$) и по интенсивности работы оборудования (коэффициент интенсивной нагрузки $K_и$).

Коэффициент экстенсивной нагрузки характеризует отношение планируемого (или фактического) времени работы оборудования к календарному времени планируемого (или отчетного) периода. *Коэффициент интенсивной нагрузки* характеризует степень использования оборудования в единицу рабочего времени (час, аппаратоборот). Другими словами, это отношение планируемой (или фактической) производительности за час (или цикл) к производительности по техническому паспорту данного вида оборудования или к прогрессивной норме производительности машины, аппарата, агрегата, установки.

Коэффициенты использования производственной мощности определяются по всем позициям и номенклатуре продукции, принятой в расчете производственной мощности.

Для расчета коэффициента использования производственной мощности необходимо иметь данные о планируемом и фактическом выпуске продукции, планируемой и фактической средней годовой мощности.

Фактическая мощность может отклоняться от плановой по различным причинам (неполное использование оборудования из-за простоев и т.п.; несоблюдение сроков освоения вновь вводимых мощностей и др.).

В общем виде коэффициент использования ($K_{исп}$) производственной мощности определяется следующим образом:

$$K_{исп} = \frac{K_{ф}}{K_{пл}},$$

где $K_{пл}$ — планируемый выпуск продукции на единицу мощности:

$$K_{пл} = \frac{B_{пл}}{M_{пл}};$$

$K_{ф}$ — фактический выпуск продукции на единицу мощности:

$$K_{ф} = \frac{Q_{ф}}{M_{ф}}.$$

Проведя некоторые преобразования, можно получить показатели, важные для анализа использования производственной мощности:

- ♦ плановый коэффициент обеспеченности годового выпуска продукции производственными мощностями: $\frac{\overline{M}_{пл}}{B_{пл}}$;
- ♦ коэффициент превышения (снижения) производственной мощности против плановой: $\frac{\overline{M}_{ф}}{M_{пл}}$;
- ♦ коэффициент использования фактической мощности ($K_{ф}$).

Это позволяет построить модель, определяющую влияние использования производственной мощности на изменение выпуска продукции:

$$\frac{B_{ф}}{B_{пл}} = \frac{B_{ф}}{M_{ф}} \cdot \frac{M_{ф}}{M_{пл}} \cdot \frac{\overline{M}_{пл}}{B_{пл}}.$$

Сопоставление средней годовой стоимости основного капитала и средней годовой мощности дает показатель, называемый *фондомощностным коэффициентом*, т.е.

$$K_{м} = \frac{\overline{\Phi}}{M_{год}}.$$

Фондомощностной коэффициент связан с показателями фондоотдачи и фондоемкости, а также коэффициентом использования производственной мощности:

$$\frac{\overline{\Phi}}{B} = \frac{\overline{\Phi}}{M_{год}} \cdot \frac{\overline{M}_{год}}{B}.$$

Фондомощностной коэффициент характеризует потребность в основном капитале на единицу средней годовой производственной мощности. При этом средняя годовая производственная мощность должна быть выражена в стоимостных единицах. Необходимо также учитывать фактор инфляции в расчете средней годовой стоимости основного капитала и средней годовой мощности при анализе динамики фондомощностного коэффициента.

Разность между единицей и $K_{исп}$ показывает коэффициент резерва (недоиспользования) производственной мощности:

$$R = 1 - K_{исп}.$$

Годовой фонд времени работы оборудования устанавливают при расчете мощности в соответствии с проектируемым режимом эксплуатации, предусматривающим сменность работы и периодические остановки аппаратов на ремонт.

Наиболее обоснованным будет расчет по отношению к годовому календарному фонду времени — 8 760 ч ($365 \cdot 24$).

При контроле производственной программы следует учитывать план капитальных работ, связанных с вводом и освоением новых мощностей, сроки капитальных ремонтов оборудования, результатом которых должно быть восстановление производительности аппаратов, машин, агрегатов, установок.

Как правило, темп прироста производственной мощности (ΔM) должен быть больше, чем темп прироста основных фондов (ΔQ_{Φ}). В свою очередь, темп прироста производительности труда ($\Delta ПТ$) должен быть выше темпа прироста производственной мощности, т.е. $\Delta ПТ > \Delta M > \Delta Q_{\Phi}$, а прирост продукции $> \Delta ПТ$.

В целях увязки планируемых объемов производства продукции с необходимыми производственными мощностями на предприятиях разрабатываются балансы производственных мощностей по производству или переработке продукции.

Уровень использования производственной мощности измеряется рядом показателей. Основной из них — коэффициент фактического (планового) использования производственной мощности $K_{и.м.}$. Он определяется отношением фактически (по плану) произведенной продукции за определенный период времени к среднегодовой производственной мощности за тот же период и рассчитывается по формуле:

$$K_{и.м.} = B_{\Phi} / M_{ср.-г.},$$

где B_{Φ} — количество фактически выработанной продукции предприятием в течение года в натуральных или стоимостных единицах измерения;

$M_{ср.-г.}$ — среднегодовая производственная мощность в тех же единицах измерения.

Следующий показатель — коэффициент загрузки оборудования — отношение фактически используемого фонда времени (в станкочасах) всего оборудования или его групп к располагаемому фонду времени по тому же круту оборудования за тот же период. Этот показатель выявляет излишнее или недостающее оборудование.

Важным показателем является *фондоотдача*, т.е. отношение стоимости продукции к среднегодовой стоимости производственных фондов.

Прирост продукции за счет повышения уровня использования мощностей, достигших проектного выпуска продукции (B_2), определяется по следующей формуле:

$$B_2 = B_6 ((K_{мп} - 1) / K_{мб}),$$

где B_6 — продукция в году, предшествующем планируемому;
 $K_{мп}$, $K_{мб}$ — коэффициенты использования мощностей в планируемом году и году, предшествующем планируемому (базисному).

Увеличение фондоотдачи за счет повышения уровня использования основных фондов (Φ_2) определяется по формуле:

$$\Phi_2 = \frac{B_2}{O_{\Phi} + \Delta O_{\Phi}},$$

где O_{Φ} — среднегодовая стоимость основных фондов в базисном году;

ΔO_{Φ} — изменение среднегодовой стоимости основных фондов за счет организационно-технических мероприятий.

Прирост продукции и уровень фондоотдачи основных фондов на вновь вводимых предприятиях определяются с учетом прироста производственных мощностей и нормативных сроков их освоения.

Фондоотдача — важнейший показатель использования основных фондов. Повышение фондоотдачи одна из главных народно-хозяйственных задач, которая особенно остро стоит в период перехода страны к рынку. Следует отметить, что в условиях научно-технического прогресса значительное увеличение фондоотдачи осложнено быстрой сменой оборудования, нуждающегося в освоении, а также увеличением капитальных затрат, направляемых на улучшение условий труда, охрану природы и т.п. Факторы, повышающие фондоотдачу, показаны на рис. 4.1.

Фондоемкость продукции — величина, обратная фондоотдаче. Она показывает долю стоимости основных фондов, приходящихся на каждый рубль выпускаемой продукции. Если фондоотдача должна иметь тенденцию к увеличению, то фондоемкость к снижению.



Рис. 4.1. Факторы роста фондоотдачи

Эффективность работы предприятия во многом определяется уровнем фондовооруженности труда, определяемой стоимостью основных производственных фондов к числу рабочих (работников промышленно-производственного персонала) предприятия. Эта величина должна непрерывно увеличиваться, так как от нее зависит техническая вооруженность, а следовательно, и производительность труда.

Важным показателем является также *коэффициент сменности оборудования*. Он определяется как отношение машино-, аппараточасов, отработанных в целом за сутки, к числу часов, отработанных в наибольшей смене. Например, если все количество машиночасов за сутки равно 2500, а в наибольшей смене отработано 1000 маш.-ч, то коэффициент сменности равен 2,5. В химической промышленности коэффициент сменности преимущественно снижается за счет вспомогательных производств (ремонтные, тарные цехи и т.п.). Поэтому специализация этих вспомогательных производств, т.е. выделение их в самостоятельные предприятия, обслуживающие ряд других предприятий, позволяет значительно повысить коэффициент сменности.

Отметим, что в практике статистики коэффициент сменности оборудования определяют различными методами. Так, при вычислении коэффициента сменности работавшего оборудования за один день все работавшее оборудование распределяется по сменам и находится средняя арифметическая взвешенная.

Пример

В течение дня в цехе работали 50 станков, из них в одну смену — 10; в две смены — 22; в три смены — 18. Коэффициент сменности ($K_{см}$) равен:

$$(1 \cdot 10 + 2 \cdot 22 + 3 \cdot 18) / 50 = 108 / 50 = 2,16.$$

Это означает, что каждый станок в среднем работал примерно в 2,2 смены.

В числителе коэффициента сменности — произведение числа станков и числа смен (станкосмены), а в знаменателе — число работавших в течение дня станков (станкодни).

Для определения коэффициента сменности установленного оборудования коэффициент сменности работавшего оборудования умножается на долю работавшего оборудования в установленном. Допустим, что в цехе установлены 60 станков. Тогда доля работавших станков в общей численности установленных составит: $50 / 60 = 0,833$. Следовательно, коэффициент сменности установленного оборудования равен: $2,16 \cdot 0,833 = 1,8$, что соответствует расчету: $108 / 60 = 1,8$.

В расчетах производственной мощности коэффициент сменности оборудования вычисляют исходя из машиноемкости единицы продукции, средней численности установленного оборудования и годового фонда времени работы единицы оборудования в одну смену.

Например, общая трудоемкость изготовления продукции — 1 290 000 станкоч. Годовой фонд времени работы оборудования (располагаемый) — 2008 ч. Средняя численность установленного оборудования — 360 единиц. Тогда коэффициент сменности равен:

$$K_{см} = 1\,290\,000 / (360 \cdot 2008) = 1,78.$$

Для характеристики использования площадей применяют систему показателей. Прежде чем рассмотреть эту систему, уточним категории площадей предприятия:

- ♦ общая площадь, которую имеет предприятие, называется располагаемой (P_p);
- ♦ площадь, на которой непосредственно осуществляется производственный процесс, называется производственной ($P_{пр}$);
- ♦ часть производственной площади, занятая оборудованием, называется площадью, непосредственно занятой оборудованием ($P_{з.о}$).

На основе такой классификации определяют структурные показатели использования площадей.

Доля площади, занятой оборудованием в производственной площади ($P_{з.о} : P_p$), называется *коэффициентом занятости производственной площади*; отношение производственной площади к располагаемой — *коэффициентом занятости располагаемой площади*.

Произведение коэффициентов занятости производственной и располагаемой площади является обобщающим показателем и представляет собой долю площади, занятой оборудованием, т.е.:

$$\frac{P_{з.о}}{P_{пр}} \cdot \frac{P_{пр}}{P_p} = \frac{P_{з.о}}{P_p}.$$

Следующая группа показателей характеризует съем продукции с 1 м² площади предприятия. В общем виде эти показатели вычисляются по формуле:

$$C = \frac{B}{P_p},$$

где C — съем продукции с 1 м² площади;

B — результат производства (продукция и т.п.);

P_p — располагаемая площадь предприятия.

Следовательно, можно вычислить три показателя съема продукции с 1 м² площади предприятия:

1. Съем продукции с 1 м² площади, занятой оборудованием.
2. Съем продукции с 1 м² производственной площади.
3. Съем продукции с 1 м² располагаемой площади.

Эти показатели связаны с показателями занятости площадей:

$$\frac{B}{P_{з.о}} \cdot \frac{P_{з.о}}{P_{пр}} \cdot \frac{P_{пр}}{P_p} = \frac{B}{P_p}.$$

Приведенная взаимосвязь позволяет применять факторный индексный анализ в изучении использования площадей и находить соответствующие резервы.

Производственные площади — это своеобразный натуральный эквивалент массы основных средств, поэтому они имеют большое значение для цехов предприятий обрабатывающей промышленности, в особенности, если на данных площадях производится один вид продукции.

Обобщающим показателем, характеризующим потенциальные возможности фирмы, является ее производственная мощность.

Выводы

◆ Производственная мощность определяется по номенклатуре выпускаемой продукции с учетом профиля предприятия. Для правильного расчета производственной мощности надо располагать информацией об использовании установленного оборудования. Коэффициенты использования производственной мощности определяются по всем позициям и номенклатуре продукции, принятой в расчетах производственной мощности.

Практикум к гл. 4

◆ Тесты

1. Есть ли различие между производственным разделом бизнес-плана и производственной мощностью?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

2. Следует ли при определении производственного результата за отчетный период учитывать внутрипроизводственное потребление?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

3. Влияют ли отраслевые особенности предприятия на методику расчета производственной мощности?

а) да; б) нет. Поясните Вашу позицию

4. При расчете производственной мощности на начало планового периода учитывается:

- а) все наличное оборудование;
- б) установленное оборудование;
- в) резервное оборудование.

5. Учитывается ли при расчете эффективного фонда рабочего времени режим работы участка?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

6. Есть ли различия между методиками расчета рентабельности производства и рентабельности продаж?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

7. К каким показателям контроля относится коэффициент напряженности производственной программы?

а) частным;

б) общим.

8. Всегда ли высокий уровень концентрации производства свидетельствует о высокой экономической эффективности производства?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

9. Какие предприятия лучше приспособлены к перестройке производства на новые виды продукции?

а) малые;

б) средние;

в) крупные;

г) нет однозначного ответа.

10. Для решения какой задачи применяется коэффициент сопряженности мощности?

а) расчета уровня специализации;

б) оценки использования оборудования;

в) учета пропускной способности ведущих цехов и остальных звеньев производства.

◆ Вопросы

1. Дайте понятие производственной мощности предприятия.

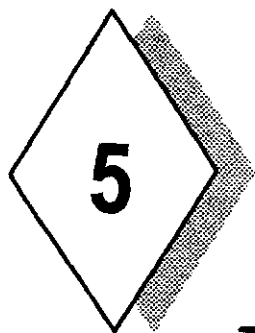
2. Какими причинами обусловлена неустойчивость производственной программы?

3. Какова роль измерителей для формирования производственной программы?

4. Раскройте сущность и назначение баланса мощностей предприятия.

5. Какие существуют виды и методы расчета производственной мощности предприятия, отрасли промышленности?

6. Какова система показателей контроля выполнения производственной программы предприятия?



Глава

Организация, производительность и оплата труда

5.1. Понятие и значение научной организации труда

Эффективный производственный менеджмент невозможен без научной организации труда. Научная организация труда является составляющей цикла производственного менеджмента на оперативном уровне. Она должна базироваться на достижениях науки и передовом опыте, обеспечивать повышение производительности труда и сохранение здоровья человека.

Научная организация труда направлена на решение следующих взаимосвязанных задач — экономической, психофизиологической, социальной.

Экономическая задача связана с наиболее полным использованием оборудования, материалов, сырья, обеспечением повышения производительности труда.

Решение *психофизиологической задачи* предполагает создание благоприятных производственных условий, что важно для сохранения здоровья работников, их работоспособности.

Решение *социальной задачи* направлено на повышение удовлетворенности условиями и результатами труда.

Большое значение имеет научная организация управленческого труда, о чем уже говорилось при рассмотрении вопросов планирования времени руководителей. От того, какова структура аппарата управления, какая выбрана система управления, зависят содержание и организация труда специалистов и служащих.

Отметим, что научная организация труда имеет четко определенный круг задач. Однако ее нельзя рассматривать изолиро-

ванно от организации производства в целом. Между НОТ (научной организацией труда) и совершенствованием других элементов организации производства существует взаимодействие. Особенно это проявляется при организации рабочих мест. Организация труда связана с такими элементами производства, как техника и технология. При внедрении НОТ возникает необходимость в соответствующих технических решениях, изменении технологического процесса, оборудования и др. На организацию труда влияют тип и характер производства (типы производства и их особенности рассмотрены в гл. 3 ч. 1).

Важнейшими составляющими научной организации труда являются разделение и кооперация труда. *Разделение труда — разграничение деятельности людей в процессе совместного труда.*

Разделение труда на предприятии означает обособление отдельных частичных трудовых процессов с целью сокращения производственного цикла за счет одновременного выполнения различных работ и повышения производительности труда. Последнее достигается за счет приобретения производственных навыков рабочими благодаря специализации работ.

Следует отметить, что организаторы производства на предприятиях стран с развитой рыночной экономикой уделяют большое внимание сокращению времени производственного цикла. Это обусловлено тем, что сокращение длительности производственного цикла является центральной задачей организации и управления производством, одним из показателей эффективности управленческого труда.

Высокий уровень специализации свидетельствует о культуре производства.

Разделение труда невозможно без его кооперации. Задачей кооперации является обеспечение согласованности между действиями отдельных работников или групп работников, выполняющих различные трудовые функции. Разделение и кооперация труда составляют две взаимосвязанные и дополняющие друг друга стороны производственного менеджмента.

Разделение труда может быть технологическим, функциональным, профессионально-квалификационным.

При *технологическом разделении труда* производственный процесс расчленяется на отдельные фазы, виды работ, операции.

Функциональное разделение труда предполагает деление выполняемых работ в зависимости от роли и места различных

групп работников в производственном процессе. Например, персонал промышленного предприятия подразделяется на руководителей, специалистов, служащих и рабочих, среди которых могут быть выделены основные и вспомогательные.

Профессионально-квалификационное разделение труда связано с делением работающих по профессиям (специальностям), по разрядам, категориям.

Разделение и кооперация труда по-разному проявляются на производстве, поскольку зависят от влияния ряда факторов, в частности технического уровня производства. Например, от применяемого технологического оборудования зависит специализация труда основных и вспомогательных рабочих, обслуживающих это оборудование.

Тип производства также влияет на разделение и кооперацию труда. Например, в единичном производстве рабочий-станочник кроме основной работы выполняет работы по техническому обслуживанию оборудования (наладка, мелкий ремонт и т.п.). В крупносерийном и массовом производстве это выполняют специальные рабочие (наладчики и др.).

Имеют значение и принцип организации цехов и участков (технологический, предметный), вспомогательных служб (централизованный или децентрализованный), степень непрерывности технологических процессов, трудоемкость изготовления продукции.

На научной основе должна базироваться организация коллективных трудовых процессов в бригаде. Она должна быть тесно связана с задачами *управленческого учета*. Ведь управленческий учет представляет собой часть информационной системы предприятия, а также деятельность, направленную на обеспечение руководства информацией для принятия решений и планирования, оперативного управления и контроля, стимулирования работников предприятия в выполнении намеченных программ, оценки деятельности подразделений, аппарата управления и отдельных сотрудников внутри организации. Напомним, что объектами управленческого учета являются так называемые центры ответственности, центры затрат по услугам и изделиям, предприятие в целом, отдельные цехи, участки, отделы.

Общими принципами организации трудовых процессов являются обеспечение непрерывности и естественности трудовых действий и приемов, рациональная загрузка рабочих и оборудо-

вания и др. Есть и специфические принципы, к которым относятся обеспечение временных и пространственных взаимосвязей производственных процессов, предупреждение нарушений их нормального хода и др.

Разделение труда имеет экономические, психофизиологические и социальные границы.

Экономические границы определяются длительностью производственного цикла; психофизиологические — степенью утомляемости рабочих в связи с монотонностью труда на однообразных операциях (эта проблема решалась в экспериментах Э. Мэйо, о которых говорилось в первой главе). Социальные границы связаны с содержательностью труда.

Внедрение научной организации труда требует следующих условий:

- ◆ разработки плана внедрения;
- ◆ установления подразделения или исполнителя, отвечающего за эту работу (центр ответственности);
- ◆ четкого определения обязанностей и контрольных функций;
- ◆ создания системы обучения и аттестации персонала;
- ◆ создания системы материального и морального стимулирования работ.

Эффективность труда во многом зависит от организации рабочих мест.

5.2. Организация и обслуживание рабочих мест

Рабочее место представляет собой оснащенную техническими средствами зону, где один или группа работников выполняют производственную операцию или работу.

Организация рабочего места — это оснащение средствами и предметами труда, размещенными в определенном порядке.

Для оценки технического уровня рабочих мест в практике НОТ применяют следующие показатели:

1. По рабочим местам с оборудованием: производительность применяемого оборудования; соответствие оборудования требованиям, предъявляемым к качеству продукции; использование технологических особенностей оборудования; прогрессивность

применяемого технологического процесса; технологическая оснащенность рабочего места.

2. По рабочим местам без оборудования: оправданность использования ручного труда; технический уровень и качество используемого инструмента; обеспеченность исполнителя инструментом.

3. По рабочим местам без оборудования: оправданность использования ручного труда; обеспеченность исполнителя инструментом (комплектность, техническое состояние, наличие необходимого резерва).

4. Организационный уровень рабочего места: рациональность планировки; организационная оснащенность; количество и трудоемкость постоянно закрепляемых работ, сменность и др.

5. Условия труда и техника безопасности: соответствие санитарно-гигиенических условий нормативным требованиям; применение тяжелого физического труда; наличие монотонного труда; обеспечение безопасности труда; обеспечение спецодеждой и обувью в соответствии с установленными стандартами.

Каждое рабочее место оценивается следующим образом:

- ♦ рабочее место полностью соответствует нормативному уровню;
- ♦ рабочее место не соответствует уровню, но может быть доведено до нормативного уровня;
- ♦ рабочее место не соответствует и не может быть доведено до нормативного уровня.

Организация и устройство рабочих мест должны соответствовать требованиям к индивидуальным формам труда.

Классификация основных рабочих мест приведена в табл. 5.1.

При организации рабочих мест следует соблюдать санитарные нормы, инструкции по эксплуатации оборудования, технике безопасности и др. Пространство, занимаемое рабочими местами, как правило, определяется расчетным путем. Это пространство должно быть достаточным для того, чтобы рабочие могли производить все необходимые движения и перемещения при выполнении производственных операций. Необходима система сигнализации и связи, обеспечивающая обмен информацией между рабочими и мастером или другим линейным руководителем, а также службами внутрицехового обслуживания.

Конструкторско-технологический профиль рабочего места должен соответствовать характеру выполняемых операций.

Должны быть созданы санитарно-гигиенические, физиолого-гигиенические и психофизиологические условия труда.

Таблица 5.1. Классификация рабочих мест

<i>Классификатор</i>	<i>Основные типы</i>
По типу производства	Единичное Серийное Массовое
По числу исполнителей	Индивидуальное Коллективное (бригадные)
По уровню механизации труда	Ручное Механизированное Полуавтоматизированное Автоматизированное
По месту нахождения	В помещении На открытом воздухе На высоте Под землей
По числу смен	Односменное Многосменное
По количеству обслуживаемого оборудования	Одностаночное Многостаночное
По виду операций	Основное Вспомогательное
По степени специализации	Универсальное Специализированное Специальное
По степени подвижности	Передвижное Стационарное
По основной рабочей позе	Сидя Стоя Переменная поза

Большое значение имеет планировка рабочих мест, представляющая собой элемент планировки цеха. Существуют следующие виды планировок: общая (пространственно-технологическая), предполагающая размещение рабочих мест на площади участка (цеха); частная, когда на площади рабочего места размещаются все элементы трудового процесса; внутренняя, связанная с размещением инструмента, приспособлений, материалов, источников света и других элементов с учетом особенностей рабочего места.

На практике планировка рабочих мест осуществляется в следующей последовательности:

- ♦ определяют (уточняют) местонахождение рабочего места на участке в соответствии с его специализацией, учитывая проходящие технологические и транспортные потоки;
- ♦ осуществляют привязку постоянно используемого вспомогательного оборудования (подъемно-транспортных устройств и т.п.) к основному технологическому оборудованию;
- ♦ устанавливают рациональное местонахождение работника по отношению к основному технологическому оборудованию;
- ♦ определяют наиболее удобные (на минимальном расстоянии от работника) места расположения организационной и технологической оснастки, тары с материалами и готовой продукцией;
- ♦ оценивают степень рациональности новой планировки рабочих мест.

На машиностроительных предприятиях может возникать задача организации и обслуживания рабочих мест многостаночников. Здесь прежде всего важна рациональная оснащенность. Организационная оснащенность предусматривает наличие следующих условий:

- ♦ оснастка для размещения и хранения приспособлений, инструментов, материалов, полуфабрикатов и готовых изделий (стеллажи, инструментальные тумбочки и шкафчики и т.п.);
- ♦ устройства по технике безопасности;
- ♦ приспособления для ухода за оборудованием и уборки рабочего места;
- ♦ устройства, обеспечивающие нормальные санитарно-гигиенические условия;
- ♦ средства связи со службами обслуживания и управления.

Работа многостаночника имеет некоторую специфику. По сравнению с рабочим, обслуживающим один станок, многостаночник более загружен; постоянно переходит от одного станка к другому; количество выполняемых вспомогательных приемов

возрастает пропорционально числу обслуживаемых станков. Многостаночник испытывает и нервное напряжение, так как он одновременно управляет несколькими станками. Все это необходимо учитывать при планировке рабочего места и организации его обслуживания.

При организации рабочего места многостаночника устанавливают световую сигнализацию, особенно на станках-автоматах, что облегчает контроль за работой оборудования и сокращает его простои.

Существуют и некоторые особенности планировки рабочего места многостаночника. Так, расположение основного и вспомогательного оборудования, технологической и организационной оснастки на рабочем месте многостаночника должно обеспечивать:

- ♦ свободный подъезд межоперационного и внутриоперационного транспорта непосредственно к рабочему месту для доставки заготовок и полуфабрикатов;
- ♦ максимальные удобства управления каждым станком многостаночного комплекса, замены инструмента;
- ♦ благоприятные условия для уборки рабочего места;
- ♦ хорошую обзоримость рабочего места многостаночником, возможность одновременного наблюдения за всеми приборами и подвижными частями оборудования с любой точки маршрута;
- ♦ свободный доступ к зонам, требующим профилактических осмотров, ремонта, технического обслуживания;
- ♦ хорошую обзоримость рабочего места многостаночника обслуживающим и управляющим персоналом.

Однако можно комплексно оборудовать рабочее место, оснастить его всем необходимым, но не достичь ожидаемого эффекта из-за неудовлетворительного обслуживания рабочего места.

Основными задачами организации обслуживания рабочих мест являются выявление непроизводительных затрат и потерь рабочего времени. Важно сократить затраты труда основных рабочих на выполнение вспомогательных работ по всем функциям обслуживания.

Эта задача может быть решена путем проведения специальных исследований, например моментных наблюдений, позво-

ляющих выявить причины непроизводительных затрат и потерь времени многостаночника.

Под *системой обслуживания* понимают регламентацию объема, сроков и методов выполнения вспомогательных работ по обеспечению рабочих мест всем необходимым.

Система обслуживания многостаночных рабочих мест обеспечивается:

- ♦ выбором рациональных форм разделения и кооперации труда между многостаночником и вспомогательным рабочим, максимальным освобождением станочника от вспомогательных работ, чтобы он мог выполнять только основные функции;
- ♦ планированием процесса обслуживания (согласование календарных графиков обслуживания с системой оперативного производственного планирования и деятельностью основных рабочих, системой непрерывного планирования работ по функциям обслуживания);
- ♦ предупредительным характером обслуживания (планово-предупредительный ремонт оборудования, заблаговременная подготовка производства, включая доставку к рабочему месту предварительно скомплектованных материалов, заготовок и т.п.);
- ♦ организацией комплексного обслуживания рабочих мест, что осуществляется путем параллельного выполнения разными службами всех функций обслуживания (подготовительной, инструментальной, транспортной и др.);
- ♦ повышением качества и надежности ремонта оборудования;
- ♦ регулярной и надежной связью рабочих мест основного производства с обслуживающим персоналом;
- ♦ обеспечением экономичности выполняемых работ по функциям обслуживания;
- ♦ усилением ответственности за своевременное и качественное исполнение функций обслуживания вспомогательным персоналом.

Обслуживание многостаночных рабочих мест может осуществляться в разных формах.

1. По заранее разработанному стандарт-плану (принудительная система). Эта система рекомендуется для установив-

шегося производственного процесса в условиях массового и крупносерийного производства.

2. Планово-предупредительное обслуживание в соответствии с календарными планами-графиками (применяется при регулярной повторяемости выпускаемых изделий в течение месяца, в основном, в условиях серийного производства).

3. Дежурное обслуживание по вызовам с рабочих мест (при малой и нерегулярной повторяемости выпускаемых изделий в условиях единичного и мелкосерийного производств с сохранением планово-предупредительного обслуживания).

Оснащение рабочих мест должно соответствовать технологическим процессам и картам организации труда.

Основные элементы оснащения рабочего места представлены в табл. 5.2.

Форма обслуживания зависит от действующей системы обслуживания, которая обусловлена структурными организационными особенностями.

Для выбора наиболее эффективных форм обслуживания рабочих мест многостаночников полезно проанализировать поток заявок на обслуживание и интенсивность обслуживания.

Поток заявок на обслуживание в единицу времени является той исходной характеристикой, которую следует учитывать при планировании зон обслуживания.

Отметим, что различные характеристики потока заявок, такие, как их численность в любой момент или время ожидания отдельной заявки, являются случайными переменными. Поступления заявок на обслуживание представляют собой случайные явления. Время обслуживания также является случайной переменной. Сталкиваясь с простоями станков в ожидании обслуживания, необходимо исследовать среднее время простоя обслуживаемого оборудования в течение определенного периода (например, смены), средние характеристики очереди, чтобы сократить потери времени, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования и добиться максимального выпуска продукции. Исследование потока заявок осуществляется путем анализа таких показателей, как число заявок на обслуживание в единицу времени (плотность потока) и средний промежуток времени между поступлениями заявок.

Таблица 5.2. Основные элементы оснащения рабочего места

<i>Тип оснащения</i>	<i>Элементы оснастки</i>
Вспомогательное оборудование	Сборочные, сварочные, испытательные стенды, напольные и подвесные транспортеры, рольганги и склизы для перемещения материалов, другие средства транспортировки, подъемные устройства и краны и т.д.
Основное технологическое оборудование	Станки, машины, агрегаты, автоматические линии, пульта дистанционного управления и т.д.
Организационная оснастка	Средства для размещения и хранения приспособлений, инструментов, вспомогательных материалов, запасных частей и документации, производственная тара и мебель, средства сигнализации и связи, освещения и ухода за оборудованием и рабочим местом, оградительные и предохранительные устройства, предметы производственного интерьера.
Технологическая оснастка	Приспособления и инструмент (режущий, мерительный, вспомогательный).

Для оценки интенсивности обслуживания рассчитывают характеристики каналов обслуживания. При этом надо учитывать, что обслуживание может иметь место только тогда, когда какой-либо станок потребовал вмешательства. Основной характеристикой является средний уровень обслуживания.

Сопоставление потока заявок в единицу времени и среднего уровня обслуживания позволяет судить об обоснованности зон обслуживания (числа станков на одного рабочего). Если заявки поступают быстрее, чем успевает их обслуживать рабочий (канал обслуживания), возникают простои станков в ожидании

обслуживания, что приводит к снижению производительности труда и эффективности многостаночного обслуживания.

Отношение потока заявок (λ) к среднему уровню обслуживания (μ) называется *интенсивностью обслуживания* (ω). Эта величина характеризует принятую систему обслуживания с точки зрения ее рациональности. При обоснованной зоне обслуживания это соотношение меньше единицы, т.е. оператор справляется с обслуживанием данной группы станков. Если поток заявок превышает средний уровень обслуживания, обслуживание осуществляется медленнее, чем поступают заявки, и зона обслуживания нуждается в корректировке.

Для обоснования зон обслуживания полезно применение аппарата теории массового обслуживания¹.

Однако для оценки принятой системы обслуживания недостаточно знания потока заявок и интенсивности обслуживания. Целесообразно еще изучить степень использования оборудования, входящего в зону обслуживания, для чего следует провести анализ поэлементной структуры времени функционирования оборудования в течение часа фактической работы.

Использование оборудования в течение часа фактической работы может быть охарактеризовано следующими показателями:

- ◆ Доля времени, в течение которого станок работает в расчете на единицу времени или коэффициент использования времени работы станка.
- ◆ Доля времени обслуживания (время, в течение которого рабочий загружает или разгружает станок в расчете на единицу времени).
- ◆ Доля времени, в течение которого станок простаивает в ожидании обслуживания в расчете на единицу времени.

В последнем случае имеются в виду простои, вызванные невозможностью для рабочего обслуживать более одного станка в какой-либо момент времени.

Для оценки целесообразности обслуживания рабочим соответствующего количества станков рассчитывают *коэффициент соотношения времени обслуживания и времени работы*. Если он меньше единицы, зона обслуживания считается приемлемой.

¹ См., например, Лифшиц А.Л., Малыц Э.А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. — М., 1978.

Оптимальное количество станков на одного рабочего должно устанавливаться с учетом времени простоя станка в комплекте, производительности труда, затрат на производство продукции на одном станке в единицу времени.

Повседневная работа по поддержанию оборудования в надлежащем состоянии — составная часть работы по обслуживанию рабочего места. Отказы оборудования, его простои во время ремонта не должны нарушать ход производственного процесса. Поэтому необходимо анализировать различные виды потерь, обусловленных отказами. К потерям относятся простои рабочих на основных и вспомогательных работах, задержки на последующих стадиях производственного процесса в результате простоев оборудования в ожидании текущего ремонта.

Эффективность организации обслуживания рабочих мест может быть определена по формуле:

$$K_э = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum Z},$$

где $\sum \mathcal{E}$ — суммарный экономический эффект от внедрения мероприятий по улучшению обслуживания оборудования;
 $\sum Z$ — суммарные затраты на внедрение системы обслуживания.

Коэффициент эффективности может быть выражен и обратной величиной:

$$K_э = \frac{\sum Z}{\sum \mathcal{E}}.$$

Обратный показатель более аналитичен, так как раскладывается по отдельным мероприятиям.

При оценке эффективности организации обслуживания рабочих мест и оборудования суммарный экономический эффект образуется за счет сокращения потерь времени от ожидания обслуживания и потерь от сокращения простоев канала обслуживания. Экономический эффект может быть представлен как дополнительный выпуск продукции; снижение себестоимости продукции и др. Затраты по внедрению мероприятий, направленных на улучшение организации обслуживания, складываются из затрат на научно-исследовательскую работу, проведение испытаний, собственно внедрения.

Применительно к предприятиям машиностроения для определения суммарного экономического эффекта от внедрения мероприятий по улучшению организации обслуживания оборудования нужно располагать следующей информацией:

- ♦ трудоемкость обработки годовой программы выпуска продукции с учетом многостаночного обслуживания;
- ♦ коэффициент многостаночного обслуживания;
- ♦ коэффициент выполнения норм;
- ♦ средний разряд рабочего;
- ♦ часовая тарифная ставка рабочего среднего разряда;
- ♦ коэффициент, учитывающий премиальные доплаты;
- ♦ коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату и отчисления в фонд социального страхования;
- ♦ количество станков на одного рабочего;
- ♦ средняя годовая стоимость оборудования;
- ♦ годовая норма амортизационных отчислений на реновацию оборудования;
- ♦ суммарная ремонтная сложность оборудования (механической и электротехнической части);
- ♦ годовые затраты на содержание и все виды ремонта одной ремонтной единицы оборудования (механической и электрической части);
- ♦ годовые затраты на внедрение мероприятий по расширению зон обслуживания, на содержание и обслуживание оборудования.

Приведенный перечень показателей может уточняться с учетом специфики отраслей. Отметим, что для предприятий всех отраслей важны данные о производственной площади, занимаемой оборудованием, и стоимости одного квадратного метра производственной площади.

Эффективность организации обслуживания зависит от технико-экономических показателей работы оборудования.

Изменение организации обслуживания рабочих мест и оборудования требует определенных затрат, в частности, на приобретение средств сигнализации или на приобретение средств перемещения сырья и материалов к рабочим местам и др.; затрат, связанных с подготовкой кадров. Например, переход механических цехов на использование станков с числовым программным управлением требует наличия программистов и других специалистов соответствующего профиля.

Сокращение потерь времени в ожидании обслуживания ведет к росту производительности труда.

Организация обслуживания рабочих мест и оборудования отражается и на себестоимости продукции. Целесообразно контролировать такой показатель, как расходы на содержание и эксплуатацию оборудования на единицу стоимости произведенной продукции, а также на единицу объема реализации.

Таким образом, организация рабочих мест и их эффективное обслуживание являются одной из составляющих цикла производственного менеджмента «определение условий и организация».

Важной задачей производственного менеджера является обеспечение повышения производительности труда.

5.3. Производительность и оплата труда

В работе производственных менеджеров по обеспечению достижения поставленной цели большое значение придается *нормированию труда*.

Обоснованные нормы позволяют рассчитать необходимые затраты труда на изготовление продукции (выполнение объемов работ); они являются основой рационального распределения труда на предприятии, установления пропорций между профессиями, участками, цехами. Нормирование труда позволяет обеспечить условия для равной интенсивности и напряженности труда не только на одинаковых, но и на разнородных работах.

Нормы должны быть *технически обоснованными*. К технически обоснованным нормам относятся: единые и типовые нормы; местные нормы, рассчитанные по действующим отраслевым и межотраслевым нормативам. Если перечисленные нормативы отсутствуют, технически обоснованные нормы могут быть определены на основе данных о технической производительности оборудования, анализа затрат рабочего времени.

В общем виде нормирование труда сводится к определению необходимых затрат времени на выполнение той или иной работы.

Фирмы стран с развитой рыночной экономикой широко применяют нормирование повторяющихся работ. Их менеджеры считают нормирование труда (с поощрительными системами заработной платы и без них) способом повышения производительности труда и снижения затрат на рабочую силу. Распространенным методом нормирования труда является *хронометраж*.

Нормирование часто называют изучением затрат времени и методов работы. Поэтому уделяется внимание измерению затрат времени; изучению трудовых движений.

Отметим, что все затраты рабочего времени делятся на время работы и время перерывов.

Время работы состоит из времени выполнения задания и времени работы, не обусловленного выполнением производственного задания (непроизводительные затраты времени, выполнение не свойственных данному работнику работ и т.п.). Время на выполнение задания делится на подготовительно-заключительное, оперативное и время обслуживания рабочего места.

Подготовительно-заключительное время связано с подготовкой к выполнению задания и действиями по его окончанию.

Оперативное время — время, связанное с изменениями формы и свойств предмета труда, оно подразделяется на основное (технологическое) и вспомогательное. Основное время непосредственно затрачивается на изменение формы или свойств предмета труда. Вспомогательное — на действия, обеспечивающие выполнение основной работы (загрузка сырья, съем готовой продукции, управление оборудованием, перемещение изделий на рабочем месте и т.п.). Здесь имеют место циклически повторяющиеся работы при изготовлении единицы продукции или определенного числа одновременно обрабатываемых изделий, т.е. повторяемость работ, о чем уже говорилось.

Методы труда претерпевают изменения, поэтому целесообразно изучение трудовых движений. Изменения методов работы происходят в процессе практического освоения и подразделяются на заметные и незаметные изменения метода.

Особого внимания заслуживают так называемые незаметные изменения. Как правило, эти изменения обусловлены повышением сноровки по мере выполнения работы, развитием мышц, проявлением особых способностей к соответствующей работе.

Изучение этих изменений привело к разработке микроэлементных нормативов, появление которых связано с исследованиями Френка и Лириан Гилберт. В нашей стране микроэлементные нормативы в течение долгого времени не находили применения. Большая работа по обеспечению их применения проделана в НИИ труда. На основе многочисленных исследований разработана система нормативов времени на 19 микроэлементов, в том числе на 10 микроэлементов, выполняемых

руками, 7 микроэлементов, выполняемых ногами и туловищем, 2 микроэлемента, выполняемых глазами. Всего система включает 22 вида и 50 разновидностей микроэлементных нормативов¹.

В нормировании труда используются: нормы времени, нормы выработки, нормы времени обслуживания и нормы численности.

Нормы времени — время, необходимое для выполнения единицы работы (изготовления продукции) одним рабочим (бригадой) при определенных организационно-технических условиях. Норма времени состоит из штучного времени и подготовительно-заключительного времени.

Норма выработки — количество единиц работы (изделий), которое должно быть выполнено в единицу времени (час, смену, месяц) одним рабочим или группой рабочих.

Следовательно, норма выработки — величина, обратная норме времени.

Норма обслуживания — количество единиц оборудования, производственных площадей, установленное для обслуживания одним рабочим или группой рабочих. Норма обслуживания применяется при нормировании труда вспомогательных рабочих и многостаночников.

Нормирование труда осуществляется в странах с развитой рыночной экономикой и для конторских служащих. Это обусловлено тем, что растущий объем конторской работы, затраты на выполнение которой сложно контролировать, требует поиска путей снижения затрат на содержание конторских служащих. Конторская работа отличается от производственной по характеру и содержанию степени повторяемости.

Вместе с тем, принципы нормирования конторского труда, применяемые для производственных операций, могут быть использованы и для конторских служащих. Прежде всего, важно изучить содержание выполняемой работы; устранить явно излишние элементы; определить нормативное время с помощью хронометража, системы нормативных трудовых движений или нормативов на отдельные элементы работы; выявить повторяемость каждого элемента и прибавить время, учитывающее неизбежные потери.

Для нормирования труда конторских служащих эффективны:

- ♦ метод моментных наблюдений;

¹ Смирнов Е.Л. Справочное пособие по НОТ. — М.: Экономика, 1986. — С. 177.

- ♦ хронометраж;
- ♦ микроэлементное нормирование труда;
- ♦ нормирование с помощью элементарных нормативов.

Метод моментных наблюдений позволяет охватить большое количество рабочих мест, получить оперативную информацию, на основе анализа которой могут быть приняты управленческие решения. Непосредственному проведению моментного наблюдения предшествует анализ структуры затрат времени, классификация и кодирование выполняемых работ. Затем в течение определенного времени проводят серию моментных наблюдений, например недели, месяца, и полученные данные анализируют, а также рассчитывают ошибку выборки, поскольку моментное наблюдение является выборочным во времени. Параллельно с моментными наблюдениями служащие записывают количество единиц каждой работы, выполненной за период времени наблюдений. По окончании наблюдения уточняется время, затраченное каждым работником на свою работу, а информация служащих содержит сведения о количестве единиц каждой работы, выполненной служащими. После этого затраты времени делят на число единиц работы и получают нормативное время работы.

Хронометраж позволяет установить, что выполняются только необходимые действия.

Система микроэлементных нормативов дает возможность изучить методы работы. Это важно для выявления изменений в способе выполнения работы и изменения затрат времени.

Элементарные нормативы используются для расчета затрат времени на выполнение отдельного элемента работы. В работе служащих наиболее распространен элемент «взять и положить предмет», который состоит из четырех основных движений: протянуть руку к предмету; взять предмет (овладеть им в такой степени, чтобы можно было переместить); переместить предмет; опустить его. Этот элемент является важным, так на его долю приходится почти 20% общего количества трудовых приемов.

На ряде западных фирм применяют нормирование труда инженеров. Нормирование используется в целях планирования работ. Для того чтобы спланировать работу, инженер должен знать содержание работы и иметь нормативы для измерения времени, затраченного на ее выполнение.

На основе нормирования западные фирмы измеряют производительность труда «белых воротничков», внедряют специальные программы, направленные на рост производительности их труда¹.

Отметим, что организация труда и нормирование имеют целью обеспечение роста производительности труда. Для повышения производительности труда необходимы планирование, измерение, контроль, т.е. управление производительностью². Отметим, что накопленный российскими учеными и практиками опыт позволяет эффективно решать задачи управления производительностью.

Для измерения уровня производительности труда используются прямая (средняя выработка продукции в единицу времени) и обратная (трудоемкость) величины. Методику применения средней выработки и трудоемкости для измерения и анализа производительности труда покажем на классическом примере.

Пример. За два периода имеются данные о выпуске продукции и затратах времени на ее производство.

<i>Показатель</i>	<i>Условное обозначение</i>	<i>Предыдущий период</i>	<i>Отчетный период</i>
1. Произведено изделий, шт.	q	3000	3500
2. Отработано, чел.-ч.	T	600	550
3. Средняя выработка продукции на один чел.-ч. (стр.1 / стр.2)	W	5	6
4. Трудоемкость единицы продукции, час. на шт. (стр.2 / стр.1)	t	0,2	0,17

Сравнив выработку отчетного периода (W_1) с выработкой предыдущего периода (W_0), получим представление о динамике производительности труда.

¹ См. подробнее: *Зубов В.М.* Как измеряется производительность труда в США. — М.: Финансы и статистика, 1990.

² *Синк Д.С.* Управление производительностью: планирование, измерение и оценка, контроль и повышение: Пер. с англ. — М. Прогресс, 1989.

В нашем примере индекс средней выработки ($I_w = \frac{W_1}{W_0}$) равен 1,2, или 120%. Сравнение же соответствующих уровней трудоемкости характеризует динамику трудоемкости. В примере $I_t = 0,17 / 0,2 = 0,85$, или 85%. Это означает, что трудоемкость снизилась на 15%.

Производительность труда повышается с ростом средней выработки или снижением трудоемкости.

Между показателями объема продукции, затрат труда, средней выработки и трудоемкости существует следующая взаимосвязь:

$$q = W \cdot T; \quad T = t \cdot q.$$

Таким образом, показатели «объем продукции» и «затраты труда» раскладываются на факторы-сомножители, что позволяет анализировать влияние факторов на их изменение.

Покажем методику анализа влияния изменения средней выработки и затрат труда на изменение объема продукции. Однако прежде необходимо обратить внимание на некоторые правила индексного анализа.

Модели, в которых результативный показатель представлен в виде произведения факторов-сомножителей, называются *мультипликативные*. В мультипликативных моделях выделяют объемные показатели (отражающие некоторую совокупность: объем продукции, численность персонала и т.п.) и качественные (определяемые в расчете на единицу признака: средняя выработка на один человекочас, себестоимость единицы продукции и т.п.).

В теории факторного индексного анализа влияние изменения качественного показателя на изменение результативного оценивается при сохранении объемного показателя на уровне отчетного периода.

В нашем примере качественным показателем является средняя выработка. Поэтому влияние изменения средней выработки на объем продукции рассматривается при затратах труда на уровне отчетного периода. Под влиянием изменения средней выработки объем продукции увеличился на 550 ед., т.е. $(6 - 5) \cdot 550$.

Затраты труда — объемный показатель. Влияние изменения объемного показателя на результативный рассматривается при сохранении качественного на уровне предыдущего периода.

В нашем примере это составляет $5 \cdot (550 - 600) = -250$ ед.

Под влиянием двух факторов объем продукции увеличился на 300 ед.

Используя взаимосвязь между показателями трудоемкости, объемом продукции и затратами труда, можно определить, как повлияли факторы на изменение затрат труда.

Для решения поставленной задачи рассчитаем трудоемкость с большим количеством знаков после запятой, что составит не 0,17 (в результате округления), а 0,166.

Тогда получим, что под влиянием снижения трудоемкости на 0,034 затраты труда снизились на 112,2 чел.-ч. ($0,034 \cdot 3300$). В результате увеличения объема продукции на 300 ед. затраты труда выросли на 60 чел.-ч. ($0,2 \cdot 300$). Под влиянием этих двух факторов и произошло снижение затрат труда на 50 чел.-ч.

Для управления производительностью эффективен трудовой метод измерения производительности труда, так как показатели трудоемкости могут быть рассчитаны по участкам работы и категориям работников, что позволяет контролировать производительность труда по центрам ответственности. Применение трудового метода предполагает наличие хорошо поставленного учета фактических затрат времени на выполнение отдельных работ и операций.

В управлении производительностью большую роль играют материальные и моральные стимулы.

Фирмы самостоятельно выбирают формы и системы оплаты труда. Существующие на государственных предприятиях тарифные ставки и оклады могут быть ориентиром для дифференциации оплаты труда и на предприятиях других форм собственности. Дифференциация оплаты труда зависит от профессии, квалификации работников, сложности работ, условий труда.

Основой построения тарифных ставок и окладов является минимальная заработная плата, устанавливаемая Правительством Российской Федерации.

На основании минимальной заработной платы и среднего числа часов на одного рабочего за месяц определяют минимальный размер часовой тарифной ставки 1-го разряда.

Пример. При установленной средней продолжительности рабочего дня 8 часов и 22 рабочих днях среднее число часов работы на одного рабочего составит 176. При минимальной заработной плате 83,49 руб. минимальный размер часовой тарифной ставки 1-го разряда 15 664 руб.

Ставки последующих разрядов устанавливаются исходя из тарифных коэффициентов.

Например, тарифный коэффициент для ставки 7-го разряда равен 2. Тогда часовая ставка 7-го разряда равна 31 328 руб.

Производственные фирмы самостоятельно выбирают тарифную сетку (число разрядов) и размер прогрессивного абсолютного и относительного возрастания тарифных коэффициентов, что зависит от финансовых возможностей фирмы.

Кроме тарифных ставок применяется система должностных окладов руководителей, специалистов и служащих.

В бюджетных организациях применяется единая тарифная сетка, утвержденная Правительством РФ, состоящая из 18 разрядов.

Для тарификации служащих проводится их аттестация.

Начисленные суммы оплаты труда включаются в состав фонда оплаты труда.

Выводы

- ◆ Эффективный производственный менеджмент невозможен без четкой организации труда. Организация труда должна базироваться на достижениях науки, отечественном и зарубежном опыте, обеспечивать повышение производительности труда.
- ◆ Большое значение имеет научная организация управленческого труда.
- ◆ Следует добиваться сокращения времени производственного цикла. Именно сокращение длительности производственного цикла является центральной задачей организации и управления производством.
- ◆ Организация коллективных трудовых процессов связана с современными направлениями управленческого учета.
- ◆ Общим принципом организации трудовых процессов является обеспечение непрерывности и естественности трудовых действий (приемов).
- ◆ Организация рабочего места — одна из составляющих цикла производственного менеджмента.
- ◆ Планировка рабочих мест представляет собой элемент планировки цеха.
- ◆ Форма обслуживания рабочих мест зависит от действующей системы обслуживания, которая обусловлена структурными организационными особенностями.

- ◆ Для обоснования решения о количестве станков, которое должен обслуживать один рабочий, нужно рассчитать коэффициент соотношения времени обслуживания и времени работы.
- ◆ В работе производственных менеджеров по обеспечению достижения поставленной цели большую роль играет нормирование труда, что предполагает изучение затрат времени и методов работы.
- ◆ Организация и нормирование труда являются необходимым условием управления производительностью.
- ◆ Для управления производительностью необходимы планирование, измерение, контроль и анализ.
- ◆ Для управления производительностью предпочтительней трудовой метод измерения производительности труда, так как показатели трудоемкости могут быть рассчитаны по участкам работы и категориям работников.

Практикум к гл. 5

◆ Тесты

1. Вы согласны с утверждением, что эффективный производственный менеджмент невозможен без научной организации труда?
 - а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.
2. В какую из составляющих производственного менеджмента следует отнести организацию труда?
 - а) планирование;
 - б) определение условий и организация;
 - в) руководство.
3. Профессионально-квалификационное разделение труда связано с:
 - а) местом различных групп работников в производственном процессе;
 - б) технологическим разделением труда;
 - в) делением работающих по разрядам и категориям.
4. Нужны ли дополнительные условия для внедрения научной организации труда?
 - а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

5. Вы согласны с утверждением, что организация рабочего места предполагает оснащение средствами и предметами труда, размещенными в определенном порядке;

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

6. Количество и трудоемкость постоянно выполняемых работ отражают:

а) прогрессивность технологического процесса;

б) условия труда;

в) организационный уровень рабочего места.

7. С чего начинается планировка рабочих мест?

а) определения места нахождения рабочего места на участке в соответствии с его специализацией;

б) оценки степени рациональности новой планировки;

в) установления рационального места нахождения работника по отношению к основному технологическому оборудованию.

8. Нужно ли при планировании зон обслуживания учитывать поток заявок?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

9. Достаточно ли для оценки принятой системы обслуживания знания потока и интенсивности обслуживания?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

10. Если коэффициент соотношения времени обслуживания и времени работы станка больше единицы, зона обслуживания:

а) приемлема;

б) неприемлема.

11. Имеет ли значение в работе производственного менеджера нормирование труда?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

12. Следует ли применять нормирование труда по отношению к служащим?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

13. Есть ли различия между понятиями «норма времени» и «норма выработки»?

а) да; б) нет.

14. Целесообразно ли применять микроэлементное нормирование для служащих?

а) да; б) нет. Поясните вашу позицию.

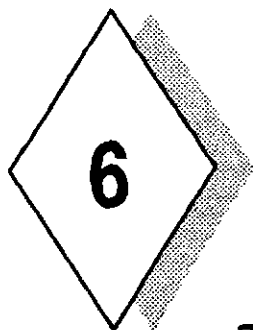
15. Какой метод измерения производительности труда предпочтительнее для управления производительностью?

а) стоимостной;

б) трудовой;

в) натуральный.

Поясните вашу позицию.



Глава

Основы управления качеством

6.1. Значение стандартизации и сертификации

Управление качеством во многом базируется на стандартизации, представляющей собой нормативный способ управления. Ее воздействие на объект осуществляется путем установления норм и правил, оформленных в виде нормативных документов, имеющих юридическую силу.

Стандарт — это нормативно-технический документ, устанавливающий основные требования к качеству продукции.

Немаловажная роль в управлении качеством принадлежит техническим условиям.

Технические условия — это нормативно-технический документ, устанавливающий дополнительные к государственным стандартам, а при их отсутствии самостоятельные требования к качественным показателям продукции, а также приравниваемые к этому документу техническое описание, рецептура, образец-эталон.

Стандарты определяют порядок и методы планирования повышения качества продукции на всех этапах жизненного цикла, устанавливают требования к средствам и методам контроля и оценки качества.

Управление качеством продукции осуществляется на основе государственных, международных, отраслевых стандартов и стандартов предприятий.

Превышение предложения над спросом, конкурентная борьба за покупателя привели к необходимости выработки объективных показателей, позволяющих оценить способность фирмы произ-

водить продукцию с необходимыми качественными характеристикам. При этом качество изготавливаемой и поставляемой продукции должно быть стабильным, устойчивым в течение всего времени действия контракта. Гарантом стабильности является наличие у фирмы-производителя системы качества, соответствующей международно признанным стандартам.

Международные организации по стандартизации и качеству продукции

Международная организация по стандартизации — МОС, или ИСО (от англ. International Standard Organization — ISO). Создана в 1946 г. на заседании Комитета по координации стандартов ООН с целью содействия стандартизации в мировом масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи; для расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научной, технической, экономической деятельности.

Основным видом деятельности ИСО является разработка международных стандартов. Стандарты ИСО являются добровольными к применению. Однако их использование в национальной стандартизации связано с расширением экспорта, рынка сбыта, поддержания конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Международная электротехническая комиссия (МЭК). Создана в 1906 г. в Лондоне. После создания в 1946 г. ИСО присоединилась к ней на автономных правах, сохранив независимость в финансовых и организационных вопросах. Занимается стандартизацией в области электротехники, электроники, радиосвязи, приборостроения.

Целями МЭК является содействие международному сотрудничеству в решении вопросов стандартизации в области электротехники, радиоэлектроники. Основной задачей является разработка международных стандартов в соответствующей области.

Современные методы менеджмента качества находят все большее применение на российских предприятиях. Однако еще существует отставание от зарубежных фирм.

Например, сертификации продукции (независимое подтверждение соответствия продукции установленным требованиям) в странах с рыночной экономикой внедрена в начале 1980-х годов. В России закон «О сертификации продукции и услуг» появился в 1992 г.

Первые редакции международных стандартов ИСО серии 9000 вышли во второй половине 1980-х годов. К началу 1990-х годов сертификация систем качества за рубежом приняла массовый характер. В России первый сертификат на систему качества выдан в 1994 г.

С середины 1990-х годов специалисты и практики за рубежом связывают современные методы менеджмента качества с

методологией TQM (Total quality management) — всеобщим (всеохватывающим, тотальным) менеджментом качества.

Сертификация системы качества заключается в подтверждении ее соответствия определенным требованиям, которые установил (принял на себя) изготовитель самостоятельно или под воздействием внешних обстоятельств, например по требованию заказчика.

Требования к качеству определены Международной организацией по стандартизации и содержатся в стандартах ИСО серии 9000:

1. ИСО 9000 «Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Руководящие указания по выбору и применению».

2. ИСО 9001 «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании».

3. ИСО 9002 «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже».

4. ИСО 9003 «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях».

5. ИСО 9004 «Общее руководство качеством и элементы системы качества. Руководящие Указания».

Основу Государственной системы стандартизации Российской Федерации (ГСС РФ) составляют пять стандартов:

1. ГОСТ Р 1.0-92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Основные положения».

2. ГОСТ Р 1.2-92 «Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок разработки государственных стандартов».

3. ГОСТ Р 1.3-92 «Государственная система Российской Федерации. Порядок согласования, утверждения и регистрации технических условий».

4. ГОСТ Р. 1.4-92 «Государственная система Российской Федерации. Стандарты предприятия. Общие положения».

5. ГОСТ Р. 5 — «Государственная система Российской Федерации. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов».

В России действуют три государственных стандарта качества:

1. ГОСТ 40. 9001-88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании».

2. ГОСТ 40.9002-88 «Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже».

3. ГОСТ 40.9003-88 2 «Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях».

В Государственные стандарты Российской Федерации включены следующие положения:

- ◆ Требования к качеству продукции, работ и услуг, обеспечивающие безопасность для жизни, здоровья и имущества, охрану окружающей среды, обязательные требования техники безопасности и производственной санитарии.
- ◆ Требования совместимости и взаимозаменяемости продукции.
- ◆ Методы контроля требований к качеству продукции, работ и услуг, обеспечивающие их безопасность для жизни, здоровья и имущества, охрану окружающей среды, совместимость и взаимозаменяемость продукции.
- ◆ Основные потребительские и эксплуатационные свойства продукции, требования к упаковке, маркировке, транспортировке и хранению, утилизации.
- ◆ Положения, обеспечивающие техническое единство при разработке, производстве, эксплуатации продукции и оказании услуг, правила обеспечения качества продукции, сохранность и рациональное использование всех видов ресурсов, термины, определения и другие общетехнические правила и нормы.

Ниже приводятся условия подготовки систем качества к сертификации:

1. Наличие точно установленных процедур.
2. Незначительное число возвратов/отклонений.
3. Наличие испытательных лабораторий.
4. Высокая производительность.
5. Наличие на предприятиях менеджеров по качеству.
6. Применение статистических методов контроля процессов.
7. Наличие документально оформленных процедур.
8. Наличие организационно оформленных систем качества.
9. Наличие отдела качества.
10. Организация контроля за продукцией.
11. Точное определение ответственности.
12. Организация выявления дефектов.

Сертифицированная система менеджмента качества является гарантией высокой стабильности и устойчивости качества продукции, выпускаемой поставщиком.

Наличие сертификата на систему качества — необходимое условие сохранения конкурентных преимуществ на рынке, включающих:

1. Отсутствие проблем с управлением производством.
2. Небольшое количество претензий от заказчиков.

Возможны следующие варианты оценки заказчиком системы менеджмента качества поставщика:

1. Клиент удовлетворен утверждением о наличии у поставщика системы качества.
2. Клиент просит представить документы в подтверждение такого утверждения.
3. Клиент хочет проверить и оценить сам систему качества поставщика.
4. Клиент требует сертификации системы качества органом, которому он доверяет.

6.2. Система качества

Система качества — совокупность организационной структуры, распределения ответственности, процессов, процедур и ресурсов, обеспечивающая общее руководство качеством. Это определение дано в международном стандарте ИСО 8402.

Иностранный клиент для заключения контракта на поставку продукции выдвигает требование наличия у производителя системы качества и сертификата на систему качества, выданного авторитетным сертифицирующим органом.

Система качества создается и внедряется как средство, обеспечивающее проведение определенной политики и достижение поставленной цели.

Политика предприятия в области качества формируется высшим руководством предприятия.

Система качества включает: обеспечение качества; управление качеством; улучшение качества. Она создается руководством предприятия как средство реализации политики в области качества.

В системе качества функционируют заказчик (потребитель) и поставщик (изготовитель).

Система качества, обеспечивающая политику предприятия и достижение цели в области качества, включает:

- 1) маркетинг, поиск и изучение рынка;

- 2) проектирование и /или разработку технических требований, разработку продукции;
- 3) материально-техническое снабжение;
- 4) подготовку и разработку технических процессов;
- 5) производство;
- 6) контроль, проведение испытаний и обследований;
- 7) упаковку и хранение;
- 8) реализацию и распределение;
- 9) монтаж и эксплуатацию;
- 10) техническую помощь в обслуживании;
- 11) утилизацию после использования.

Первичным является формирование и документальное оформление руководством фирмы (предприятия) политики в области качества.

При формировании политики могут быть выделены следующие направления:

1. Улучшение экономического положения предприятия за счет улучшения качества.
2. Расширение или завоевание новых рынков сбыта.
3. Достижение технического уровня продукции, превышающего уровень ведущих предприятий и фирм.
4. Снижение дефектности и др.

Политика в области качества должна быть изложена в специальном документе, оформлена в виде программы.

Общая система управления качеством может иметь подсистемы по отдельным видам продукции или деятельности фирмы.

Деятельность по гарантии качества включает:

- ♦ планирование и проектирование;
- ♦ проектирование технологических процессов и подготовку производства;
- ♦ изготовление;
- ♦ проверку качества;
- ♦ предотвращение ухудшения качества;
- ♦ рекламу;
- ♦ сбыт;
- ♦ послепродажное обслуживание;
- ♦ получение информации от потребителя;
- ♦ проверку системы гарантии качества.

Пример. Агрегатный завод провел работу по внедрению системы управления качеством продукции в связи с возрастающей конкуренцией на рынке сбыта. Работа проходила по следующей схеме.

В конце мая Генеральным директором подписано «Руководство по качеству агрегатного завода». В документе содержатся основные положения по управлению, обеспечению и улучшению качества продукции завода, касающиеся всех производственных подразделений, служб маркетинга, проектирования и сбыта.

Создана служба качества, координирующая все подразделения предприятия в области качества. Служба качества разрабатывает методические рекомендации по качеству. Функционально и административно эта служба подчиняется только Генеральному директору.

Служба качества построена в соответствии со стандартами ISO 9001.

Функциональная подчиненность служб завода службе качества показана на рис. 6.1.

Как следует из рисунка, в функциональном подчинении службы качества находятся: служба маркетинга, дирекция по развитию, дирекция по производству, дирекция по экономике и финансам, дирекция по персоналу, отдел сбыта.

Руководство предприятия не только контролирует соответствие качества международным стандартам, но стремится к постоянному совершенствованию качества.

Специализированные службы изучают потребности потребителей и их требования к качеству продукции.

Несоответствие качества продукции определенным стандартам выявляется непосредственно в процессе производства. Для этого контроль качества осуществляется по всей технологической цепочке:

- ♦ входной контроль материалов и комплектующих изделий обеспечивается соответствующими лабораториями;
- ♦ в производствах завода совмещаются методы активного контроля, встроенные в технологическое оборудование, а также выборочный или полный контроль по операциям и окончательный контроль готовых изделий;
- ♦ лаборатории оснащены специальными стендами для периодических испытаний изделий.

Руководители предприятия отдают приоритет предупреждению отклонений качества от стандартов, а не выявлению и устранению.

Весь персонал вовлекается в работу по качеству. Для этого разработаны меры по повышению мотивации работников, включающие гибкую систему поощрений и взысканий, повышение квалификации.

Подготовка кадров дифференцирована по категориям работников: руководящий персонал, технический персонал, работники службы качества, производственные рабочие.

Установлены жесткие требования к руководящему персоналу, предполагающие дисциплинарные и материальные меры за упущения в работе по качеству, за нежелание или неумение выполнять свои обязанности.



Рис. 6.1. Функциональная подчиненность служб завода службе качества

Руководство по качеству четко описывает функции каждого из подразделений завода и обязанности руководителей подразделений, предусматривает конкретную ответственность за невыполнение инструкций.

Отработана система проверки качества при продаже продукции и покупке материалов и комплектующих изделий, предусматривающая составление договора.

При продаже изделий предприятия службой качества, юридическим бюро, финансово-экономическим отделом тщательно анализируются потребности предприятия и пожелания клиента.

6.3. Структурирование функции качества

Каждое изделие должно отражать основные функциональные и стимулирующие характеристики качества. При этом речь идет о том качестве, которое определяется потребителем. Нужно исходить из того, что покупатель вряд ли будет говорить о многих показателях качества. Его интересуют не больше двух-трех. Поэтому возникает проблема инженерного воплощения качества в изделии.

Для решения этой проблемы применяется метод Структурирования функции качества (СФК).

СФК разработан в Японии в конце 1960-х годов. Одной из первых его применила «Мицубиси» на строительной верфи в Кобэ. Впоследствии этот метод получил широкое распространение в корпорации Форда.

Структурирование функции качества корпорация Форда определяет следующим образом:

«Средство планирования для перевода характеристик качества, которые требует покупатель (т.е. его желания, потребности, ожидания), в подходящие черты изделия».

Модель СФК разработана доктором Ф. Яукухара. Процесс СФК состоит из четырех фаз:

1. Планирование разработки изделия.
2. Структурирование проекта.
3. Планирование технологического процесса.
4. Планирование производства.

Фаза 1. Планирование разработки изделия. Требования покупателя устанавливаются, осмысливаются и переводятся на язык инженерного проектирования в термины, которые называются косвенными показателями качества. Наиболее важные из них используются для следующей фазы.

Фаза 2. Структурирование проекта. Рассматриваются различные концепции разработки изделия, которое удовлетворяло бы требованиям структурирования, и отбирается лучшая. Затем проект детализируется, при этом особое внимание уделяется существенным характеристикам изделия, которые вычислены по требованиям покупателей, структурированным в фазе 1. Детали разработки изделия затем структурируются в фазе 3.

Фаза 3. Планирование технологического процесса. Рассматривается технологический процесс разработки изделия. После отбора наиболее подходящих концепций процесса, способного производить изделия с учетом тех характеристик, которые уже структурированы, процесс детализируется в терминах существенных операций и параметров. Эти характеристики затем структурируются в следующей фазе.

Фаза 4. Планирование производства. На этой заключительной фазе рассматриваются методы управления процессом. Эти методы должны обеспечить производство изделий в соответствии с их важнейшими характеристиками, определенными в фазе 2 и, следовательно, удовлетворяющими требованиям покупателя.

Следовательно, в течение всего 4-фазового процесса СФК для проекта изделия, разработки процесса и его инженерного обеспечения создается изделие, удовлетворяющее требованиям покупателя.

СФК требует знаний и опыта из различных областей и может осуществляться коллективом специалистов разных специальностей.

6.4. Текущее управление качеством

Текущее управление качеством связано с контролем технологических процессов. Определяются контрольные параметры технологического процесса. Выход за пределы допустимого диапазона контрольных параметров может привести к выпуску бракованной продукции. Отклонения параметров происходят под воздействием случайных факторов. Для контроля качества технологических процессов применяются статистические методы.

Одним из основных инструментов в обширном арсенале статистических методов контроля качества являются *контрольные карты*. Принято считать, что идея контрольной карты принадлежит известному американскому статистику Уолтеру Л. Шухарту. Она была высказана в 1924 г. и обстоятельно описана в 1931 г. Первоначально контрольные карты использовались для регистрации результатов измерений требуемых свойств продукции. Выход параметра за границы поля допуска свиде-

тествовал о необходимости остановки производства и проведении корректировки процесса в соответствии со знаниями специалиста, управляющего производством.

Это давало информацию о том, когда, кто, на каком оборудовании получал брак в прошлом.

Однако в этом случае решение о корректировке принималось тогда, когда брак уже был получен. Поэтому важно было найти процедуру, которая бы накапливала информацию не только для ретроспективного исследования, но и для использования при принятии решений. Это предложение опубликовал американский статистик И. Пейдж в 1954 г. Карты, которые используются при принятии решений, называются кумулятивными.

Контрольная карта (рис. 6.2) состоит из центральной линии, двух контрольных пределов (над и под центральной линией) и значений характеристики (показателя качества), нанесенных на карту для представления состояния процесса.

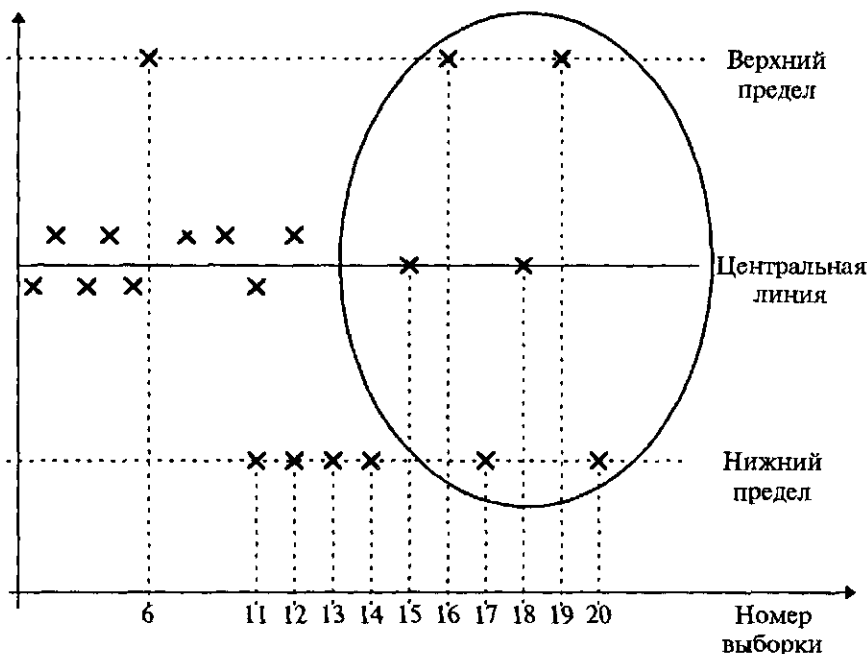


Рис. 6.2. Контрольная карта

В определенные периоды времени отбирают (все подряд; выборочно; периодически из непрерывного потока и т. д.) и изготовленных изделий и измеряют контролируемый параметр.

Результаты измерений наносят на контрольную карту, и в зависимости от этого значения принимают решение о корректировке процесса или о продолжении процесса без корректировок.

Сигналом о возможной разналадке технологического процесса могут служить:

- ♦ выход точки за контрольные пределы (точка 6), что означает выход процесса из-под контроля;
- ♦ расположение группы последовательных точек около одной контрольной границы, но не выход за нее (11, 12, 13, 14), что свидетельствует о нарушении уровня настройки оборудования;
- ♦ сильное рассеяние точек (15, 16, 17, 18, 19, 20) на контрольной карте относительно средней линии, что свидетельствует о снижении точности технологического процесса.

При наличии сигнала о нарушении производственного процесса должна быть выявлена и устранена причина нарушения.

Таким образом, контрольные карты используются для выявления определенной причины, но не случайной. Под определенной причиной следует понимать существование факторов, которые допускают изучение. Разумеется, что таких факторов следует избегать.

Вариация же, обусловленная случайными причинами необходима. Она неизбежно встречается в любом процессе, даже если технологическая операция проводится с использованием стандартных методов и сырья. Исключение случайных причин вариации невозможно технически или экономически целесообразно.

Часто при определении факторов, влияющих на какой-либо результативный показатель, характеризующий качество, используют *схемы Исикава*. Они были предложены профессором Токийского университета Каору Исикава в 1953 г. при анализе различных мнений инженеров. Иначе схему Исикава называют диаграммой причин и результатов, диаграммой «рыбий скелет», деревом и т. д. Она отражает логическую структуру отношений

между элементами, этапами, работами, составляющими изучаемый технологический процесс. Схема строится по принципу четырех компонентов, влияющих на качество продукции: материал, машины, сырье, люди. При ее построении факторы располагаются по значимости (ближе к цели строится более значимый фактор). При этом каждый фактор проходит свой цикл предварительной обработки и может быть разбит на более мелкие, на более детализированные схемы.

Операции, составляющие обработку, показаны стрелками. Каждая стрелка сопряжена с оценками тех или иных показателей. Например, изделие нагревается — возникает необходимость в контроле температурного режима. «Рыбий скелет» является инструментом логического решения задачи.

Схема может применяться при анализе качества изделий в целом, а также отдельных этапов его изготовления. Она состоит из показателя качества, характеризующего результат, и факторных показателей (рис. 6.3).

Построение диаграмм включает следующие этапы:

- ♦ выбор результативного показателя, характеризующего качество изделия (процесса и т. д.);
- ♦ выбор главных причин, влияющих на показатель качества. Их необходимо поместить в прямоугольники («большие кости»);
- ♦ выбор вторичных причин («средние кости»), влияющих на главные;
- ♦ выбор (описание) причин третичного порядка («мелкие кости»), которые влияют на вторичные;
- ♦ ранжирование факторов по их значимости и выделение наиболее важных.

Диаграммы причин и результатов имеют универсальное применение. Так, они широко применяются при выделении наиболее значимых факторов, влияющих, например, на производительность труда.

Отмечается, что число существенных дефектов незначительно и вызываются они, как правило, небольшим количеством причин. Таким образом, выяснив причины появления немногочисленных существенно важных дефектов, можно устранить почти все потери.

Эта проблема может решаться с помощью *диаграммы Парето*. Она используется для оценки частоты появления брака

(отклонения в размерах деталей, некачественное сырье, нарушение технологического процесса и др.). Опыт исследования частоты брака показывает, что малое число видов брака составляет большую долю общего числа.

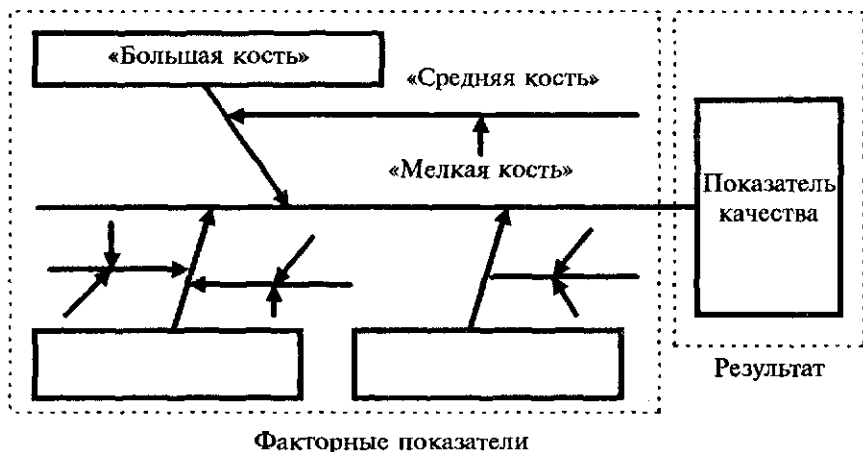


Рис. 6.3. Структура диаграммы причин и результатов

Различают два вида диаграмм Парето:

1. По результатам деятельности. Они служат для выявления главной проблемы и отражают нежелательные результаты деятельности (дефекты, отказы и т.д.).

2. По причинам (факторам). Они отражают причины проблем, которые возникают в ходе производства.

Рекомендуется строить много диаграмм Парето, используя различные способы классификации как результатов, так и причин, приводящим к этим результатам. Лучшей следует считать такую диаграмму, которая выявляет немногочисленные, существенно важные факторы, что и является целью анализа Парето.

Построение диаграмм Парето включает следующие этапы:

1. Выбор вида диаграммы (по результатам деятельности или по причинам (факторам)).

2. Классификация результатов (причин). Разумеется, что любая классификация имеет элемент условности, однако большинство наблюдаемых единиц какой-либо совокупности не должны попадать в строку «Прочие».

3. Определение метода и периода сбора данных.

4. Разработка контрольного листка для регистрации данных с перечислением видов собираемой информации. В нем необходимо предусмотреть свободное место для графической регистрации данных (рис. 6.4).

5. Ранжирование данных, полученных по каждому проверяемому признаку в порядке значимости. Группу «Прочие» следует приводить в последней строке вне зависимости от того, насколько большим получилось число.

Суммарная частота появления брака категории «прочие» не должна превышать 10%, т.е. в прочие должны входить виды брака, суммарная доля которых не превышает 10%.

Типы дефектов	Группы данных		Итого по типам дефектов
А. Трещины	///	///	10
Б.	— — — — —		— — — — —
В.	— — — — —		— — — — —
Г.	— — — — —		— — — — —
Прочие			
Итого			100

Рис. 6.4. Примерный вид контрольного листка

6. Построение столбиковой диаграммы (рис. 6.5).

Значительный интерес представляет построение диаграмм Парето в сочетании с диаграммой причин и следствий.

Выявление главных факторов, влияющих на качество продукции, позволяет увязать показатели производственного качества с каким-либо показателем, характеризующим потребительское качество.

Для такой увязки возможно применение регрессионного анализа. Например, в результате специально организованных наблюдений за результатами носки обуви и последующей статистической обработки полученных данных было установлено, что срок службы обуви (y) зависит от двух переменных: плотности материала подошвы в г/см^3 (x_1) и предела прочности сцепления подошвы с верхом обуви в кг/см^2 (x_2). Вариация этих

факторов на 84,6% объясняет вариацию результативного признака (множественный коэффициент коррекции $R = 0,92$), а уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 6,0 + 4,0 \cdot x_1 + 12 \cdot x_2.$$

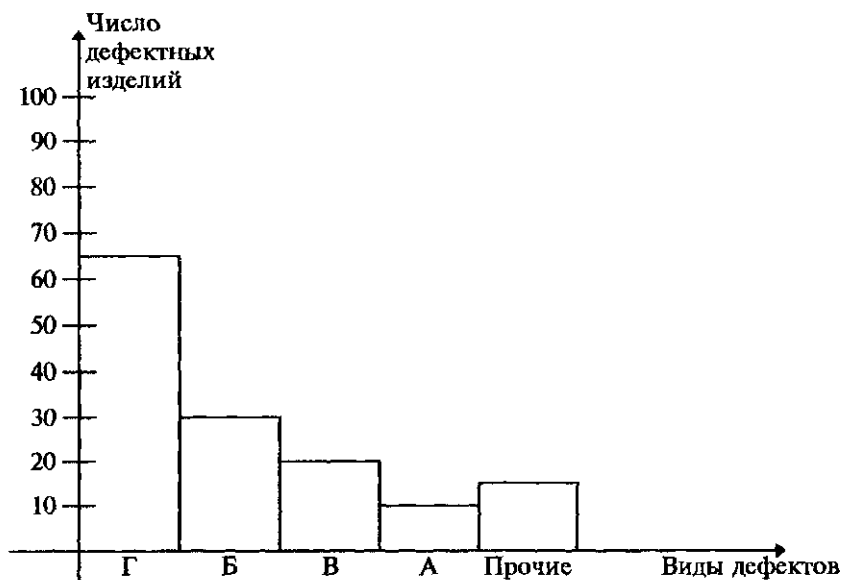


Рис. 6.5. Связь между видами дефектов и числом дефектных изделий

Таким образом, уже в процессе производства, зная характеристики факторов x_1 и x_2 , можно прогнозировать срок службы обуви. Улучшая названные параметры, можно увеличить срок носки обуви. Исходя из необходимого срока службы обуви, можно выбирать технологически допустимые и экономически оптимальные уровни признаков производственного качества.

Наибольшее практическое распространение имеет характеристика качества изучаемого процесса путем оценки качества результата этого процесса. В этом случае речь о контроле качества изделий, деталей, получаемых на той или иной операции. Наибольшее распространение имеют несплошные методы контроля, а наиболее эффективны те из них, которые базируются на теории выборочного метода наблюдения.

Пример. На электроламповом заводе цех производит электролампочки.

Для проверки качеств ламп отбирают совокупность 25 штук и подвергают испытанию на специальном стенде (меняется напряжение, стенд подвергается вибрации и т. д.). Каждый час снимают показания о продолжительности горения ламп. Получены следующие результаты:

6; 6; 4; 5; 7;
5; 6; 6; 7; 8;
5; 7; 7; 6; 4;
5; 6; 8; 7; 5;
7; 6; 5; 6; 6.

Прежде всего необходимо построить ряд распределения.

Продолжительность горения (x)	Частота (f)	$x \cdot f$	$ x - \bar{x} \cdot f$	$(x - \bar{x})^2 \cdot f$	% к итогу	Накопленный процент
4	2	8	4	8	8	8
5	6	30	6	6	24	32
6	9	54	0	0	36	68
7	6	42	6	6	24	92
8	2	16	4	8	8	100
	25	150	20	28	100	—

Затем следует определить

1) среднюю продолжительность горения ламп:

$$\bar{x} = \frac{\sum x \cdot f}{\sum f} = \frac{150}{25} = 6 \text{ ч};$$

2) моду (вариант, который чаще всего встречается в статистическом ряду). Она равна 6;

3) медиану (значение, которое расположено в середине ряда. Это такое значение ряда, которое делит его численность на две равные части). Медиана равна также 6.

Построим кривую распределения (полигон) (рис. 6.6).

Определим размах:

$$R = x_{\max} - x_{\min} = 4 \text{ ч.}$$

Он характеризует пределы изменения варьирующего признака. Среднее абсолютное отклонение:

$$\bar{d} = \frac{\sum |x - \bar{x}| \cdot f}{\sum f} = \frac{20}{25} = 0,8 \text{ ч.}$$

Это средняя мера отклонения каждого значения признака от средней.

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot f}{\sum f}} = \sqrt{\frac{28}{25}} = \sqrt{1,12} = 1,06 \text{ ч.}$$

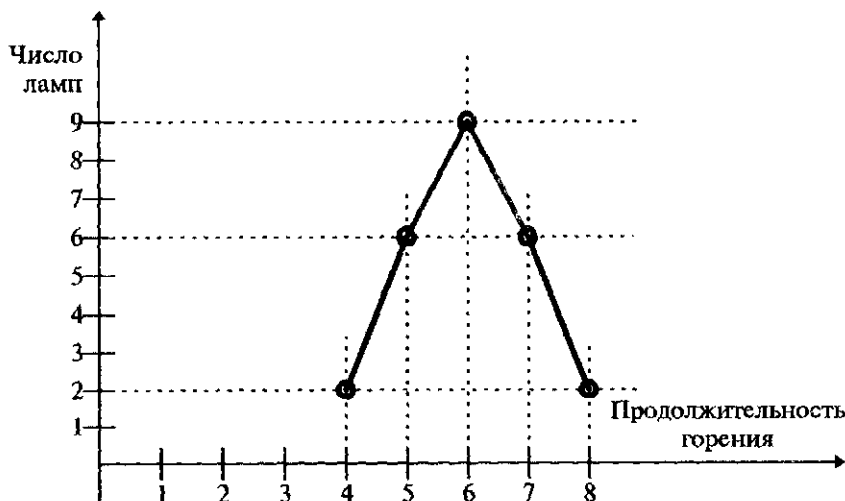


Рис. 6.6. Распределение ламп по продолжительности горения

Рассчитаем коэффициенты вариации:

1) по размаху:

$$V_R = \frac{R}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{4}{6} \cdot 100 = 66,7\% ;$$

2) по среднему абсолютному отклонению:

$$V_{\bar{d}} = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{0,8}{6} \cdot 100 = 13,3\% ;$$

3) по среднему квадратическому отношению:

$$V_{\sigma} = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100 = \frac{1,05}{6} \cdot 100 = 17,5 .$$

В отношении качества продукции коэффициенты вариации должны быть минимальными.

Так как завод интересуется качеством не только контрольных ламп, а всех ламп, возникает вопрос о расчете средней ошибки выборки:

$$\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{1,05}{5} = 2 \text{ ч.},$$

которая зависит от колеблемости признака (σ) и от числа отобранных единиц (n).

Предельная ошибка выборки $\Delta = \pm t \cdot \mu$. Доверительное число t показывает, что расхождение не превышает кратную ему ошибку выборки. С вероятностью 0,954 можно утверждать, что разность между выборочной и генеральной не превысит двух величин средней ошибки выборки, т.е. в 954 случаях ошибка репрезентативности не выйдет за $\pm 2\mu$.

$$\bar{x} - \Delta \leq x \leq \bar{x} + \Delta;$$

$$5,6 \leq x \leq 6,4.$$

Таким образом, с вероятностью 0,954 ожидается, что средняя продолжительность горения будет не меньше, чем 5,6 часа, и не больше, чем 6,4 часа. С точки зрения качества продукции необходимо стремиться к уменьшению этих отклонений.

Обычно при статистическом контроле качества допустимый уровень качества, который определяется количеством изделий, прошедших контроль и имевших качество ниже минимально приемлемого, колеблется от 0,5% до 1% изделий. Однако для компаний, которые стремятся выпускать продукцию только высшего качества, этот уровень может быть недостаточным. Например, «Тоета» стремится свести уровень брака к нулю, имея в виду, что хотя и выпускаются миллионы автомобилей, но каждый покупатель приобретает лишь один из них. Поэтому наряду со статистическими методами контроля качества на фирме разработаны простые средства контроля качества всех изготавливаемых деталей (TQM). Статистический контроль качества в первую очередь применяется в отделениях фирмы, где продукция изготавливается партиями. Например, в лоток высокоскоростного автоматического процесса после обработки поступают 50 или 100 деталей, из которых контроль проходят только первая и последняя. Если обе детали не имеют дефектов, то все детали считаются хорошими. Однако, если последняя деталь окажется бракованной, то будет найдена и первая дефектная деталь в партии, а весь брак будет изъят. Для того

чтобы ни одна партия не избежала контроля, пресс автоматически отключается после обработки очередной партии заготовок. Применение выборочного статистического контроля имеет эффект всеобъемлющего тогда, когда каждая производственная операция выполняется стабильно благодаря тщательной отладке оборудования, использованию качественного сырья и т. д.

Большую роль в обеспечении качества играет статистический приемочный контроль.

6.5. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Стандарты статистического приемочного контроля

Основной характеристикой партии изделий по альтернативному признаку является генеральная доля дефектных изделий.

$$q = \frac{D}{N},$$

где D — число дефектных изделий в партии объемом N изделий.

В практике статистического контроля генеральная доля q неизвестна и ее следует оценить по результатам контроля случайной выборки объемом n изделий, из которых m дефектных.

Под *планом статистического контроля* понимают систему правил, указывающих методы отбора изделий для проверки, и условия, при которых партию следует принять, забраковать или продолжить контроль.

Различают следующие виды планов статистического контроля партии продукции по альтернативному признаку:

- ◆ Одноступенчатые планы, согласно которым, если среди n случайно отобранных изделий число дефектных m окажется не больше приемочного числа C ($m \leq C$), то партия принимается; в противном случае партия бракуется.
- ◆ Двухступенчатые планы, согласно которым, если среди n_1 случайно отобранных изделий число дефектных

m_1 окажется не больше приемочного числа C_1 ($m_1 \leq C_1$), то партия принимается; если $m_1 \geq d_1$, где d_1 — браковочное число, то партия бракуется. Если же $C_{1p} < m_{1p} < d_1$, то принимается решение о взятии второй выборки объемом n_2 . Тогда, если суммарное число изделий в двух выборках ($m_1 + m_2$) $\leq C_2$, то партия принимается, в противном случае партия бракуется по данным двух выборок.

- ◆ Многоступенчатые планы являются логическим продолжением двухступенчатых. Первоначально берется партия объемом n_1 и определяется число дефектных изделий m_1 . Если $m_1 \leq C_1$, то партия принимается. Если $C_{1p} < m_{1p} < d_1$ ($d_{1f} > C_1 + 1$), то партия бракуется. Если $C_{1p} < m_{1p} < d_1$, то принимается решение о взятии второй выборки объемом n_2 . Пусть среди $n_1 + n_2$ имеется m_2 дефектных. Тогда, если $m_2 \leq C_2$, где C_2 — второе приемочное число, партия принимается; если $m_2 \geq d_2$ ($d_{2f} > C_2 + 1$), то партия бракуется. При $C_{2p} < m_{2p} < d_2$ принимается решение о взятии третьей выборки. Дальнейший контроль проводится по аналогичной схеме, за исключением последнего k -го шага. На k -м шаге, если среди $\sum_{j=1}^k n_j$ проконтролирован-

ных изделий выборки оказалось m_k дефектных и $m_k \leq C_k$, то партия принимается; если же $m_{kf} > C_k$, то партия бракуется. В многоступенчатых планах число шагов k заранее задается. Обычно принимается, что $n_1 = n_2 = \dots = n_k$.

- ◆ Последовательный контроль, при котором решение о контролируемой партии принимается после оценки качества выборок, общее число которых заранее не установлено и определяется в процессе контроля по результатам предыдущих выборок.

Одноступенчатые планы самые простые в отношении организации контроля на производстве. Двухступенчатые, многоступенчатые и последовательные планы контроля обеспечивают при том же объеме выборки большую точность принимаемых решений, но они более сложны в организационном плане.

Задача выборочного приемочного контроля фактически сводится к статистической проверке гипотезы о том, что доля

дефектных изделий q в партии равна допустимой величине q_0 , т.е. $H_0: q = q_0$.

Задача правильного выбора плана статистического контроля состоит в том, чтобы сделать ошибки первого и второго рода маловероятными. Напомним, что ошибки первого рода связаны с возможностью ошибочно забраковать партию изделий, ошибки второго рода связаны с возможностью ошибочно пропустить бракованную партию.

Стандарты статистического приемочного контроля

Для успешного применения статистических методов контроля качества продукции большое значение имеет наличие соответствующих руководств и стандартов, которые должны быть доступны широкому кругу инженерно-технических работников. Стандарты на статистический приемочный контроль обеспечивают возможность объективно сравнивать уровни качества партий однотипной продукции как во времени, так и по различным предприятиям.

Остановимся на основных требованиях к стандартам по статистическому приемочному контролю.

Прежде всего стандарт должен содержать достаточно большое число планов, имеющих различные оперативные характеристики. Это важно, так как позволит выбирать планы контроля с учетом особенностей производства и требований потребителя к качеству продукции. Желательно, чтобы в стандарте были указаны различные типы планов: одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые, планы последовательного контроля и т. д.

Основными элементами стандартов по приемочному контролю являются:

1. Таблицы планов выборочного контроля, применяемые в условиях нормального хода производства, а также планов для усиленного контроля в условиях разладок и для облегчения контроля при достижении высокого качества.

2. Правила выбора планов с учетом особенностей контроля.

3. Правила перехода с нормального контроля на усиленный или облегченный и обратного перехода при нормальном ходе производства.

4. Методы вычисления последующих оценок показателей качества контролируемого процесса.

В зависимости от гарантий, обеспечиваемых планами приемочного контроля, различают следующие методы построения планов.

- ◆ Устанавливают значения риска поставщика α и риска потребителя β и выдвигают требование, чтобы оперативная характеристика $P_{(q)}$ прошла приблизительно через две точки: q_0, α и q_m, β , где q_0 и q_m — соответственно приемлемый и браковочный уровни качества. Этот план называют компромиссным, так как он обеспечивает защиту интересов как потребителя, так и поставщика. При малых значениях α и β объем выборки должен быть большим.
- ◆ Выбирают одну точку на кривой оперативной характеристики и принимают одно или несколько дополнительных независимых условий.

Первая система планов статистического приемочного контроля, нашедшая широкое применение в промышленности, была разработана Доджем и Ромингом. Планы этой системы предусматривают сплошной контроль изделий из забракованных партий и замену дефектных изделий годными.

Во многих странах получил распространение американский стандарт МИЛ-СТД-ЛО5Д. Отечественный стандарт ГОСТ 18242—72 по построению близок к американскому и содержит планы одноступенчатого и двухступенчатого приемочного контроля. В основу стандарта положено понятие приемлемого уровня качества (ПРУК) q_0 , которое рассматривается как максимально допустимая потребителем доля дефектных изделий в партии, изготовленной при нормальном ходе производства. Вероятность α забраковать партию с долей дефектных изделий, равной q_0 , для планов стандарта мала и уменьшается по мере возрастания объема выборки. Для большинства планов α не превышает 0,05.

При контроле изделий по нескольким признакам стандарт рекомендует классифицировать дефекты на три класса: критические, значительные и малозначительные.

Выводы

- ◆ Система управления качеством представляет собой совокупность управленческих органов и объектов управления, мероприятий, методов и средств, направленных на установление, обеспечение и поддержание высокого уровня продукции.
- ◆ Система управления качеством должна удовлетворять требованиям стандартов ISO 9000.
- ◆ Большую роль в контроле качества играют статистические методы.
- ◆ В контроле качества с успехом применяются контрольные карты.
- ◆ Диаграммы Парето служат для выявления немногочисленных, существенно важных дефектов и причин их возникновения.

Практикум к гл. 6

◆ Тесты

1. В государственные стандарты Российской Федерации включены требования к упаковке и маркировке?
а) да; б) нет.
2. Включает ли система качества маркетинг, поиск и изучение рынка?
а) да; б) нет.
3. Включены ли в государственные стандарты Российской Федерации требования совместимости и взаимозаменяемости продукции?
а) да; б) нет.
4. Деятельность по гарантии качества включает послепродажное обслуживание?
а) да; б) нет.
5. Для какой цели применяется метод СФК?
а) контроля качества технологических процессов;

б) решения проблемы инженерного воплощения качества в изделие.

6. Должны ли в системе качества взаимодействовать заказчик (потребитель) и поставщик (изготовитель)?

а) да; б) нет.

7. Есть ли различие между ИСО 9003 и ИСО 9004?

а) да; б) нет.

8. Имеет ли значение для заключения договора на поставку продукции наличие у поставщика системы качества?

а) да; б) нет. Объясните вашу позицию

9. Какая из фаз СФК является заключительной?

а) структурирование проекта;

б) планирование технологического процесса;

в) планирование производства.

10. Какая международная организация содействует международному сотрудничеству в вопросах стандартизации в области радиоэлектроники?

а) ИСО;

б) МЭК;

в) другая организация.

11. Какие из перечисленных условий необходимы для подготовки систем качества к сертификации?

а) соблюдение требований к упаковке, маркировке;

б) общетехнические правила и нормы;

в) наличие испытательных лабораторий.

12. На какой из перечисленных ниже стадий рассматриваются концепции разработки изделия?

а) планирование разработки изделия;

б) структурирование проекта;

в) планирование производства.

13. Общая система управления качеством может иметь подсистемы по отдельным видам продукции?

а) да; б) нет.

14. Политика предприятия в области качества формируется руководством:

а) высшего звена;

б) среднего звена;

в) низового звена.

15. При подготовке системы качества к сертификации требуется применение статистических методов контроля процессов?

а) да; б) нет.

16. Применяется ли СФК на российских предприятиях?

а) да; б) нет.

17. Сертификация системы качества заключается в:

а) проведении текущего контроля качества;

б) получении отзыва потребителя о продукции;

в) подтверждении соответствия системы качества определенным требованиям.

18. Система качества, обеспечивающая политику предприятия, включает проектирование и разработку продукции?

а) да; б) нет.

19. Текущее управление качеством связано с контролем технологических процессов?

а) да; б) нет.

20. Целесообразно ли получение информации от потребителя для управления качеством?

а) да; б) нет.

21. Что из перечисленного ниже является основным видом деятельности Международной организации по стандартизации?

а) разработка международных стандартов;

б) содействие международному сотрудничеству в решении вопросов стандартизации электротехники.

22. Является ли перспективным для решения проблемы качества метод Структурирования функции качества (СФК)?

а) да; б) нет.

◆ Задачи

Задача 1. Температура внутри установки измеряется в $n = 5$ точках. По результатам контроля $k=40$ выборок по $n = 5$ наблюдений в каждой рассчитаны средняя арифметическая $\bar{x} = 202^\circ\text{C}$ и выборочное среднее квадратическое отклонение $s = 2,5^\circ\text{C}$. Требуется при вероятности ошибки $\alpha = 0,05$ (уровне значимости) построить:

а) контрольную карту средней арифметической ($\bar{x}$ -карта);

б) контрольную карту средних квадратических отклонений (s -карта);

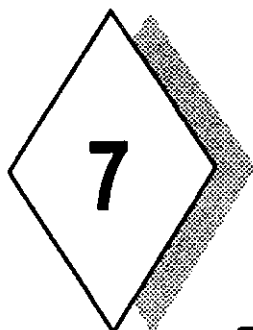
в) контрольную карту медиан, если предварительно по результатам k выборок найдено, что $x_{\text{med}} = 200^\circ \text{C}$.

Задача 2. Корпуса водопроводного вентиля обрабатываются в цехе на трех автоматических станках. Из продукции первого автомата были отобраны для контроля высоты $n_1 = 20$ корпусов, второго — $n_2 = 18$ и третьего — $n_3 = 22$ корпуса. По результатам выборочного контроля найдены следующие значения средних арифметических $\bar{x}_j$ и исправленных выборочных дисперсий S^2_j (для всех $j = 1, 2, 3$ станков):

$\bar{x}_1 = 174,5 \text{ мм}$	$S^2_1 = 0,06$	$n_1 = 20$
$\bar{x}_2 = 174,3 \text{ мм}$	$S^2_2 = 0,04$	$n_2 = 18$
$\bar{x}_3 = 174,4 \text{ мм}$	$S^2_3 = 0,03$	$n_3 = 22$

В предположении, что высота корпуса есть случайная величина, имеющая нормальный закон распределения, требуется:

- сравнить точность работы автоматических станков;
- сравнить уровень настройки автоматических станков;
- сравнить точность работы станков в предположении, что $n_1 = n_2 = n_3 = 20$.



Глава

ОСНОВЫ ЛОГИСТИКИ

7.1. Понятие логистики

В экономической литературе встречаются различные определения логистики. Приведем некоторые из них.

Логистика (Logistics) это:

1. *Планирование и обеспечение материально-технического снабжения, подготовки и передвижения людского состава.*
2. *Организация службы тыла.*
3. *Материально-техническое обеспечение магазина¹.*
4. *Тыл и снабжение, материально-техническое снабжение, работа тыла².*
5. *Движение материалов и запасов³.*
6. *Наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных и информационных потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя⁴.*

Логистику также определяют как научное направление, связанное с поиском новых возможностей повышения эффективности материальных потоков.

В настоящее время можно отметить и более широкий подход к логистике, который кроме названного включает анализ

¹ Англо-русский экономический словарь/ Под ред. А.В.Аникина. — М.: Русский язык, 1977. — С. 365.

² Мюллер В.К. Англо-русский словарь. — М.: Русский язык, 1992:С. 419.

³ William J. Stevenson. Production/Operations Management.-4 th ed., IRWIN, INC., 1993, p.725.

⁴ Логистика: Учеб. пособие / Под ред. Б.А.Аникина.—М.:ИНФРА—М,1997. — С. 7.

рынка поставщиков и потребителей, координацию спроса и предложения на рынке товаров и услуг, а также гармонизацию интересов участников процесса движения товаров. В этом случае многие функции маркетинга переходят к логистике.¹

В цепи, по которой проходят материальный и информационный потоки от поставщика до потребителя, выделяются следующие звенья: поставка материалов, сырья, полуфабрикатов, хранение продукции и сырья, производство товаров, их распределение, потребление готовой продукции.

В экономической литературе логистическую систему делят на макро- и микрологистику. *Макрологистика* исследует проблемы, связанные с анализом рынка поставщиков и потребителей, выработкой общей концепции распределения, размещением распределительных центров, выбором наиболее эффективного вида транспорта и т.д. *Микрологистика* решает проблемы в рамках отдельных звеньев логистики (например, внутрипроизводственная логистика). Она обеспечивает операции по планированию, подготовке, реализации и контролю за процессами перемещения товаров внутри промышленных предприятий².

Понятие логистики сначала появилось в военной сфере, где охватывало проблемы транспорта, снабжения, перемещения войсковых подразделений. Затем понятия и методы логистики были перенесены в гражданскую сферу, где использовались в управлении материальными потоками в сфере обращения и производства. При этом понятия и методы логистики стали применяться в экономике сравнительно недавно. Так, до начала 1960-х годов вопросам оптимизации материальных потоков большого внимания не уделялось.

Первый этап (1960-е годы) характеризуется интеграцией складского хозяйства с транспортом, которые начинают функционировать по единому графику и по согласованной технологии. При этом критерием эффективности стал являться минимум общих затрат на материальное распределение, а не оценка эффективности отдельно складского хозяйства и транспорта.

Второй этап (1980-е годы) характеризуется интеграцией складского хозяйства и транспорта с производством. Это по-

¹ Логистика: Учеб. пособие / Под ред. Б.А. Аникина. — М.: ИНФРА-М, 1997. — С. 10.

² Там же, с. 14.

зволило оперативно реагировать на изменения внешней среды, улучшить использование оборудования и сократить сроки исполнения заказов. Критерием оптимальности стала минимизация общих издержек всех вышеназванных подразделений. При этом очевидно, что минимизация общих издержек может быть достигнута снижением эффективности работы отдельных звеньев предприятия. Попытки минимизировать издержки какого-либо отдельного вида деятельности могут привести к повышению всех затрат при организации материального потока. Например, снижение запасов может снизить издержки, связанные с хранением, но увеличить издержки, связанные с работой транспорта.

Третий этап (настоящее время) характеризуется интеграцией всех участников логистического процесса¹.

В странах с рыночной экономикой логистика охватывала прежде всего товарные потоки в сфере обращения. В нашей стране решались задачи оптимизации прежде всего потоков продукции производственно-технического назначения.

В логистике используются экономические, экономикоматематические и статистические методы для решения различных теоретических и практических задач.

Важной задачей логистики является создание интегрированной системы регулирования и контроля материальных и информационных потоков.

Под *материальным потоком* следует понимать сырье, полуфабрикаты, готовые изделия, рассматриваемые в процессе приложения к ним различных логистических операций (разгрузка, укладка на поддоны, перемещение, распаковка и т.п.) и отнесенные к определенному интервалу времени.

Размерность материального потока определяется дробью, в числителе которой указана единица измерения груза (штуки, килограммы, тонны и т.д.), а в знаменателе — единица измерения времени (сутки, месяц, квартал и т.д.). Например, 1000 тонн/год.

¹ В экономической литературе выделяют и несколько иные этапы развития логистики: например, дологистический период (до 1950-х годов); период классической логистики (1960-е годы); период неологистики (с начала 1980-х годов). См., например, Логистика /под ред. Б.А. Аникина. — М.: ИНФРА-М, 1997. — С. 31—37.

Под *информационным потоком* понимают совокупность циркулирующих в логистической системе, а также между этой системой и внешней средой сообщений, сопровождающих материальный поток.

Информация, относящаяся к материальным потокам, может быть разделена во времени на три вида: опережающая (предварительная); поступающая одновременно с материальным потоком (например, о количественных и качественных его параметрах); поступающая вслед за материальным потоком (например, различные подтверждения, претензии и т.п.).

Построение информационной системы логистики должно быть индивидуальным в зависимости от количества задач и структуры организации.

При этом под информационной системой понимают систему сбора, хранения, накопления, поиска и передачи данных, применяемых в процессе управления. Рекомендуется всю логистическую систему рассматривать как совокупность функционально ограниченных подсистем, функционирование которых обеспечивается информацией на уровне ее собственных информационных подсистем.

Логистика производственных процессов

В исследованиях по логистике можно выделить два направления:

1. Предприятие рассматривается как самостоятельная единица и основное внимание уделяется операциям, связанным с входом и выходом материального потока.

2. Внимание уделяется деталям прохождения продукта внутри предприятия.

Организация материальных потоков внутри предприятия должна зависеть от проблемы реализации продукции. В условиях дефицита, когда существует полная уверенность, что продукция будет реализована, большое внимание следует уделять вопросам высокой загрузки оборудования (повышение коэффициента сменности, коэффициентов использования оборудования по времени, мощности, объему работы), увеличению производственных серий, сокращению номенклатуры выпускаемой продукции, увеличению запасов. В этих условиях осуществляется выпуск продукции на склад в соответствии с разработанным на предприятии планом.

В условиях же, когда на первый план выходит проблема реализации и непредсказуемости спроса, производство на склад заменяется в значительной степени производством на заказ. Становится невыгодным содержание больших запасов и в то же время нельзя упускать возможность выполнения возникающих заказов¹. Поэтому важное значение имеет быстрая адаптация системы (предприятия) к изменениям окружающей среды, что обеспечивается возможностью ее подсистем (закупка, склады, запасы и др.) быстро менять состав выходного потока.

Управление материальными потоками в рамках внутрипроизводственных логистических систем осуществляется исходя из двух основных подходов.

Первый подход представляет собой систему с «выталкиванием» (Push system) изделия (рис. 7.1).

Он предполагает, что изготовление изделий начинается на одном конце производственной линии, проходит через последовательный ряд технологических операций и заканчивается обработкой на другом конце производственной цепочки. Материальный поток «выталкивается» получателю по команде, поступающей на передающее звено из центральной системы управления производством. При этом по завершении обработки на одном участке изделие передается на следующий независимо от того, готов ли этот участок принять изделие на обработку или нет. Каждый участок имеет производственный план. Однако создать жесткий технологический процесс, все параметры которого были бы наперед точно рассчитаны, невозможно. Поэтому на предприятиях всегда должен быть определенный производственный запас, который играет роль буфера и увеличивает гибкость системы. Толкающие системы известны под названием «системы MRP»². Такие системы в значительной степени характерны для традиционных методов организации производства. Возможность их применения для логистической организа-

¹ Производство на заказ может применяться и в условиях дефицита, когда производится сложная и дорогая продукция. В этих условиях целесообразно подождать, пока потребитель точно не изложит свои требования. Например, строить суда или электротурбины на склад не принято. Рельсы же или арматурную сталь производят на склад. То же самое характерно и для продукции, которая имеет множество модификаций (См.: Янош Корнаи. Дефицит. — М.: Наука, 1990. — С. 137).

² MRP — material requirement planning.

ции производства появилась в связи с широким использованием ЭВМ, что позволило повысить гибкость этой системы.

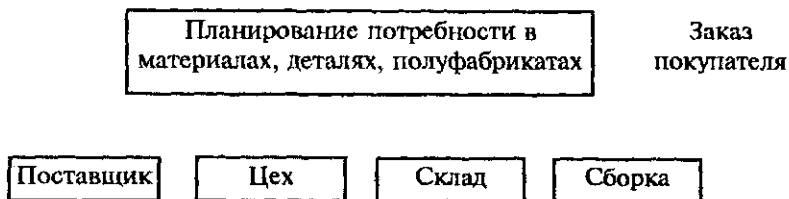


Рис. 7.1. Система с выталкиванием изделия, запущенного в производство

Второй подход предусматривает сокращение производственных запасов при одновременном увеличении гибкости производства, что реализует система поточного производства с «вытягиванием» изделий (Pull system) (рис. 7.2).

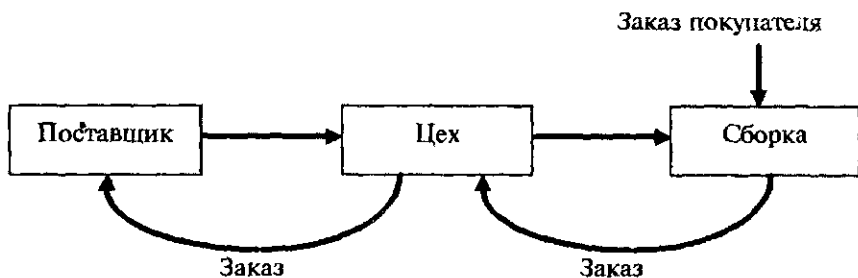


Рис. 7.2. Система с вытягиванием изделия, запущенного в производство

Эта система предполагает получение изделий с предыдущего участка по мере необходимости. Центральная система управления не вмешивается в обмен материальными потоками между различными участками предприятия, не устанавливает для них текущих производственных заданий. На промышленных предприятиях план имеет только линия окончательной сборки и отсюда информация о необходимости производить де-

тали поступают на предыдущие участки посредством специальных карточек. План на участках формируется каждый день, что и обеспечивает гибкость системы¹.

К логистическим системам с вытягиванием относят систему КАН-БАН².

В этой системе выделяют два вида карточек:

- ♦ карточки отбора;
- ♦ карточки производственного заказа.

В карточке отбора указывается количество деталей, которое должно быть взято на предшествующем участке обработки.

В карточке производственного заказа указано количество деталей, которое должно быть изготовлено на предшествующем участке.

В месте складирования детали погружаются в автопогрузчик в количестве, указанном в карточках отбора. При этом с ящиков снимаются прикрепленные к ним карточки заказа, которые информируют о заказе на изготовление новых деталей в строго определенном количестве. План на участках формируется каждый день. Это обеспечивает гибкость системы. Какое-либо перемещение изделий без карточек недопустимо. Обычно система КАН-БАН сочетается с системой контроля качества. Эта система не требует тотальной компьютеризации производства, однако она предполагает высокую дисциплину поставок и высокую ответственность персонала, что и ограничивает ее внедрение в различных странах.

7.2. Логистика запасов

Как указывалось выше, логистика изучает материальные потоки. Запасы можно рассматривать как форму существования материального потока.

¹ Впервые эта система была опробована в 1972 году на автомобильной фирме «Тоета». Автор системы Т. Оно использовал принцип «последнего звена», применяемый в супермаркетах, для промышленного производства. В супермаркетах покупатель является информационным источником необходимого количества, ассортимента и т.д. Импульсом для функционирования всей системы служит спрос, определяемый покупателем.

² В литературе есть указание, что фонетически более точным является термин «камбан». См., например, Статистические методы повышения качества /Под ред. Хитоси Кумэ. — М.: Финансы и статистика, 1990. — С. 274.

Теория управления запасами разрабатывает методы вычисления величины запасов, обеспечивающей наиболее экономным путем удовлетворение будущего (не всегда определенного) спроса.

Анализ моделей управления запасами сводится к установлению последовательности процедур снабжения и пополнения запасов, при которой обеспечиваются минимальные суммарные затраты, связанные с заготовками, хранением продукта и убытками из-за неудовлетворенного спроса.

С одной стороны, чрезмерно большой запас связан с омертвлением капиталов, требует значительных затрат на хранение и уход за ним. С другой стороны, недостаточный запас вызывает перебои в работе производства, нарушает взаимодействие с другими предприятиями и грозит различными экономическими санкциями.

Целесообразный уровень запасов зависит от большого числа условий, связанных как с самим производством, так и с внешними по отношению к нему факторами.

К внутренним условиям относятся, например, интенсивность использования запасов в зависимости от характера выполняемого заказа, возможности хранения и затраты на содержание запасов в течение того или иного промежутка времени.

Внешние факторы, влияющие на выбор уровня запасов, определяются колебаниями спроса на продукцию предприятия, возможностями поставщиков, оперативностью выполнения заказов, затратами на перевозку. Сильным стимулом к созданию излишних запасов служит их дефицит. При этом отмечается, что в ресурсоограниченной экономике в рамках всех нормальных запасов доля запасов полуфабрикатов и материалов относительно больше доли нормальных запасов готовой продукции, а в спросоограниченной экономике — наоборот¹.

Некоторые из перечисленных факторов можно заранее учесть, другие являются случайными, статистические закономерности которых подлежат определению.

Определение целесообразного уровня запаса чаще всего сводится к выбору рациональных моментов заказа (когда?) и рациональных объемов пополнений (сколько, в каком количестве?). В этом случае рассматриваются две альтернативы: либо заказы производятся часто и малыми партиями; либо редко и в большом объеме.

¹ Янош Корнай. Дефицит. — М.: Наука, 1990. — С. 139.

Иногда дополнительное количество материалов заказывается после определения потребности на основе уже заключенного договора. Недостатком этого простейшего метода является то, что период от момента оформления заказа и до получения материалов может быть весьма значительным. Поэтому подобный метод оформления заказа предпочтителен для дорогих деталей и деталей с весьма колеблющейся потребностью.

Другой подход оформления основан на ритмичности получения заказов. В этом случае применяются системы с фиксированным размером заказа (*perpetual inventory system* — постоянная система) и с фиксированным интервалом времени между заказами (*periodic system* — периодическая система).

Система с фиксированным размером заказа контролирует уровень запаса. Когда уровень запаса падает ниже установленного (точка заказа), выдается заказ на восполнение запасов. В этой системе важное значение приобретает определение экономически разумного (оптимального) размера заказа.

Оптимальный размер заказа по критерию минимизации совокупных затрат на хранение и повторение заказа рассчитывается по формуле Вильсона (*Wilson formula*):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot O}{H}},$$

где *EOQ* (*Economic Order Quantity*) — экономически разумный размер заказа;

D — годовая потребность в заказываемом продукте, шт.;

O — затраты на поставку единицы заказываемого продукта, руб.;

H — годовые затраты на хранение единицы заказываемого продукта, руб./шт.

Например, фирма сбывает равномерно в течение года (*N* = 12 месяцев) в общей сложности *D* = 2400 шт. изделий. Издержки хранения составляют *H* = 1,50 руб./шт. в единицу времени (за месяц), издержки заказа составляют *O* = 150 руб./заказ, тогда оптимальный объем пополнения запасов (величина заказа) равен:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot 2400 \cdot 150}{1,50 \cdot 12}} = 200 \text{ шт.}$$

Графическое представление суммарных издержек за период времени (T) (годовые издержки) в зависимости от размера партий поставки (Q) характеризует график, изображенный на рис. 7.3:

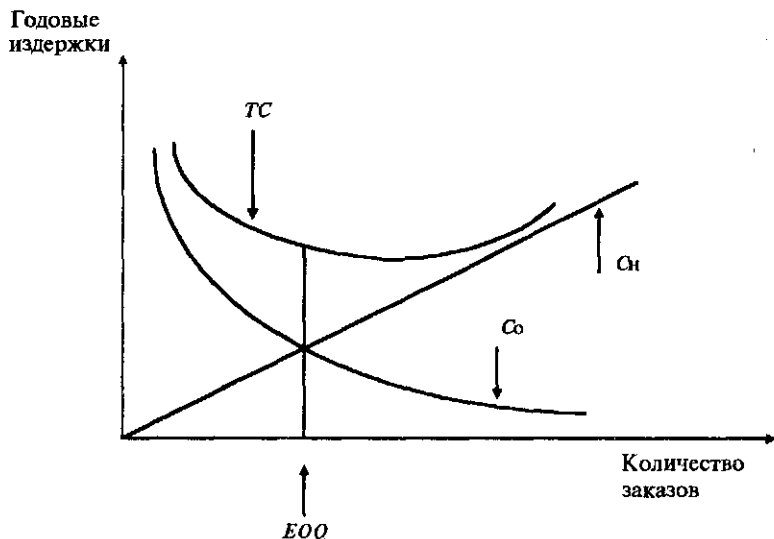


Рис. 7.3. Графическое представление суммарных издержек

Сделаем некоторые пояснения к графику:

$$TC = C_n + C_o,$$

где TC — суммарные годовые издержки;

C_n — издержки по хранению запаса на складе;

C_o — издержки по оформлению заказа;

$$TC = (Q/2) \cdot H + (D/Q) \cdot O.$$

В издержки по хранению запаса на складе (C_n) входят:

1. Постоянная составляющая издержек по хранению, не зависящая от объема хранимого запаса:

- ♦ затраты на содержание помещений;
- ♦ амортизация складского оборудования;
- ♦ страхование складского хозяйства;
- ♦ оплата определенной части налогов на имущество;
- ♦ освещение и отопление;
- ♦ текущий ремонт;
- ♦ затраты на управленческий персонал.

2. Переменная составляющая издержек на хранение, прямо пропорциональная объему хранимого запаса:

- ♦ потери от омертвления средств, вложенных в покупку складских запасов;
- ♦ издержки по страхованию запасов;
- ♦ потери от порчи хранимых запасов;
- ♦ прямые затраты на производственный персонал.

В издержки по оформлению заказа (C_0) входят:

1. Постоянная их составляющая:

- ♦ расходы по организации заказа;
- ♦ транспортные расходы, не связанные с объемом партии поставки.

2. Переменная составляющая по оформлению заказа:

- ♦ транспортные расходы, зависящие от величины партии поставки;
- ♦ расходы по погрузке-разгрузке.

Кривая общих годовых издержек является достаточно пологой вблизи точки минимума. Это свидетельствует, что вблизи точки минимума размер запаса может колебаться в некоторых пределах без существенного изменения общих издержек.

Система с фиксированным интервалом времени между заказами предполагает размещение заказов на восполнение запасов с заданной периодичностью. Определить интервал времени между заказами можно с учетом оптимального размера заказа (EOQ). Для расчета интервала времени между заказами (время потребления заказа) используют формулу:

$$t = \frac{N \cdot EOQ}{D},$$

где N — количество рабочих дней (месяцев) в году;

D — потребность в заказываемом продукте, шт.;

EOQ — оптимальный размер заказа, шт.

По данным, приведенным выше, определим время потребления запаса:

$$t = \frac{12}{2400 / 200} = 1 \text{ мес.}$$

Этот интервал времени может быть скорректирован на основе экспертных оценок. В этой системе момент заказа не меняется, в то время как размер заказа является изменяемой ве-

личной. Расчет размера заказа (OQ) между заказами производится по формуле:

$$OQ = \text{Максимальный желательный заказ} - \text{Текущий заказ} + \\ + \text{Ожидаемое потребление за время поставки.}$$

Приведенные выше системы управления запасами рассматривают один из двух параметров — размер заказа или интервал времени между заказами. Эти системы являются эффективными для материалов с относительно невысокой стоимостью в условиях постоянного потребления запасов. Гораздо сложнее определять точку заказа при неритмичном потреблении запасов. В этом случае следует вести наблюдение за всеми отклонениями, чтобы не перейти то количество, которое позволяет продолжать работу до восполнения запасов.

На основе сочетания систем можно построить большое количество их разновидностей, отвечающих различным требованиям.

Достаточно широкое распространение на практике имеет система с установленной периодичностью пополнения запасов до установленного уровня. Чтобы избежать завышения объемов запасов или их дефицит, через постоянные промежутки времени проводится проверка состояния запасов, и если после предыдущей проверки было реализовано какое-либо количество товаров, то подается заказ. Размер заказа равен разности между максимальным уровнем, до которого происходит пополнение запасов, и фактическим уровнем в момент проверки¹.

Существует также система управления запасами, называемая системой «Минимум-максимум» (система с двумя уровнями, или Ss -система).

Она ориентирована на ситуацию, когда затраты на учет запасов и издержки на оформление заказа значительны и соизмеримы с потерями от недостатка запасов. Поэтому в рассматриваемой системе заказы производятся не через каждый заданный интервал времени, а только при условии, что запасы на складе в этот момент оказались равными или меньше установленного минимального уровня. В случае выдачи заказа его размер рассчитывается так, чтобы поставка пополнила запасы до максимального желательного уровня. Таким образом, данная

¹ Подробнее об этом см.: Неруш Ю.М. Коммерческая логистика /Учебник. — М.: ЮНИТИ, 1997. — С.141.

система работает лишь с двумя уровнями запасов — минимальным и максимальным¹.

Одной из простейших систем пополнения запасов является система «двух ящиков» (two-bin system). В этом случае используются два контейнера для запасов. Когда в одном из контейнеров запасы израсходованы, происходит их пополнение.

В литературе приводятся рекомендации о целесообразности использования систем управления запасами в зависимости от определенных обстоятельств:

1. Если издержки управления запасами значительные и их можно вычислить, то следует применять систему с фиксированным размером заказа.

2. Если издержки управления запасами незначительные, то более предпочтительной оказывается система с постоянным уровнем запасов.

3. При заказе товаров поставщик налагает ограничения на минимальный размер партии. В этом случае желательно использовать систему с фиксированным размером заказа, поскольку легче один раз скорректировать фиксированный размер партии, чем непрерывно регулировать его переменный заказ.

4. Однако если налагаются ограничения, связанные с грузоподъемностью транспортных средств, то более предпочтительной является система с постоянным уровнем запасов.

5. Система с постоянным уровнем запасов более предпочтительна и в том случае, когда поставка товаров происходит в установленные сроки.

6. Система с постоянным уровнем и система с двумя уровнями часто выбирается тогда, когда необходимо быстро реагировать на изменение сбыта.

Различные виды сырья и материалов и неодинаковые условия их потребления и назначения в разных фирмах определяют необходимость использования различных методов расчета потребности в них.

Существуют три метода расчета потребности в материалах:

1. детерминированный (определенный);
2. стохастический (вероятностный, случайный);
3. эвристический.

¹ Подробнее об этом см.: Логистика: Учеб. пособие / Под ред. Б.А.Аникина. — М.: ИНФРА-М, 1997. — С.237 — 246.

Наиболее распространенным и достоверным является детерминированный метод, или метод прямого счета.

Потребность в материале определяется по следующей формуле:

$$P = \sum H_{ij} \cdot N_j,$$

где H_{ij} — норма i -го материала на производство j -го изделия в натуральных единицах измерения;

N_j — программа производства j -х изделий в плановом периоде.

На предприятиях с многономенклатурным характером производства этот метод может быть громоздким.

Поэтому потребность в материале определяют по группе однородной продукции (так называемым товарам-представителям).

Разновидностью метода прямого счета является так называемый расчет потребности по аналогии. Он может применяться тогда, когда на новые разновидности изделий еще не разработаны нормы расхода.

В том случае, если определенный вид продукции изготавливается не из одного вида материала, а из нескольких можно рассчитывать потребности в них исходя из рецептурного состава. При использовании расчета по рецептурному составу первоначально определяется потребность в продукции в соответствии с производственной программой. Эта потребность устанавливается умножением черновой массы одного изделия на производственную программу изготовления изделий в плановом периоде. Затем определяется общее количество материалов, которое должно быть отпущено в производство с учетом потерь в технологическом процессе. Потребность в каждом отдельном материале определяется путем умножения полученной величины на долю данного материала в общем составе смеси для изготовления изделий по рецепту.

При определении потребности стохастическим методом учитываются данные прошлого периода и на основе прогноза устанавливается ожидаемая потребность.

Наиболее простым способом является метод динамических коэффициентов. Для определения потребности в материале этим методом необходимо данные о фактическом расходе его в прошлом периоде умножить на коэффициент изменения программы выпуска изделий или объема работ в плановом периоде

и на коэффициент, учитывающий экономию материальных ресурсов в связи с внедрением соответствующих организационно-технических мероприятий.

Важным методом стохастических прогнозов является метод экспоненциального сглаживания¹. Этот метод заключается в том, что ряд динамики сглаживается с помощью скользящей средней, в которой веса подчиняются экспоненциальному закону.

Эту среднюю называют экспоненциальной средней и обозначают S_t . Она является характеристикой последних значений ряда динамики, которым присваивается наибольший вес.

Экспоненциальная средняя вычисляется по рекуррентной формуле:

$$S_t = L \cdot Y_t + (1 - L) S_{t-1},$$

где S_t — значение экспоненциальной средней в момент t ;

S_{t-1} — значение экспоненциальной средней в момент $(t - 1)$;

Y_t — значение экспоненциального процесса в момент t ;

L — вес t -го значения ряда динамики (или параметр сглаживания).

Последовательное применение формулы дает возможность вычислить экспоненциальную среднюю через значения всех уровней данного ряда динамики.

Наиболее важной характеристикой в этой модели является L , по величине которой практически и осуществляется прогноз. Чем значение этого параметра ближе к 1, тем больше при прогнозе учитывается влияние последних уровней ряда динамики.

Если L близко к 0, то веса, по которым взвешиваются уровни ряда динамики, убывают медленно, т.е. при прогнозе учитываются все прошлые уровни ряда.

В специальной литературе отмечается, что обычно на практике значение L находится в пределах от 0,1 до 0,3. Значение 0,5 почти никогда не превышает.

Экспоненциальное сглаживание применимо прежде всего при постоянном объеме потребления ($L = 0,1 - 0,3$). При более высоких значениях ($0,3 - 0,5$) метод подходит при изменении

¹Подробнее об этом: Статистическое моделирование и прогнозирование / Под ред. А.Г. Гранберга. — М.: Финансы и статистика, 1990. — С. 184—189.

структуры потребления, например, с учетом сезонных колебаний¹.

Достоверность определяемой потребности на основе рассмотренных выше методов значительно повышается, если они сочетаются с методом экспертных оценок. Сущность его заключается в том, что динамика изменения потребности устанавливается или уточняется на основе опроса специалистов в области снабжения.

С этой целью разрабатываются специальные анкеты, в которых формулируются вопросы, касающиеся факторов и общей потребности в материалах. Обобщение и учет мнений специалистов могут оказать существенное влияние на точность прогнозов. Надежность экспертных оценок определяется в первую очередь подбором специалистов-экспертов, их информированностью в изучаемых проблемах, а также возможностями обработки полученной информации.

Для обобщения оценок экспертов может применяться метод Дельфы². Особенность метода состоит в последовательном анонимном опросе экспертов, исключающем их непосредственный контакт, направленном на уменьшение группового влияния, которое возникает при совместной работе экспертов и состоит в приспособлении к мнению большинства.

Во многом метод расчета потребности в материалах и необходимая точность расчета зависят от различных характеристик материалов.

Вспомогательным средством для классификации материалов служит АВС-анализ. Его обычно используют для распределения материалов в зависимости от количества и цены (или каких-либо других характеристик).

Результатом АВС-анализа является построение кривой Лоренца. Она характеризует кумулятивное возрастание величин двух взаимосвязанных признаков (в % к итогу), нанесенное на график, и показывает степень концентрации отдельных элементов по группам.

¹ Промышленная логистика / Пер. с англ. А.В. Проскурякова, Н.К. Моисеевой, Н.Т. Севрукова, А.Н. Пилющенко. — СПб.: Политехника, 1994. — С. 78—83.

² Метод Дельфы получил название от города Дельфы, ставшего известным из-за прорицателей — оракулов, живших в нем и предсказывающих будущее. Пророчества обнародовались после тщательного обсуждения на совете дельфийских мудрецов.

Для исследуемых обычно соотношений количества и стоимости этот анализ приводит к следующим результатам: небольшое количество наименований деталей и материалов составляет большую часть стоимости, для большого количества наименований эта доля стоимости относительно мала (рис. 7.4).

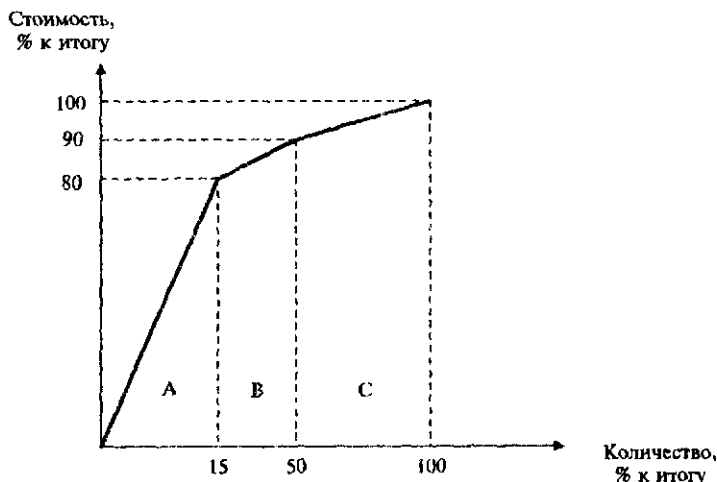


Рис. 7.4. Взаимосвязь между количеством и стоимостью

Таким образом, 15 % деталей составляют 80% стоимости (группа А), 35 % — 15 % (группа В), 50 % — 5 % (группа С).

Поэтому для деталей группы А необходимо особенно точно рассчитывать потребность, оптимальную величину заказа; состояние запасов следует тщательно контролировать.

С помощью анализа XYZ ассортимент деталей, находящихся на складе, распределяют в зависимости от частоты потребления.

Детали класса Х характеризуются постоянной величиной их потребности.

Детали класса Y характеризуются заранее известными тенденциями определения потребности в них (например, сезонностью).

Детали класса Z потребляются нерегулярно, какие-либо тенденции потребления отсутствуют.

Иногда для распределения материалов на группы X, Y, Z используют коэффициенты вариации, определяемые по формуле:

$$V_d = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \cdot 100\%,$$

где $\bar{d}$ — среднее абсолютное отклонение, которое равно средней арифметической из абсолютных отклонений (модулей) значений признака всех единиц совокупности от сред-

ней арифметической ($\bar{x}$): $\bar{d} = \frac{\sum |x - \bar{x}|}{n}$.

При этом выделяют следующие границы классов:

Класс	Границы изменения коэффициента вариации, %
X	0 — 10
Y	10 — 25
Z	25 — ∞

Использование технологии штриховых кодов

Для эффективного управления логистической системой необходимо в любой момент времени иметь полную информацию о материальном потоке. Эта задача может быть успешно решена при условии использования специальной микропроцессорной техники, способной идентифицировать каждую грузовую единицу. Для этой цели используются так называемые штриховые коды.

Штриховые коды (Bar codes) — модель черных линий и белых пространств, которые считываются сканирующим устройством, содержащим различную информацию.

Впервые штриховые коды были применены в 1960-х годах американскими железнодорожниками для маркировки вагонов.

Штриховые коды упрощают процессы производства и контроля запасов, сортировки, упаковки. Применяются для маркировки комплектующих, полуфабрикатов, готовых изделий.

В сфере же обращения большее распространение имеет система EAN, которая появилась в Европе в 1977 году. Имеется алфавит кода EAN, в котором каждой цифре соответствует определенный набор штрихов и пробелов. На этапе запуска това-

ра в производство ему присваивается тринадцатизначный цифровой код, который в виде штрихов и пробелов наносится на этот товар. Первые 2 или 3 цифры означают код страны-производителя, следующие 4 цифры — предприятие-изготовитель. Остальные цифры закодированное наименование товара, его вес и размеры. Последняя цифра является контрольной и используется для проверки считывания цифр сканером. Она рассчитывается по специальному алгоритму.

Так, сначала складывают все цифры, стоящие на четных местах, и умножают их сумму на 3. К полученному произведению прибавляют сумму цифр, стоящих на нечетных местах, кроме последней, являющейся контрольной. От итогового числа отбрасывают десятки и из 10 вычитают полученную последнюю цифру итогового числа. Полученный результат соответствует контрольной цифре.

В марте 1991 г. в России была создана ассоциация ЮНИСКАН, специализирующаяся в области автоматической идентификации. Теперь предприятия имеют возможность, зарегистрировавшись в ассоциации, приобрести индивидуальный код.

Штриховой код — это способ введения информации в ЭВМ. Изображение штрихового кода наносится на предмет, который является объектом управления в системе. Для регистрации этого предмета осуществляют операцию сканирования. Световое пятно движется по штриховому коду. Вариации полученного сигнала зависят от вариации отраженного света. Расшифровав электрический сигнал, ЭВМ преобразует его в цифровой код.

Этот код является адресом ячейки памяти в ЭВМ, которая содержит полную информацию о товаре.

Применение технологии штрихового кодирования в производстве позволяет создать единую систему учета и контроля за движением изделий и его частей на каждом участке, а также следить за состоянием логистического процесса на предприятии в целом, сократить численность вспомогательного персонала, упростить отчетность и исключить ошибки. В складском хозяйстве эта система позволяет автоматизировать учет и контроль за движением материального потока, автоматизировать процесс инвентаризации запасов, а также сократить время на логистические операции.

Логистика складирования

Эффективность логистической системы зависит от совершенствования не только промышленного производства, но и складского хозяйства.

Движение материального потока через склад увеличивает стоимость продукции. При этом затраты по складированию становятся весьма заметными в общей цепочке образования стоимости на производстве, что и делает актуальным изучение проблем, связанных с функционированием складского хозяйства.

Современное складское хозяйство представляет собой комплекс высокомеханизированных складов, специализированных по видам материальных ресурсов с учетом требований по оптимизации условий их хранения и складской переработки.

В складской системе взаимодействуют материальные потоки, которые основаны на функциях транспортировки и хранения. Функция транспортировки определяет движение материалов, а функции хранения реализуют кроме складирования различные виды выравнивания хранимых запасов. Например, выравнивание по времени необходимо в том случае, если периодичность спроса не соответствует времени изготовления; выравнивание по количеству относится к предприятиям, имеющим серийное производство; выравнивание объемов связано с доставкой грузов транспортными средствами (для сокращения транспортных расходов склад может объединять партии грузов до полной загрузки транспортного средства); выравнивание ассортимента необходимо для предприятий, производящих широкий ассортимент продукции, требующийся в различные периоды времени.

Эффективное функционирование складского хозяйства должно учитывать:

- ♦ выбор между собственным складом или складом общего пользования;
- ♦ количество складов и размещение складской сети;
- ♦ размер и место расположения склада;
- ♦ выбор системы складирования.

Функции складов реализуются в процессе осуществления отдельных логистических операций. Выделяют следующий комплекс складских операций:

- ♦ разгрузка транспорта;
- ♦ приемка товаров;
- ♦ складирование и хранение;
- ♦ отборка товаров из мест хранения;
- ♦ комплектование (комиссионирование) и упаковка товаров;
- ♦ погрузка;
- ♦ внутрискладское перемещение.

На этапе разгрузки и приемки грузов происходят разгрузка (освобождение) транспортных средств от груза, контроль документального и физического соответствия заказов поставки, документальное оформление прибывшего груза, формирование складской грузовой единицы.

Грузовая единица представляет собой некоторое количество грузов, которые погружают, транспортируют, выгружают и хранят как единую массу. Характеристиками грузовой единицы являются ее размеры, способность к сохранению целостности и первоначальной геометрической формы в процессе различных логистических операций. При этом важное значение приобретает определение ее оптимального вида и размеров, позволяющих минимизировать количество операций по переработке грузов. Размеры грузовых единиц должны быть сопряженными с оборудованием для погрузки, разгрузки, транспортировки и хранения. Процесс складирования заключается в размещении и укладке груза на хранение. При проведении складирования важное значение имеет эффективное использование зон хранения. Это обеспечивается оптимальным выбором системы складирования.

Различают следующие разновидности складирования: единичное хранение; линейное хранение; блочное хранение. Единичное хранение характерно для крупных деталей и машин. Линейное хранение обеспечивает прямой доступ для различных деталей. При этом изделия могут храниться непосредственно на полу или на полках-стеллажах. Могут также применяться передвижные стеллажи-этажерки. Высотные склады, где отборщик в специальном подъемнике передвигается вдоль ячеек и отбирает нужные изделия, называются статическими. В высотных динамических складах подъемник автоматически подается к ячейке с необходимым грузом и груз транспортируется к

рабочему месту отборщика. Здесь необходимое количество груза отбирается, а остальное подается обратно в место хранения.

Хранение складироваемых объектов в блоках характеризуется плотным (без просветов) расположением штабелируемых единиц. Этим достигается рациональное использование объема склада, но отсутствует прямой доступ к хранимым объектам. В случае блочного складирования перемещаться и храниться могут только комплектные единицы.

В современных складах чаще всего используют комбинации различных видов складирования.

Выводы

- ◆ Логистика — наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных и информационных потоков в пространстве и во времени от их первичного источника до конечного потребителя.
- ◆ Под материальным потоком следует понимать сырье, полуфабрикаты, готовые изделия, рассматриваемые в процессе приложения к ним различных логистических операций (разгрузка, укладка на поддоны, перемещение и т.п.) и отнесенные к определенному интервалу времени.
- ◆ Под информационным потоком понимают совокупность циркулирующих в логистической системе, а также между этой системой и внешней средой сообщений, сопровождающих материальный поток.
- ◆ Определение целесообразного уровня запаса чаще всего сводится к выбору рациональных моментов заказа (когда?) и рациональных объемов пополнений (сколько, в каком количестве?). В этом случае рассматриваются две альтернативы: либо заказы производятся часто и малыми партиями, либо редко и в большом объеме.
- ◆ Дополнительное количество материалов может заказываться после определения потребности на основе уже заключенного договора. Другой подход основан на ритмичности получения заказов. В этом случае применяют

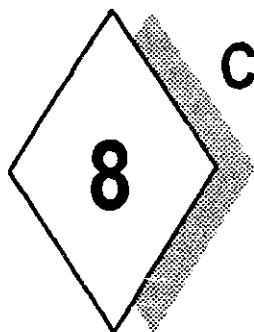
ся системы с фиксированным размером заказа (perpetual inventory system — постоянная система) и с фиксированным интервалом времени между заказами (periodic system — периодическая система).

- ◆ Существуют три метода расчета потребности в материалах: детерминированный (определенный), стохастический (вероятностный) и эвристический.
- ◆ Управление материальными потоками в рамках внутрипроизводственных логистических систем осуществляется исходя из двух основных подходов. первый подход представляет собой систему с «выталкиванием» (Push system) изделия, второй — систему с «вытягиванием» изделий (Pull system).
- ◆ Штриховые коды (Bar codes) — модель черных линий и белых пространств, которые считываются сканирующим устройством, содержащим различную информацию.

Практикум к гл. 7

◆ Вопросы

1. Что следует понимать под логистикой?
2. Что представляет собой материальный и информационный потоки?
3. Приведите основные сведения об истории логистики.
4. Какие вопросы решаются в теории управления запасами?
5. Какие факторы влияют на целесообразный уровень запасов?
6. В чем состоит суть системы с фиксированным размером заказа?
7. В чем состоит суть системы с фиксированным интервалом времени?
8. Как определяется потребность в материалах?
9. Каково практическое значение ABC-анализа и XYZ-анализа?
10. В чем особенности систем с «выталкиванием» и «вытягиванием» изделий, запущенных в производство?
11. Что такое штриховые коды и в чем состоят преимущества их применения?
12. Как можно классифицировать склады промышленного предприятия?



Глава

Система складирования и складская переработка продукции

8.1. Характеристика систем складирования и размещения запасов

Эффективность логистической системы зависит не только от совершенствования и интенсивности промышленного и транспортного производства, но и оптимально организованного складского хозяйства. Складское хозяйство способствует: сохранению качества продукции, материалов, сырья; повышению ритмичности и организованности производства и работы транспорта; улучшению использования территорий предприятий; снижению простоев транспортных средств и транспортных расходов; высвобождению работников от непроизводительных погрузочно-разгрузочных и складских работ для использования их в основном производстве.

Складирование продукции необходимо в связи с имеющимися колебаниями циклов производства, транспортировок и ее потребления. Склады различных типов могут создаваться в начале, середине и конце транспортных грузопотоков или производственных процессов для временного накопления грузов и своевременного снабжения производства материалами в нужных количествах. Временное складирование (накопление) продукции обусловлено характером производства и транспорта. Оно позволяет преодолеть временные, пространственные, количественные и качественные несоответствия между наличием и потребностью в материалах в процессе производства и потребления. Кроме операций складирования грузов на складе выполняются еще и внутрискладские транспортные, погрузоч-

ные, разгрузочные, сортировочные, комплектовочные и промежуточные перегрузочные операции, а также некоторые технологические операции и т.д. Поэтому склады следует рассматривать не только как устройства для хранения грузов, а как транспортно-складские комплексы, в которых процессы перемещения грузов играют важную роль. Работа этих комплексов носит динамический, стохастический характер ввиду неравномерности перевозок грузов.

Следует иметь в виду, что склады способствуют преобразованию грузопотоков, изменяя параметры принимаемых и выдаваемых партий грузов по величине, составу, физическим характеристикам входящих грузов, времени отправки транспортных партий и т.д.

Склад — здания, сооружения, устройства, предназначенные для приемки и хранения различных материальных ценностей, подготовки их к производственному потреблению и бесперебойному отпуску потребителям. Примерная номенклатура складов машиностроительных заводов приведена в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Примерная номенклатура складов машиностроительных заводов

Наименование	Тип склада	Место расположения
I. Общезаводские склады		
Центральный материальный склад (главный магазин)	Закрытый отапливаемый	На территории завода вблизи от железнодорожных путей и автодорог
Склад отдела внешней кооперации (литья, поковок, штамповки)	Закрытый неотапливаемый	При небольших количествах изделий совмещается с цеховыми кладовыми
Склад комплектующих изделий	Закрытый отапливаемый	При небольших количествах изделий совмещается с главным магазином
Склады металлов	Открытые площадки, навесы, закрытые холодные и отапливаемые	В блоке с заготовительными участками, штамповочными или кузнечными цехами

Продолжение табл. 8.1

Склад пиломатериалов	Открытая площадка, навес	В блоке с тарным цехом
Склад угля	Открытая площадка	При котельной, ТЭЦ, ГЭС
Склады шихтовых и формовочных материалов	Закрытые	В блоке с линейными цехами
Центральный инструментальный склад (ЦИС)	Закрытый отопливаемый	В блоке с главным магазином или инструментальным цехом
Центральный абразивный склад (ЦАС)	Закрытый отопливаемый	В блоке с главным магазином или абразивным цехом
Склад нефтепродуктов	Подземные и наземные резервуары	На территории завода вблизи от цеха-потребителя
Склад масел и ядохимикатов	Закрытые отопливаемые	В изолированном помещении или в блоке с цехом-потребителем
Склады сжатых газов и карбида кальция	Закрытые холодные	На территории завода в изолированном помещении
Склад ремонтно-строительных материалов	Закрытый холодный, навес или открытая площадка	На территории завода
Склад запасных частей и оборудования ОГМ	Закрытый холодный	На территории завода
Склад готовых деталей	Закрытый отопливаемый	На территории завода в подчинении ПДО
Склады готовой продукции: готовых машин	Закрытый или открытая площадка	Склад отдела сбыта при цехе-отправителе
готовых средних и мелких изделий	Закрытый отопливаемый	Общезаводской склад сбыта
Склады заготовок	Закрытый отопливаемый	Блокируется с заготовительными цехами

II. Цеховые склады

Межоперационные кладовые	Закрытые отапливаемые	На механическом участке цеха
Кладовые готовых деталей и полуфабрикатов	Закрытые отапливаемые	Непосредственно в цехах
Кладовые штампов и приспособлений	Закрытые отапливаемые	Непосредственно в цехах
Инструментальные кладовые	Закрытые отапливаемые	Непосредственно в цехах
Кладовые сырья и вспомогательных материалов	Закрытые	Непосредственно в цехах

Склады промышленных предприятий и фирм классифицируются следующим образом:

1. По характеру деятельности, т.е. по назначению: материальные (снабженческие) склады, внутрипроизводственные (межцеховые и внутрицеховые), сбытовые.

2. По виду и характеру хранимых материалов: универсальные и специализированные.

3. По типу конструкции: закрытые, полужакрытые, открытые, специальные (например, бункерные сооружения, резервуары).

4. По месту расположения и масштабу действия: центральные, участковые, прицеховые.

5. По степени огнестойкости: нестораемые, трудностораемые, стораемые.

Учитывая потенциальное значение складского хозяйства, логистическая система рассматривает проблемы стратегического размещения материальных ресурсов и изучает следующие вопросы:

- ♦ Какой уровень материальных ресурсов следует иметь на каждом транспортно-складском комплексе для обеспечения требуемого уровня обслуживания потребителей?
- ♦ В чем состоит компромисс между уровнем обслуживания потребителя и уровнем материальных ресурсов в системе логистики?

- ♦ Если продукция размещается между стадиями, или эшелонами, где одна стадия пополняет другую (в многоэшелонной системе), какие стадии, какими ресурсами должны располагать?
- ♦ Должна ли продукция отгружаться непосредственно с предприятия?
- ♦ Каково значение компромисса между выбранным способом транспортировки и материальными запасами?
- ♦ Каковы общие уровни материальных запасов на фирме, связанные со специфическим уровнем обслуживания?
- ♦ Как и где следует размещать страховые запасы?
- ♦ Как меняются затраты на содержание продукции в зависимости от количества складов?

В сети распределения продукции имеется несколько маршрутов (или физических каналов). Выбор нужного маршрута существенно влияет на уровень обслуживания потребителя и на уровень совокупных запасов в системе распределения. Это влияние должно тщательно учитываться при выборе метода распределения, включающего такие аспекты, как способ транспортировки, отгрузка непосредственно с предприятия или через систему отраслевых складов, число эшелонов и связанное с ним размещение запасов.

1. Способ транспортировки. Способ транспортировки оказывает непосредственное воздействие на уровень запасов и уровень обслуживания потребителя. Различные способы транспортировки требуют разных затрат и разного времени. Все это должно анализироваться и учитываться при выборе структуры логистической системы.

2. Отгрузка непосредственно с предприятия или через отраслевые склады. Наиболее стандартный тип движения продукции (двухэшелонный поток) представлен на рис. 8.1. Завод отгружает продукцию в отраслевые склады, а из этих складов — розничным торговцам. Заказы розничных торговцев выполняются из запасов, имеющихся в отраслевых складах.

Альтернативный вариант распределительного потока включает прямое распределение с завода всем потребителям или непосредственное распределение только тем потребителям, размер заказов которых оправдывает прямую отгрузку. Остальные обслуживаются с отраслевых складов.

При наличии одного вида продукции отгрузка потребителям может классифицироваться по классу обслуживания: постоянная, сезонная, временная. Такой метод особенно уместен при большом числе потребителей. Если их число невелико, скажем несколько сотен, как часто бывает при распределении многих видов промышленной продукции, то следует пользоваться информацией по каждому отдельному потребителю.

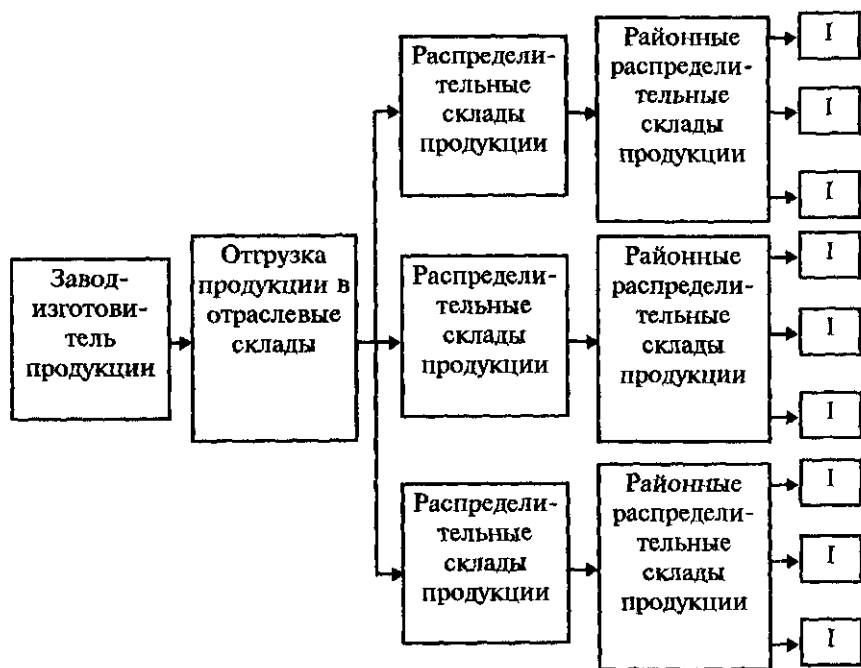


Рис. 8.1. Стандартное двухшелонное движение продукции
I — предприятие розничной торговли

В случае распределения многих видов продукции существует несколько возможных маршрутов от продуцента к потребителям; некоторые из них показаны на рис. 8.2. Продукция может отгружаться с завода потребителю, поступать с завода потребителям через региональный склад или по маршруту: завод — региональный склад — местный склад — потребители. Если число альтернатив становится чрезмерно большим, анализ может потребовать компьютеризации.

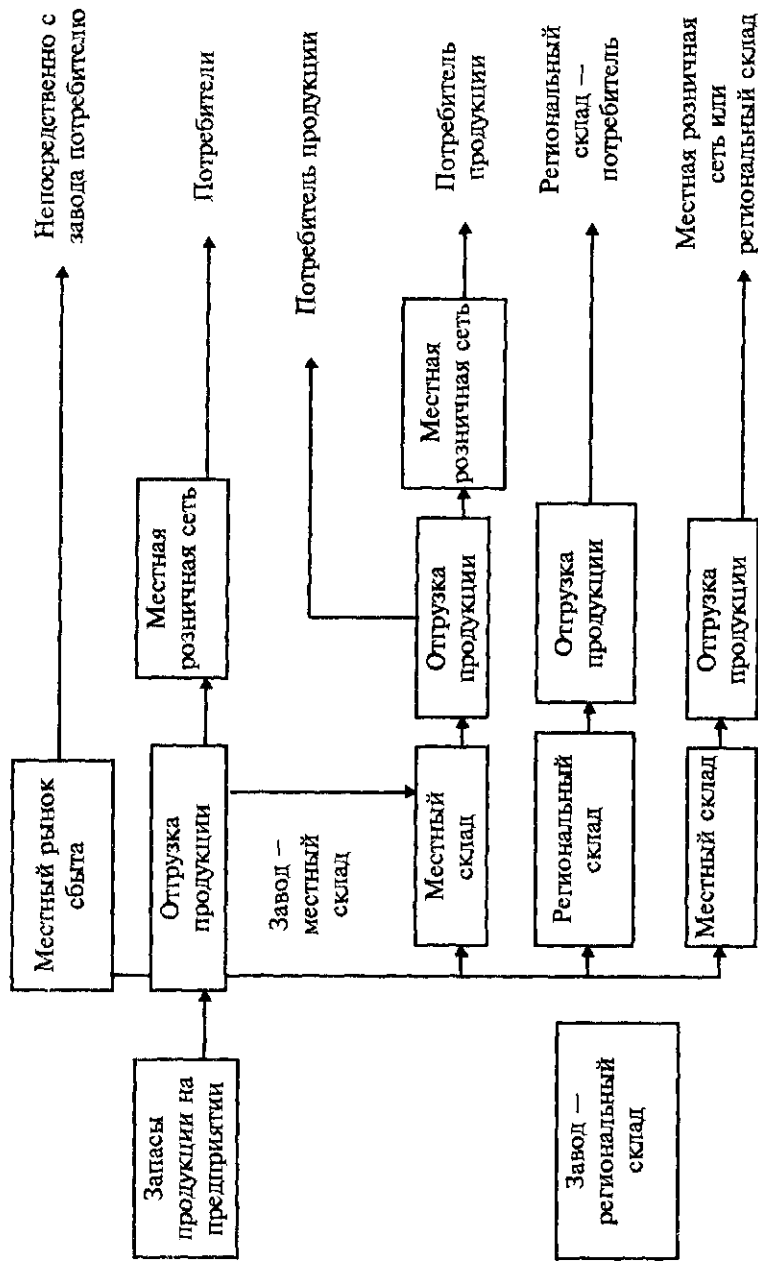


Рис. 8.2. Возможная модель распределения
«завод — потребитель» (многопозиционное распределение)

В некоторых случаях процесс хранения продукции состоит из нескольких этапов. Многие отрасли (например, электронная) требуют хранения множества видов запасных частей. Некоторые из этих частей требуются редко, но потребитель нуждается в немедленной их замене в случае поломки. Такие детали могут храниться в национальном, региональном, местном складах или в некоторых дополнительных эшелонах. При наличии нескольких эшелонов запасы могут контролироваться на базе поштучной замены (т.е. при использовании позиции она пополняется) в случае редко используемых позиций или на базе координированного пополнения (т.е. на базе использования системы точки заказа) в случае часто используемых позиций.

3. *Число эшелонов и связанное с ним размещение запасов.* В многоэшелонной структуре имеется много вариантов размещения запасов. Запасы могут размещаться как на центральных предприятиях, так и на филиальных. Проблему представляет правильное определение места хранения страхового запаса, который может храниться как на центральных, так и на филиальных предприятиях.

Теоретических основ для оценки стратегии размещения запасов в многоэшелонной системе не существует. Американские специалисты исследуют две стратегии для многоэшелонной системы. Первая стратегия заключается в том, что запасы (в том числе страховые) концентрируются на центральных предприятиях, а вторая — в том, что страховой запас размещается на филиальных предприятиях. Величина страхового запаса зависит от времени доставки. Объединенная система концентрирует запасы на филиальных предприятиях, а центральные предприятия используются в основном для отдельной стадии снабжения.

Компромисс между этими стратегиями зависит от формирования на предприятиях сложившихся условий, системы запасов, и часто оказывается трудным выбрать стратегию.

Система логистики рассматривает запасы как необходимый фактор обеспечения определенного уровня обслуживания потребителей. В свою очередь потребители считают причинами образования запасов обеспечение непрерывности производственного процесса, стремление сгладить контурные колебания и обеспечить быструю отгрузку при неожиданном спросе различных видов продукции. Поэтому важной составной частью кон-

цепции логистики является управление запасами, предлагающее пути оптимизации запасов и их минимизации, а также устройства для хранения материалов и подъемно-транспортные механизмы для осуществления переработки продукции.

Оборудование для хранения материалов и определение его количества

Оборудование для хранения грузов можно подразделить по роду хранимых материалов: для хранения штучных крупногабаритных, тарно-штучных, сыпучих, жидких и газообразных грузов в соответствии с физическим состоянием и характеристиками грузов.

Штучные грузы могут храниться на складах в штабелях (в плоских, стоечных или ящичных поддонах) или на стеллажах, типы и параметры которых зависят от хранящихся грузов, а также назначения склада, технологии переработки грузов, срока их хранения и других факторов.

Сыпучие грузы хранятся на открытых складских площадках в штабелях и траншеях различной формы и закрытых складах, а при небольших запасах — в бункерах различной формы.

Жидкие грузы могут храниться на складах в таре (бочках, бутылях, барабанах) и наливом.

Для размещения материальных ресурсов важно определить общую площадь склада и количество оборудования для хранения материалов.

Расчет площади складов. Общая площадь складов включает:

- ♦ полезную площадь, т.е. площадь, непосредственно занятую хранимым материалом (стеллажами, штабелями), $f_{\text{пол}}$;
- ♦ площадь, занятую приемочными и отпускными площадками, $f_{\text{пр}}$;
- ♦ служебную площадь, занятую конторскими и другими служебными помещениями, $f_{\text{сл}}$;
- ♦ вспомогательную площадь, занятую проездами и проходами, $f_{\text{всп}}$.

Общая площадь ($F_{\text{общ}}$) будет равна:

$$F_{\text{общ}} = f_{\text{пол}} + f_{\text{пр}} + f_{\text{сл}} + f_{\text{всп}} \text{ (м}^2\text{)}. \quad (8.1)$$

Определение полезной площади. Полезная площадь складов, хранящих металлы, метизы, инструменты, запасные части и другие изделия, определяется двумя способами: способом на-

грузки на 1 м² площади пола и способом коэффициента заполнения объема.

Способ нагрузки на 1 м² площади пола является наиболее удобным и простым. Расчетная формула имеет вид:

$$f_{\text{пол}} = \frac{q_{\text{зап}}^{\text{max}}}{\sigma}, \quad (8.2)$$

где $q_{\text{зап}}^{\text{max}}$ — величина установленного запаса соответствующего материала на складе, т;

σ — нагрузка на 1 м² площади пола, т.

С помощью коэффициента заполнения объема емкость любого оборудования $q_{\text{об}}$ для хранения материалов и изделий (ячейки, стеллажи, штабеля и т.п.) определяется по формуле:

$$q_{\text{об}} = V_{\text{об}} \cdot \gamma \cdot \beta \text{ (т)}, \quad (8.3)$$

где $V_{\text{об}}$ — геометрический объем соответствующего оборудования, м³;

γ — удельный вес материала или изделия, т/м³;

β — коэффициент заполнения объема (плотности укладки).

Зная количество материала, подлежащего хранению $q_{\text{зап}}^{\text{max}}$, требуемое количество оборудования (ячеек, стеллажей, штабелей) n , определяем по формуле:

$$n = \frac{q_{\text{зап}}^{\text{max}}}{q_{\text{об}}}. \quad (8.4)$$

Зная в плане габаритные размеры принятого оборудования и требуемое его количество, определяют полезную площадь склада для хранения данного вида материала:

$$f_{\text{пол}} = l \cdot b \cdot n = f_{\text{об}} \cdot n \text{ (м}^2\text{)}, \quad (8.5)$$

где l — длина соответствующего оборудования для хранения, м;

b — ширина, м.

Подсчитав таким образом полезную площадь для хранения отдельных видов или групп материалов и изделий и суммируя ее, получаем общую полезную площадь склада.

Для сыпучих грузов важно определить объем штабеля, а для жидких продуктов — объем резервуара.

Определение площади, занятой приемочными и отпусковыми площадками. На складах с большим объемом работ приемочные

и отпускные площадки устраиваются отдельно, а с малым объемом работ — вместе.

Необходимая площадь приемочной площадки:

$$f_{np} = \frac{Q_{\Gamma}^{\text{пoc}} \cdot \kappa \cdot t}{360 \cdot \sigma_1}, \quad (8.6)$$

где $Q_{\Gamma}^{\text{пoc}}$ — годовое поступление материала, т;

σ_1 — нагрузка на 1 м² площади, т (принимается примерно 0,25 от средней нагрузки на 1 м² полезной площади σ по складу, или около 0,25 ÷ 0,5 т/м²);

κ — коэффициент неравномерности поступления материала на склад (1,2 ÷ 1,5);

t — количество дней нахождения материала на приемочной площадке (до 2 дней).

Размер отпускной площадки определяется аналогично.

Определение служебной площади. Площадь конторы склада рассчитывается в зависимости от числа работающих. При штате склада до трех работников площадь конторы принимается по 5 м² на каждого человека; от 3 до 5—4 м², при штате более 5 работников — по 3,25 м².

Определение вспомогательной площади. Размеры проходов и проездов (A) в складских помещениях определяются в зависимости от габарита хранимых материалов, размеров грузооборотов, подъемно-транспортных средств. Для этой цели пользуются формулой:

$$A = 2 \cdot B + 3 \cdot C, \quad (8.7)$$

где B — ширина транспортного средства, см;

C — ширина зазоров между транспортными средствами и между ними и стеллажами по обе стороны проезда (принимается 15—20 см).

В абсолютных величинах ширина главных проездов (проходов) принимается от 1,5 до 4,5 м. Ширина боковых проездов (проходов) — от 0,7 до 1,5 м.

Высота складских помещений от уровня пола до затяжки ферм или стропил принимается обычно от 3,5 до 5,5 м. В тех случаях, когда склад оборудуется мостовым краном, его высота рассчитывается и может достигнуть 8 м.

При приближенных расчетах общая площадь складов $F_{\text{общ}}$ может определяться в зависимости от полезной площади $f_{\text{пол}}$ через коэффициент использования по формуле:

$$F_{\text{общ}} = \frac{f_{\text{пол}}}{\alpha} \text{ (м}^2\text{)}, \quad (8.8)$$

где α — коэффициент использования площади.

Значения величин σ и α приводятся в табл. 8.2.

Таблица 8.2. Значение величин σ и α для различных складов

Складские помещения	$\sigma, \text{ м}^2/\text{м}^2$	α
Главные магазины	0,6–1,0	0,3–0,4
Склады изделий смежных производств	0,6–1,0	0,35–0,4
Склады металла	3,0–8,0	0,25–0,5
Склады инструмента	0,8–1,2	0,3–0,35
Склады литья и поковок	2,0–3,5	0,4–0,6
Склады формовочных материалов	2,0–7,0	0,6–0,8
Склады готовой продукции	1,0–4,0	0,35–0,6
Склады металлоотходов	1,0–3,0	0,4–0,6

Подъемно-транспортное оборудование и определение его потребности

Все погрузочно-разгрузочные машины делятся на машины периодического (циклического) действия (краны, тельферы, погрузчики), машины, перемещающие грузы отдельными подъемами или штуками через определенный интервал времени, и машины непрерывного действия (конвейеры, элеваторы, пневматические машины), перемещающие груз непрерывным или почти непрерывным потоком. С характеристиками этого оборудования следует знакомиться по справочникам подъемно-транспортных машин, приведенных в списке литературы в конце книги.

В логистической системе важно определить необходимое количество подъемно-транспортных машин для обслуживания складского комплекса. Поэтому приведем расчет потребности подъемно-транспортного оборудования для складской переработки груза.

Количество подъемно-транспортного оборудования A рассчитываем по формуле:

$$A = \frac{Q \cdot K_n}{P}, \quad (8.9)$$

где Q — количество перерабатываемого груза, т;
 K_n — коэффициент неравномерности поступления груза;
 P — производительность оборудования, т.

В числителе величины известные, а вот производительность машин и механизмов необходимо рассчитать.

Производительность крана P_k зависит от веса подъема груза q_0 и числа циклов машины за 1 ч непрерывной работы $n_{ц}$:

$$P_k = q_0 \cdot n_{ц}. \quad (8.10)$$

Количество циклов работы машины за 1 ч (3600 сек) зависит от продолжительности одного цикла ее работы $T_{ц}$ и выражается в секундах:

$$n_{ц} = \frac{3600}{T_{ц}}. \quad (8.11)$$

Время цикла работы крана $T_{ц}$ складывается из времени, необходимого для производства отдельных элементов цикла, с учетом одновременного выполнения (совмещения) некоторых из них:

$$T_{ц} = K_c \cdot \sum_{i=1}^n t = K_c \cdot (t_1 + t_2 + \dots + t_n), \quad (8.12)$$

где K_c — коэффициент, учитывающий сокращение времени цикла при совмещении нескольких операций;

n — число элементов цикла работы крана;

t — время, затраченное на выполнение отдельных элементов цикла, сек.

Часовая производительность погрузчика $P_{п}$ определяется по общей формуле для машин периодического действия

$$P_{п} = \frac{3600}{T_{ц}} \cdot q \text{ (т/ч)}. \quad (8.13)$$

Общая часовая производительность машин непрерывного действия определяется следующим образом:

$$P_k = 3,6 \cdot q \cdot V \text{ (т/ч)}, \quad (8.14)$$

где q — вес груза на одном погонном метре несущего элемента машины, кг;

V — скорость грузонесущего элемента машины, м/сек.

Существуют особенности расчета часовой производительности перегрузочных машин различных типов.

Часовая производительность любого типа конвейера при перегрузке 1 места весом q кг на расстояние a м со скоростью V м/сек:

$$P_k = 3,6 \cdot q \cdot V / a \text{ (т/ч)}, \quad (8.15)$$

а число перемещаемых грузовых мест в час:

$$m = \frac{3600}{a} \cdot V. \quad (8.16)$$

При перемещении навалочных и насыпных грузов непрерывным потоком часовая производительность конвейера определяется по формуле:

$$P_k = 3600 \cdot F \cdot V \cdot \gamma \text{ (т/ч)}, \quad (8.17)$$

или

$$P_k = V \cdot K \cdot B^2 \cdot \psi \text{ (т/ч)}, \quad (8.18)$$

где F — площадь поперечного сечения слоя груза, перемещаемого на ленте, м^2 ;

V — скорость движения ленты, м/сек;

γ — насыпной вес груза, т/м^3 ;

K — коэффициент, зависящий от угла естественного откоса груза (в движении);

B — ширина ленты конвейера, м;

ψ — коэффициент заполнения ленты.

Часовая производительность ковшовых элеваторов определяется по формуле:

$$P_o = 3,6 \cdot l \cdot \psi \cdot \gamma \cdot V / a \text{ (т/ч)}, \quad (8.19)$$

где l — емкость ковша, м^3 ;

a — расстояние между ковшами, м;

V — скорость движения ковшей, м/сек;

ψ — коэффициент заполнения ковшей;

γ — насыпной вес груза, т/м^3 .

Часовая производительность машин пневматического транспорта определяется по формуле:

$$P_{\Pi} = 3,6 \cdot \gamma \cdot V_{\text{в}} \cdot K_{\text{в}} \text{ (т/ч)}, \quad (8.20)$$

где γ — плотность атмосферного воздуха (принимается $1,2 \text{ кг/м}^3$);

$V_{\text{в}}$ — расход воздуха, м/сек;

$K_{\text{в}}$ — весовая концентрация смеси (отношение веса перемещаемого груза к весу расходуемого воздуха в единицу времени).

8.2. Организация транспортно-складского материалопотока

Одним из направлений эффективной организации транспортно-складского материалопотока является внедрение логистической системы в практику погрузочно-разгрузочных работ. Эта система позволяет использовать передовую технологию и эффективные технические средства, что создает условия рационального использования транспортных средств, грузовых ресурсов и перегрузочного оборудования. Эффективное использование транспортных средств, погрузочно-разгрузочных механизмов и трудовых ресурсов достигается путем разработки технологического процесса с учетом достигнутой выработки переработки груза передовыми бригадами, эффективных способов заготовки пакетов и укладки груза; технических характеристик средств малой механизации, дальности перевозок и т.д. Разработка технологического процесса производится на основе технологической карты. Основные показатели и их расчет показаны в табл. 8.3.

После определения основных показателей составляют технологическую карту, на которую наносят необходимые схемы, записывают расчетные данные, а также соответствующие указания по производству работ и технике безопасности.

Пример. Определим численность комплексной бригады транспортно-складских рабочих для погрузки 302 т груза по технологической схеме: склад — погрузчик — автомобиль.

Для решения этой задачи могут быть использованы математические методы теории массового обслуживания. Теория массового обслуживания, опираясь в основном на теорию вероятностей, позволяет найти оптимальное решение, при котором оптимальная численность рабочих и грузчиков сводит до минимума суммарные убытки, вызванные простоем автомобилей в ожидании грузчиков и простоем грузчиков в ожидании автомобилей.

Однако чтобы воспользоваться одной из типовых задач, представленных в теории массового обслуживания, следует тщательно изучить поток требований, поступающих в обслуживающую систему, и описать его количественно.

Задачи, решаемые математическим аппаратом теории массового обслуживания, имеют вполне определенную структуру. Эта структура характеризуется последовательностью событий обслуживающей системы и обслуживающими аппаратами.

Таблица 8.3. Показатели технологического процесса

Показатель	Расчет показателя	Примечание
1	2	3
1. Расчетное (оперативное) время	$K_{вр}$ — коэффициент, учитывающий подготовительно-заключительное время и время на отдых, $K_{вр} = 100\%$	В расчетах можно применить: 1) для механизированных операций — 5%; 2) для технологических процессов: а) с однородным грузом — 15% б) со сборным грузом — 20%
2. Вес одного подъема	Y_0	Необходимо обосновать с учетом типа, количества и размера захватных устройств и такелажа
3. Количество циклов	$H_{ц} + \frac{P_{в}}{Y_0}$	$P_{в}$ — норма выработки в смену, т
4. Продолжительность одного цикла машины или механизма	$T_{ц} + \frac{T_0}{H_{ц}}$	Время одного цикла может быть установлено путем хронометража
5. Возможность механизации складских работ; типы средств малой механизации		Путем анализа погрузочно-разгрузочных операций
6. Производительность машин или механизмов	$P_{м} = H_{ц} \cdot Y_0$	Для машин периодического действия

1	2	3
7. Количество средств механизации	$C_m = \frac{Q_{\text{сут}}}{Y_0 \cdot H_{\text{ц}}}$	$Q_{\text{сут}}$ — суточный грузооборот, т
8. Количество транспортных складских рабочих и грузчиков	$M = \frac{H_{\text{ц}} \cdot T_1}{T_0}$	T_1 — время укладки (установки) одного груза
9. Расстановка транспортно-складских рабочих и определение их выработки	$P_v = \frac{P_v}{M}$	P_v — норма выработки, приходящаяся на одного транспортно-складского рабочего

Последовательность событий определяется потоком требований, поступающих в обслуживающую систему. Здесь требование — необходимость обработки каждого автомобиля, прибывающего на предприятие. В понятие обработки каждого автомобиля включаются грузовые и все вспомогательные операции, связанные с полным обслуживанием автомобилей с момента прибытия его на предприятие и до момента его отправления.

Поток требований автомобилей, нуждающихся в обработке, и поступающий в обслуживающую систему предприятия, называется *выходящим потоком*.

Обслуживающая система состоит из обслуживающих устройств — аппаратов, в данном случае пунктов погрузки, оборудованных перегрузочными средствами и укомплектованных необходимыми составами бригад грузчиков.

Отсутствие графиков и расписаний движения автомобилей дает право рассматривать прибытие автомобилей на предприятия как случайный процесс.

В большинстве задач теории массового обслуживания рассматриваются так называемые простейшие потоки требований, обладающие свойствами стационарности, ординарности и отсутствием последствий.

Стационарными являются потоки, для которых вероятность поступления некоторого количества требований в течение определенного промежутка времени не зависит от начала отсчета, а зависит от длительности промежутка времени.

Независимость характера потока требований от числа ранее поступивших требований и моментов времени их поступления носит название *отсутствия последствий*.

Поток требований называется ординарным, если вероятность того, что появится больше одного требования за малый промежуток времени t , есть бесконечно малая величина.

Задачу можно сформулировать следующим образом: в систему, состоящую из n обслуживающих аппаратов, поступают требования от m обслуживаемых объектов. Одновременно в системе не может быть больше m требований, где m — конечное число. Часть времени обслуживаемые объекты находятся в системе обслуживания, часть — вне ее. Критериями качества обслуживания являются математическое ожидание числа простаивающих автомобилей, т.е. среднее число требований, ожидающих начало обслуживания — M_1 и математическое ожидание числа простаивающих бригад — M_2 .

Стационарность потока заключается в том, что количество автомобилей, прибывающих на предприятие, будет определяться теми периодами времени, в течение которых приходят данные автомобили.

Ординарность потока вытекает из самой постановки задачи: требование на обслуживание поступает в систему только вместе с обслуживаемым объектом.

Отсутствие последствий также выполняется, поскольку по условию задачи автомобили прибывают на предприятие независимо друг от друга.

По закону Пуассона в простейшем потоке вероятность того, что m автомобилей прибывает на предприятие в течение времени t , определяется выражением:

$$V_m(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^m}{m!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (8.21)$$

где λ — отношение общего числа автомобилей, прибывающих на предприятие под обработку за анализируемый период, к периоду T ;

e — основание натурального логарифма.

Для простейшего потока параметр λ равен математическому ожиданию числа требований, поступающих в обслуживающую систему за единицу времени.

Рассмотрим обслуживающую систему — предприятие, состоящее из аппаратов — укрупненных комплексных бригад грузчиков. Одна укрупненная комплексная бригада грузчиков разгружает автомобили, прибывающие к пункту разгрузки в течение суток, т.е. на протяжении одной смены.

Время обслуживания автомобилей укрупненной комплексной бригадой подчинено показательному закону с параметром μ . Это означает вероятность того, что время обслуживания ν меньше t и равно $P(\nu < t)$, где $F(t)$ — функция распределения времени обслуживания; $1/\nu$ — математическое ожидание времени обслуживания.

Время обработки автомобилей, прибывающих на предприятие, зависит от количества груза, типа автомобиля, пунктов погрузки, погрузочных механизмов и других причин. Таким образом, требования идентичны, а время обслуживания — случайная величина.

В теории массового обслуживания приводится доказательство теоремы о том, что простейший поток подчинен закону распределения Пуассона. Так как поток автомобилей является простейшим, т.е. удовлетворяет требованиям стационарности, ординарности и отсутствия последствия, то вероятность того, что в течение единицы времени на предприятие придут m автомобилей за время t , определяется выражением (8.21).

Следовательно, поток автомобилей определяется математическим ожиданием числа автомобилей, прибывших на предприятие, в единицу времени. Если же в момент прибытия очередного автомобиля на базу все бригады заняты, то он становится в очередь. Время обработки одного автомобиля определяется законом распределения $F(t)$ с параметром $1/\nu$.

Автомобиль может уйти с базы только после полной погрузки, поэтому вводится условие, не позволяющее очереди автомобилей расти безгранично: $1/\nu < n$. Это условие в рассматриваемой задаче имеет следующий смысл: λ — среднее число автомобилей, прибывающих на базу под обработку в единицу времени; $1/\nu$ — среднее время обработки автомобиля, поэтому $\lambda \cdot 1/\nu$ — среднее число укрупненных комплексных бригад грузчиков, которое необходимо иметь, чтобы обрабатывать в единицу времени среднее число автомобилей.

Рассматриваемая нами обслуживающая система называется *системой с ожиданием*.

Отсюда условие означает, что число укрупненных комплексных бригад грузчиков должно быть больше среднего их числа, чтобы за единицу времени обрабатывать все автомобили, приходящие на базу.

Задаваясь последовательно числом укрупненных бригад, большим λ/ν , можно определить математическое ожидание числа простаивающих автомобилей в единицу времени в ожидании погрузки и математическое ожидание числа простаивающих укрупненных бригад в ожидании автомобилей. Очевидно, что с увеличением числа бригад расходы, связанные с простоем автомобилей, будут уменьшаться, а расходы по простоем укрупненных бригад расти.

Оптимальным будет то число укрупненных бригад грузчиков и рабочих, при котором сумма затрат по простоям автомобилей и бригад минимальна.

Не приводя вычислений, напишем выражение, характеризующее вероятность того, что все обслуживающие аппараты заняты:

$$\Pi = \frac{v \cdot P_0}{(n-1)! (nv - \lambda)} \cdot \left(\frac{\lambda}{v}\right)^n, \quad (8.22)$$

откуда среднее время ожидания начала обработки из-за занятости укрупненных комплексных бригад равно:

$$G_{\text{ож}} = \frac{\Pi}{nv - \lambda}, \quad (8.23)$$

а простой автомобилей в единицу времени вследствие отсутствия свободных укрупненных комплексных бригад

$$G_{\text{ож}} = \frac{\Pi \cdot \lambda}{nv - \lambda}. \quad (8.24)$$

Математическое ожидание числа простаивающих бригад (среднее число свободных обслуживающих аппаратов):

$$M_2 = \sum_{m=0}^{n-1} \left(\frac{n-m}{m!} \cdot \left(\frac{\lambda}{v}\right)^m \cdot P_0 \right), \quad (8.25)$$

где P_0 — вероятность, что все обслуживающие аппараты (комплексные бригады) свободны и равны.

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{m!} \cdot \left(\frac{\lambda}{v}\right)^m + \frac{v}{(n-1)! (nv - \lambda)} \cdot \left(\frac{\lambda}{v}\right)^m}. \quad (8.26)$$

Потери (убытки) в сутки, вызванные простоем автомобилей, определяем в приведенных затратах:

$$R_a = G_{\text{ож}} \cdot \mathcal{E}_\Phi, \quad (8.27)$$

где $\mathcal{E}_\Phi$ — убытки в результате простоя автомобиля за час, руб.

В связи с простоем укрупненных бригад, обслуживающих базу, расходы по базе, связанные с простоем бригады, определяем из

$$R_6 = \mathcal{E}_6 \cdot M_2, \quad (8.28)$$

где $\mathcal{E}_6$ — убытки часа простоя бригады;

M_2 — математическое ожидание числа простаивающих бригад в ожидании погрузки автомобилей.

Для производства соответствующих расчетов с помощью математического аппарата теории массового обслуживания необходимо определить значение параметров.

Параметр λ , характеризующий среднее число автомобилей, прибывающих на базу в течение рабочего дня, определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{Q_{\text{сут}}}{q \cdot \gamma \cdot n_c} = \frac{302}{2,2 \cdot 0,9 \cdot 2,5} = 54 \text{ (автомобиля),}$$

где $Q_{\text{сут}}$ — суточный грузооборот, т;

n_c — количество ездов автомобилей;

γ — коэффициент использования грузоподъемности;

q — грузоподъемность автомобиля, т.

Чтобы определить значение параметра ν , необходимо предварительно рассчитать средний простой автомобилей под погрузкой $t_{\text{пр}}$ при грузовых и вспомогательных операциях.

Время простоя под грузовыми операциями автомобиля определяем из уравнения:

$$t_{\text{пр}} = \frac{q \cdot \gamma}{W_k}, \quad (8.29)$$

где $t_{\text{пр}}$ — продолжительность нахождения автомобиля под погрузкой, ч;

W_k — производительность комплексной бригады.

Время простоя автомобиля и значение параметра ν в зависимости от производительности комплексной бригады приводится в табл. 8.4.

Таблица 8.4. Время простоя автомобиля и значение параметра ν

<i>Производительность комплексной бригады в час, т, W</i>	<i>Время простоя автомобиля, ч</i>	<i>Параметр ν</i>
25	0,090	11
30	0,075	13
40	0,056	18
60	0,037	30

Зная параметры λ и ν , определяем число бригад, принимая во внимание, что производительность в час равна 40 т, из соотношения λ/ν . Поскольку $\lambda/\nu = 54/18 = 3$, то минимальное число бригад будет равно четырем.

Рассмотрим транспортный процесс с четырьмя бригадами. Начнем с вычисления вероятности того, что в момент прибытия автомобилей под погрузку обслуживающие бригады свободны (формула 8.26):

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{m=0}^{4-1} \frac{1}{m!} \cdot \left(\frac{54}{18}\right)^m + \frac{18}{(4-1)! \cdot (4 \cdot 18 - 54)} \cdot \left(\frac{54}{18}\right)^m} = \frac{1}{\sum_{m=0}^3 \frac{3^m}{m!} + \frac{18 \cdot 3^m}{3! \cdot 18}} \approx 0,0377.$$

Рассчитаем первое слагаемое:

$$\sum_{m=0}^3 \frac{3^m}{m!} = \frac{3^0}{0!} + \frac{3^1}{1!} + \frac{3^2}{2!} + \frac{3^3}{3!} = \frac{1}{1} + \frac{3}{1} + \frac{9}{1 \cdot 2} + \frac{27}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 1 + 3 + 4,5 + 4,5 = 13.$$

Затем рассчитаем второе слагаемое:

$$\frac{3^4}{3!} = \frac{81}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 13,5,$$

откуда

$$\frac{1}{13 + 13,5} = 0,0377.$$

Теперь вычислим вероятность того, что в момент прибытия очередного автомобиля под погрузку все комплексные бригады заняты (формула 8.22):

$$\Pi = \frac{18 \cdot 0,0377}{(4-1)! \cdot (4 \cdot 18 - 54)} \cdot \left(\frac{54}{18}\right)^4 = \frac{18 \cdot 0,0377 \cdot 3^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 18} \approx 0,509.$$

Среднее время ожидания одним автомобилем начала погрузки вследствие занятости бригад определяем по формуле (8.23):

$$G_{\text{ож}} = \frac{\Pi}{m_0 - \lambda} = \frac{0,509}{4 \cdot 18 - 54} \approx 0,028.$$

Поскольку среднесуточное количество автомобилей, прибывающих на базу под погрузку, составляет 54, то простой автомобилей за смену в ожидании погрузки составит:

$$G_{\text{ож}}^1 = G_{\text{ож}} \cdot \lambda \approx 0,028 \cdot 54 = 1,512 \text{ автомобилечасов,}$$

а потери (убытки) в сутки, вызванные простоем автомобилей, в приведенных затратах по формуле (8.27) равны:

$$R_a = G_{\text{ож}}^1 - \mathcal{A}_a = 1,512 \cdot 0,412 = 0,62 \text{ тыс. руб.,}$$

где $\mathcal{A}_a$ — убытки простоя автомобиля за час, тыс. руб.

Определим математическое ожидание числа простаивающих бригад в ожидании погрузки автомобилей при $m = 4$ по формуле (8.25):

$$M_2 = \sum_{m=0}^{4-1} \frac{4-m}{m!} \cdot \left(\frac{54}{18}\right)^m \cdot 0,0377 = 4 \cdot 0,0377 + 9 \cdot 0,0377 + 4,5 \cdot 0,0377 = 1,0.$$

Следовательно, в сутки будет простаивать одна бригада, а расходы предприятия, связанные с простоем бригады, по формуле (8.28) составят:

$$R_6 = M_2 \cdot \mathcal{E}_6 = 1 \cdot 3,0 = 3,0 \text{ тыс. руб./ч},$$

где $\mathcal{E}_6$ — убытки часа простоя бригады, равные 3 тыс. руб.

Произведенные расчеты показывают, что убытки по предприятию, вызванные простоем автомобилей и простоем бригад, составят:

$$R = R_a + R_6 = 0,62 + 3,0 = 3,62 \text{ тыс. руб./ч}.$$

Данные аналогичных расчетов вариантов с пятью и шестью комплексными бригадами приведены в табл. 8.5.

Таблица 8.5. Расчет убытков по комплексным бригадам

Количество бригад, x	$G_{ож}$	M_2	R_a	R_6	ΣR
4	1,512	1	0,62	3,00	3,620
5	0,7182	2	0,295	6,00	6,295
6	0,108	3	0,045	9,00	9,045

Из приведенных расчетов видно, что оптимальным вариантом является загрузка автомобилей четырьмя бригадами. Следовательно, оптимальная численность транспортно-складских рабочих составит 16 человек ($4 \cdot 4$).

Отсутствие грузчиков, в равной мере как и отсутствие погрузочно-разгрузочных механизмов, влияет на использование производительности подвижного состава, приводит к большим простоям, отсюда ведет к убыткам транспортной организации и к увеличению количественного состава автомобилей. Поэтому определение оптимального количества транспортно-складских рабочих имеет большое значение для фирм, транспортных и сбытовых организаций. Мы рассмотрели только некоторые вопросы грузовой и коммерческой работы. Однако их решение позволит повысить эффективность продвижения материало потока, улучшить взаимодействие снабженческо-сбытовых и автотранспортных организаций, а также использование машин и механизмов, повысить прибыль на предприятиях оптовой торговли.

8.3. Стратегии обеспечения материальными ресурсами различных предприятий

Существуют различные стратегии обеспечения материальными ресурсами предприятий. Одной из таких стратегий является модель, которая состоит из регионального склада и нескольких терминалов. Рассмотрим эти модели. Схема модели с одним терминалом приведена на рис. 8.3, а модель с двумя терминалами показана на рис. 8.4.

Введем обозначения:

$t_0, t_{1-1}, t_{1-2}, t_2$ — время перегрузки на терминалах 0, 1, 2;

l_{0-1}, l_{1-2} — расстояние между терминалами 0-1 и 1-2;

U, V — скорость соответственно груженого и порожнего составов между терминалами (0-1; 1-2);

n_B — число вагонов, имеющих на участке между терминалами (0-1; 1-2);

q_c — грузоподъемность состава (т/состав), эксплуатируемого между терминалами (0 и 1; 1 и 2):

$$q_c = q_B \cdot n_B, \dots, 0,$$

где q_B — грузоподъемность одного вагона, т/вагон;

n_B — число вагонов в составе, ед.

При разработке стратегии для этих вариантов необходимо знать время оборота состава. Для случая, представленного на рис. 8.3, время оборота составит

$$t_0^1 = t_0 + t_1 + l_{0-1} \cdot \left(\frac{1}{U_1} + \frac{1}{V_1} \right). \quad (8.30)$$

Если же мы будем считать, что составы используются в непрерывном режиме, то интервал времени одинаков и равен t_n или

$$t_n = \frac{t_0^1}{m_c}. \quad (8.31)$$

Для случая, представленного на рис. 8.4, время оборота составит:

$$t_1^0 = t_0 + t_{1-1} + l_{0-1} + l_{0-1} \cdot \left(\frac{1}{U_1} + \frac{1}{V_1} \right), \quad (8.32)$$

$$t_2^0 = t_{1-2} + t_2 + l_{1-2} \cdot \left(\frac{1}{U_2} + \frac{1}{V_1} \right). \quad (8.33)$$

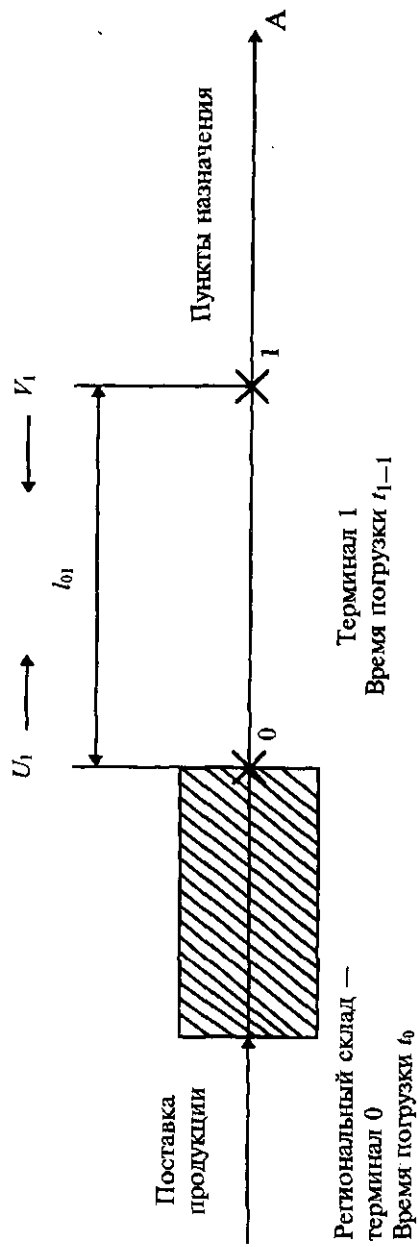


Рис. 8.3. Схема модели с одним терминалом

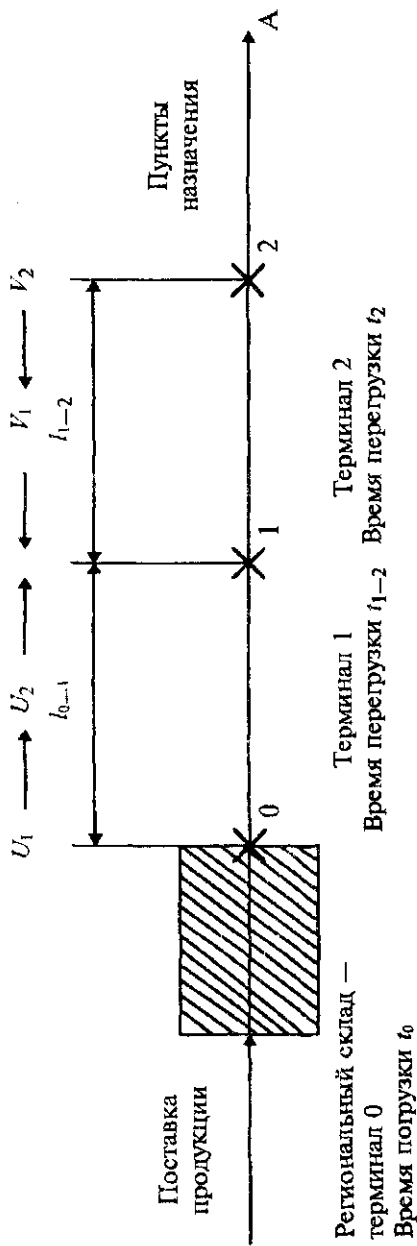


Рис. 8.4. Схема модели с двумя терминалами

Проанализируем эти модели. Начнем с первой. Рассмотрим уравнение (8.32): регулярное обслуживание составов при перевозке соответствующего количества груза предполагается за определенное время. Причем продолжительность перегрузки не оказывает влияния на рабочий ход составов при небольшом их числе, так как интервал между прибытиями t_n двух составов достаточно велик, т.е. $t_n \geq t_1$.

Другими словами, состав не должен прибывать на терминал 1 до тех пор, пока не отойдет предыдущий. При таком положении дел грузоподъемность железнодорожного транспорта возрастает пропорционально увеличению числа занятых составов.

Если же временной интервал t_n уменьшается до момента, когда $t_n < t_1$, то приведенная ситуация теряет смысл, так как следующий состав, прибывающий под погрузку, должен ждать разгрузку предыдущего состава.

Поясним данную ситуацию. Если время разгрузки в терминале 1 больше времени разгрузки в терминале 0, т.е. $t_1 > t_0$, то в терминале 0 не случается задержек составов. Все составы уходят с равными интервалами t_1 .

В этих обстоятельствах увеличение числа вагонов (n_B) в составе, где $n_B = \left\lceil \frac{t_0^1}{\max(t_0, t_1)} \right\rceil$ приведет не к дальнейшему возрастанию производительности системы перевозок (см. точку А на рис. 8.5), а лишь к созданию резервной мощности M_{Z1} .

$$SM_{Z1} = n_B - n_B^1 \dots, \quad (8.34)$$

где n_B^1 — число вагонов в составе.

Производительность системы перевозок в этих условиях определим по формулам:

$$Z1 = \frac{q_c}{t_1} \cdot n_B \quad \text{при} \quad n_B \leq n_B^1; \quad (8.35)$$

$$Z1 = \frac{q_c}{t_1} \cdot n_B \quad \text{при} \quad n_B > n_B^1.$$

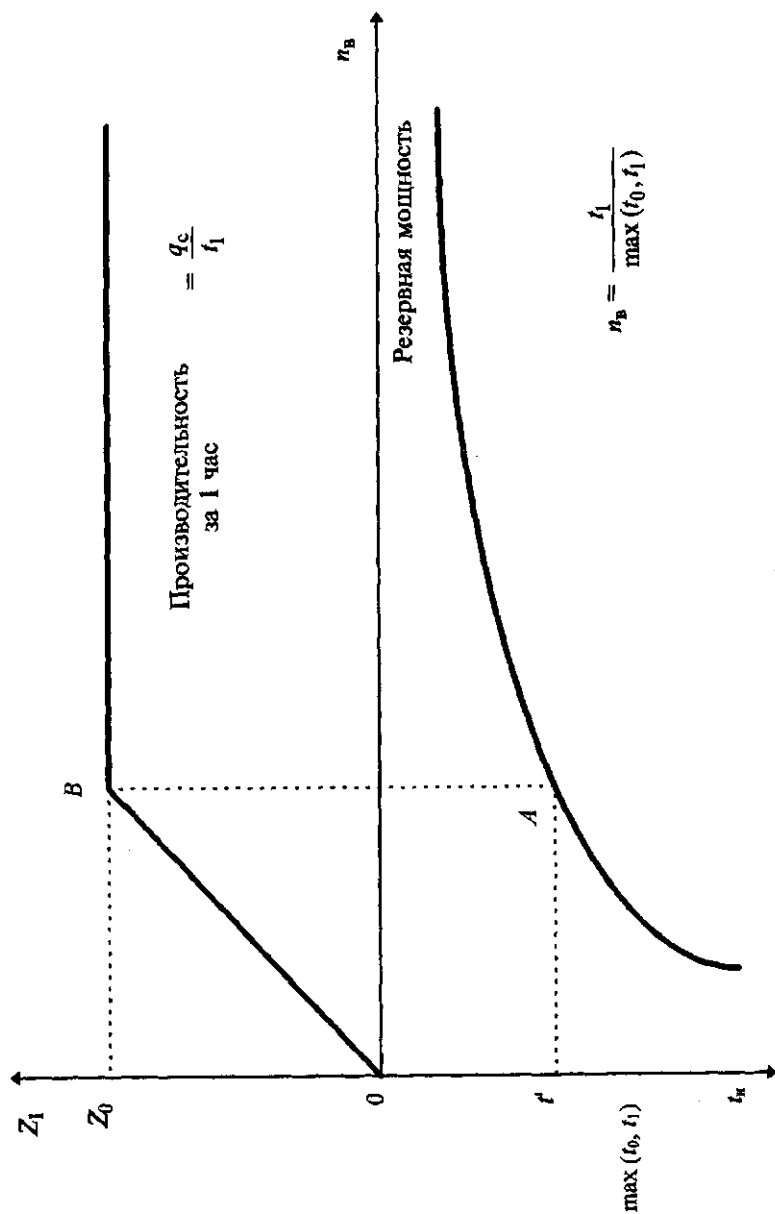


Рис. 8.5. График зависимости производительности системы перевозок от числа транспортных средств (составов) в случае модели с одним терминалом

Таблица 8.6. Показатели железнодорожной системы

Показатель системы	Условные обозначения	Терминалы 0–1,2	
		система 1	система 2
1. Грузоподъемность вагона, т	q	9	9
2. Число вагонов в составе, ед.	$n_{\text{в}}$	5	8
3. Максимальная грузоподъемность состава, т	$q_{\text{с}}$	45	72
4. Скорость состава, км/ч груженого порожного	U	40	30
	V	60	60
5. Расстояние перевозок, км	l	120	240
6. Продолжительность перегрузки, ч	t	$t_0 = 2$	$t_{1,2} = 4$
		$t_{1-1} = 2$	$t_2 = 4$
В том числе максимальная	max	2	3
7. Время оборота вагона, ч	t_0^I	9	19
8. Оптимальное количество вагонов, ед.	$n_{\text{в}}^{\text{опт}}$	4,5	6,3

Графическая зависимость производительности системы перевозок от числа транспортных средств в случае модели с одним терминалом показана на рис. 8.5.

Точка А на рис. 8.5, в которой кривая достигает горизонтальной поверхности, соответствует ситуации, когда дальнейшее увеличение числа транспортных средств в рамках рассматриваемой системы приведет не к возрастанию объема перевозок, а лишь к возрастанию резервной мощности системы перевозок.

Можно сделать вывод, что эффективность перегрузочных операций играет существенную роль с точки зрения общей производительности транспортной системы.

Рассмотрим вторую модель — региональный склад с двумя терминалами. Для этого используем числовой пример (см. табл. 8.6) и изобразим графически зависимость производительности системы перевозок от числа транспортных средств в случае модели с двумя терминалами.

Значения оптимального количества вагонов $n_{\text{в}}^{\text{опт}}$, которые отмечены узловыми точками 1 и 2 на рис. 8.3 и 8.4, определяем путем деления времени оборота на максимальную продолжительность перегрузки в каждой системе.

Система 1: $n_b^{\text{опт}} = t_0^1 / t_{\text{max}} = 9 / 2 = 4,5$ вагона.

Система 2: $n_b^{\text{опт}} = t_1 / t_{\text{max}} = 19 / 3 = 6,3$ вагона.

Рассмотрим систему, в которой грузы, находящиеся на региональном складе, нужно погрузить в вагоны на терминале 0 (см. рис. 8.4) и доставить на терминал 1, где они должны быть выгружены на платформу (или временное хранение), а затем снова погружены в другие вагоны для транспортировки на терминал 2. На терминале 2 грузы выгружают для окончательной доставки к месту назначения.

В другом варианте грузы могут быть выгружены из вагона на терминале 1 и погружены в другие вагоны для отправки к месту назначения.

В табл. 8.6 представлены показатели, характеризующие ту или иную железнодорожную систему, а на рис. 8.6 — необходимое для проведения соответствующих расчетов графическое изображение двух систем по данным табл. 8.6. Оптимальное количество вагонов в первой системе равно 4,5 ($t_0^1 / t_{\text{max}} = 9/2$), во второй — 6,3 (19/3). Производительность рассчитывается по формуле:

$$Z = \frac{q_c}{t_0^i}.$$

Для первой системы: $Z = \frac{q_c}{t_1^1} = \frac{45}{9} = 5$ т/ч.

Производительность в точке E: $Z \cdot n_{\text{в1}}^{\text{опт}} = 5 \cdot 4,5 = 22,5$ т/ч.;
в точке P_1 : $5 \cdot 4 = 20$ т/ч.

Для второй системы: $Z = \frac{q_c}{t_2^2} = \frac{72}{19} = 3,8$ т/ч;

в точке S: $3,8 \cdot 6,3 = 23,9$ т/ч;

в точке Q_1 : $3,8 \cdot 3 = 11,4$ т/ч;

в точке Q_2 : $3,8 \cdot 4 = 15,2$ т/ч;

в точке Q_3 : $3,5 \cdot 5 = 17,5$ т/ч и т.д.

Из расчетов видно, что для первой системы оптимальная производительность составит 22,5 т, а для второй — 23,9 т. Все точки, размещенные на кривой 1 справа от точки E, представляющие пять и более вагонов для системы 1, будут давать производительность выше 22,5 т, что считается резервной мощностью.

Чтобы использовать резервную мощность, необходимо пересмотреть время перегрузочных операций и интервал поступления составов между терминалами. Производительность перегрузочных операций можно уменьшить улучшением организации труда, сверхурочными работами, заменой непроизводительного перегрузочного оборудования производительным, повышением механизации работ и т.д.

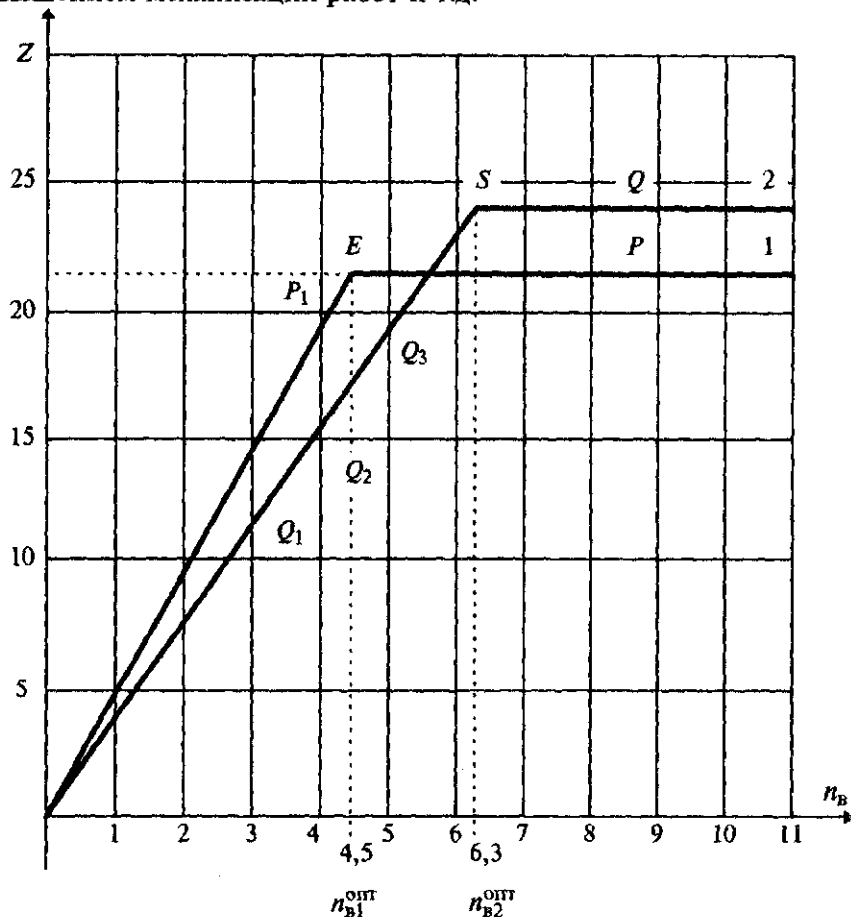


Рис. 8.6. График зависимости производительности системы перевозок от числа транспортных средств в случае с двумя перевалочными пунктами

Например, в системе 1 продолжительность перегрузки на терминале 1 (t_{11}) уменьшим с 2 до 1 ч, а в системе 2 (t_{12}) — с 3 ч до 2 ч. Соответственно и оборот вагонов уменьшится с 9 до 8 ч в первом случае и с 19 до 18 ч — во втором. Тогда оптимальное количество вагонов будет 8 ($8 / 1$) вместо 4,5 и 9 вместо 6,3 ($t'_{2}/t_{\max} = 18/2$). Изменилась и оптимальная производительность: в системе 1 — с 22,5 т/ч до 44,8 т/ч $\left(\frac{q_c}{t_0} \cdot n_1^{\text{опт}} = \frac{45}{8} \cdot 8 \right)$; в системе 2 — с 36 т/ч $\left(\frac{q_c}{t_2} \cdot n_2^{\text{опт}} = \frac{72}{18} \cdot 8 \right)$ до 23,9 т/ч.

Следовательно, производительность всей системы зависит от двух факторов: уровня использования транспортных средств и эффективности перегрузочных операций.

8.4. Расчет некоторых показателей работы склада

На повышение эффективности использования оборудования, машин и механизмов в настоящее время направлена система экономических, технических и организационных мер.

Одним из направлений применения машин и механизмов на предприятиях оптовой торговли является интенсивное использование всех возможностей оборудования, машин и механизмов в процессе работы.

Определенную роль играет также экстенсивный фактор, т.е. время работы механизма: чем дольше работает машина, тем выше коэффициент экстенсивной загрузки, и, следовательно, выше производительность используемой техники.

При экстенсивном использовании машин и механизмов схема их загрузки в течение суток представлена на рис. 8.7. Наибольшая производительность машин и механизмов достигается прежде всего максимальной продолжительностью их использования в течение суток (года). Как видно, на суточный фонд времени работы машин влияют простои машин по организационным и техническим причинам, а также потери времени от неполного использования смен.

Потери времени по организационным и техническим причинам может охарактеризовать коэффициент использования парка:

$$K_{и.п} = \frac{H_1}{H_2}, \quad (8.36)$$

где H_1 — число машин и механизмов, которые находились в эксплуатации;

H_2 — списочное число машин и механизмов базы снабжения и сбыта.

Потери времени от неполного использования смен и недостаточной сменности работы машин может охарактеризовать коэффициент использования машин в течение суток:

$$K_{и.с} = \frac{24 - \Pi_1}{24} = \frac{T_{см}}{24}, \quad (8.37)$$

где Π_1 — потери времени от неполного использования смен, ч;

$T_{см}$ — продолжительность времени работы машин в течение суток, ч;

24 — продолжительность суток, ч.

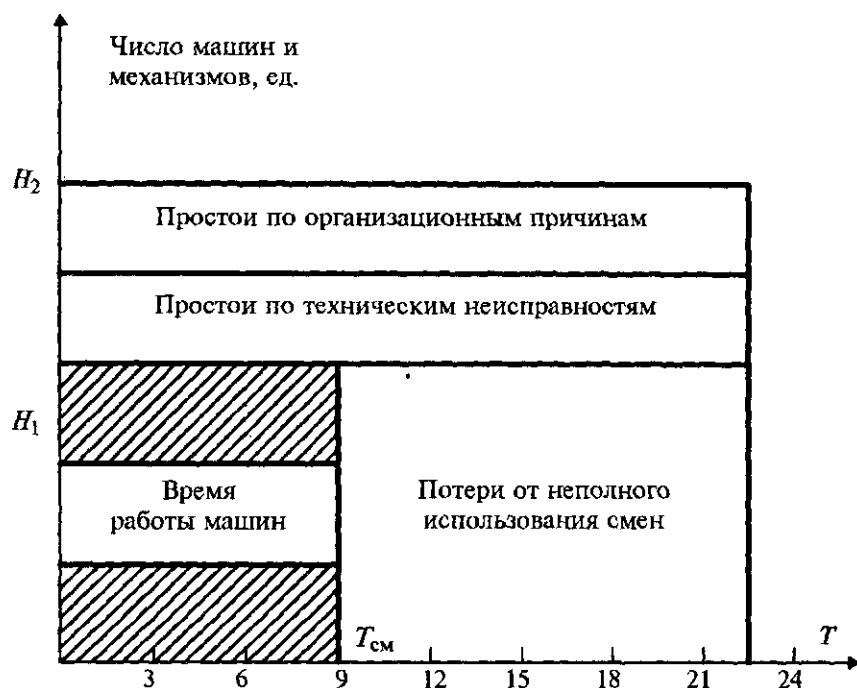


Рис. 8.7. Диаграмма использования машин и механизмов при экстенсивной загрузке

Произведение коэффициента использования машин в течение суток $K_{и.с}$ на коэффициент использования парка машин и механизмов $K_{и.п}$ характеризует потенциальные возможности использования машин и механизмов во времени — экстенсивную загрузку:

$$K_{эк} = K_{и.с} \cdot K_{и.п}. \quad (8.38)$$

Из формул $K_{и.с}$ и $K_{и.п}$ коэффициент экстенсивной загрузки будет:

$$K_{эк} = \frac{T_{см}}{24} \cdot \frac{H_1}{H_2}. \quad (8.39)$$

В числителе формулы — время фактической работы машин, ч:

$$T_{факт} = T_c \cdot H_1, \quad (8.40)$$

в знаменателе — максимально возможное время использования машин, ч:

$$T_{макс} = 24 \cdot H_2. \quad (8.41)$$

Поэтому коэффициент экстенсивной загрузки можно определить и так

$$K_{эк} = \frac{T_{факт}}{T_{макс}}. \quad (8.42)$$

На рис. 8.7 $T_{факт}$ показывает (заштрихованная площадь) время работы машин ($T_{см} \cdot H_1$), а $T_{макс}$ — всю площадь диаграммы ($24 \cdot H_2$).

Таким образом, зная время фактической работы машин и механизмов, а также максимальное время использования машин, можно определить коэффициент экстенсивной загрузки без расчета $K_{и.с}$ и $K_{и.п}$.

При полном устранении потерь времени в ходе эксплуатации машин и механизмов во время пребывания их в сфере производства погрузочно-разгрузочных работ мы получим максимум экономии времени экстенсивного вида. К перерывам в работе, которые учитываются при определении коэффициента экстенсивного использования машин и механизмов, как правило, не относятся техническое и технологическое обслуживание, а также другие простои на протяжении смены.

Рассмотрим пример экстенсивного использования оборудования, машин и механизмов на предприятиях оптовой торговли.

Пример. Допустим, что списочный состав погрузочно-разгрузочных механизмов на предприятии оптовой торговли составляет $H_2 = 20$ единиц, ежедневно в эксплуатации находится $H_1 = 15$ единиц. Время работы механизма $T_{см} = 8$ ч. Необходимо определить коэффициент экстенсивной загрузки $K_{эк}$ механизмов при следующих условиях:

- 1) при существующих показателях;
- 2) при увеличении числа выпуска погрузочно-разгрузочных механизмов в эксплуатацию на 20%, т.е. $H_1 = 18$ единиц;
- 3) в случае увеличения времени работы механизма на 100%, т.е. $T_{см} = 16$ ч;
- 4) при увеличении числа выпуска погрузочно-разгрузочных механизмов в эксплуатацию на 20% и увеличении времени работы механизма на 100%.

Коэффициент экстенсивной загрузки рассчитывается по формуле (8.39):

$$1) K_{эк} = \frac{8}{24} \cdot \frac{15}{20} \cdot 100\% = 25\% ;$$

$$2) K_{эк} = \frac{8}{24} \cdot \frac{18}{20} \cdot 100\% = 27\% ;$$

$$3) K_{эк} = \frac{16}{24} \cdot \frac{15}{20} \cdot 100\% = 50\% ;$$

$$4) K_{эк} = \frac{16}{24} \cdot \frac{18}{20} \cdot 100\% = 60\% .$$

Таким образом, коэффициент экстенсивной загрузки увеличивается:

- ♦ на 2% при увеличении числа выпуска механизмов в эксплуатацию;
- ♦ в 2 раза при увеличении времени работы машин и механизмов;
- ♦ в 2,4 раза при увеличении числа выпуска машин и механизмов и увеличении времени их работы.

Следовательно, при экстенсивной загрузке техники, как видно из примера, большее значение имеет время работы механизма. Чем продолжительнее время работы машины, тем выше коэффициент экстенсивной загрузки и производительность используемой техники.

Поскольку большее значение при экстенсивном использовании техники имеет время работы, то рассмотрим один из методов определения продолжительности использования машин и механизмов на предприятиях оптовой торговли, учитывая при этом, что в условиях снабжения складывается ситуация, тре-

бующая выполнения большего или меньшего (меняющегося) суточного объема работ. Исходя из изменения объема переработки продукции и определяются длительность рабочего периода и время использования машин и механизмов в течение суток.

Продолжительность использования машин и механизмов в течение суток на предприятиях можно определить при помощи номограммы (рис. 8.8).

Для построения номограммы и пояснения расчета введем условные обозначения:

O_n — объем работ на определенный период;

T_c — продолжительность использования машин и механизмов в течение суток;

H_n — количество механизмов;

$Ч_p$ — часовая производительность;

D_p — число рабочих дней.

Эти показатели связаны следующей зависимостью:

$$O_n = D_p \cdot H_n \cdot Ч_p \cdot T_c. \quad (8.43)$$

Обозначим $T_c = X$, $H_n \cdot Ч_p = Y$, тогда $O_n / D_p = X \cdot Y$.

Построенная номограмма дает возможность, исходя из количества механизмов, часовой производительности $Ч_p$ и длительности рабочего периода D_p , определить необходимую продолжительность использования машин в течение суток T_c . С помощью этой номограммы можно решить и обратную задачу, т.е. зная продолжительность использования машин в течение суток T_c , длительность периода работы D_p и часовую производительность механизмов $Ч_p$, можно определить необходимое количество механизмов H_n .

Для прогнозирования длительности рабочего периода D_p и времени использования в течение суток T_c покажем пример построения номограммы при переработке 15 000 т грузов с часовой производительностью механизма ($Ч_p$) соответственно — 10, 20, 30 т за 10, 15, 20, 30 дней работы (см. рис. 8.8).

Пример. Пусть склад для погрузки грузов может использовать шесть погрузочных механизмов с часовой производительностью 20 т в час. Требуется определить необходимую продолжительность работы механизмов в течение суток T_c , если нужно произвести погрузку 5 000 т грузов за 10 дней.

Для этого из точки H_n 6 ед. на оси абсцисс восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с прямой, соответствующий часовой производительности $Ч_p = 20$ т/ч. Через точку А проводим прямую, парал-

тельную оси абсцисс, до пересечения с кривой $D_p = 10$ дней, в результате чего получаем точку В. Перпендикуляр, опущенный из точки В на ось абсцисс правого семейства кривых номограммы, дает искомую величину $T_c = 12,5$ ч.

Чтобы номограмма отражала приемлемые результаты, на отдельные параметры необходимо наложить ограничения. Например, это сделано для продолжительности использования машин в течение суток с 8 до 20 ч.

Мы приведем экстенсивный способ использования машин и механизмов, но на практике применяется и интенсивный метод. Под этим методом понимают возможность повышения производительности машин и механизмов во время фактической работы.

На рис. 8.9 показаны факторы, от которых зависит интенсификация работы машин и механизмов.

Максимальная экономия времени интенсивного вида может быть достигнута, если затраты рабочего времени машин и механизмов на единицу работы будут сведены до минимальных устойчивых величин. К этим затратам следует отнести все элементы фактических затрат и потерь времени за сменное время работы машин.

Максимальное использование грузоподъемности механизма и скорости приведет к интенсификации работы машин путем лучшего использования их мощности.

Как видно из рис. 8.9, интенсивность загрузки машин выражается степенью использования номинального времени использования машин для полезной работы. Затраты времени на производительные элементы рабочего времени процесса отражаются, как известно, в коэффициенте использования рабочего времени, определяемом отношением времени полезной работы (погрузка—разгрузка) к фактической продолжительности работы машин:

$$a = \frac{T_p}{T_{\Phi}}, \quad (8.44)$$

где T_p — время полезной работы машин, ч.

Другими факторами, определяющими интенсивность работы машин и механизмов, являются использование грузоподъемности и скорости.

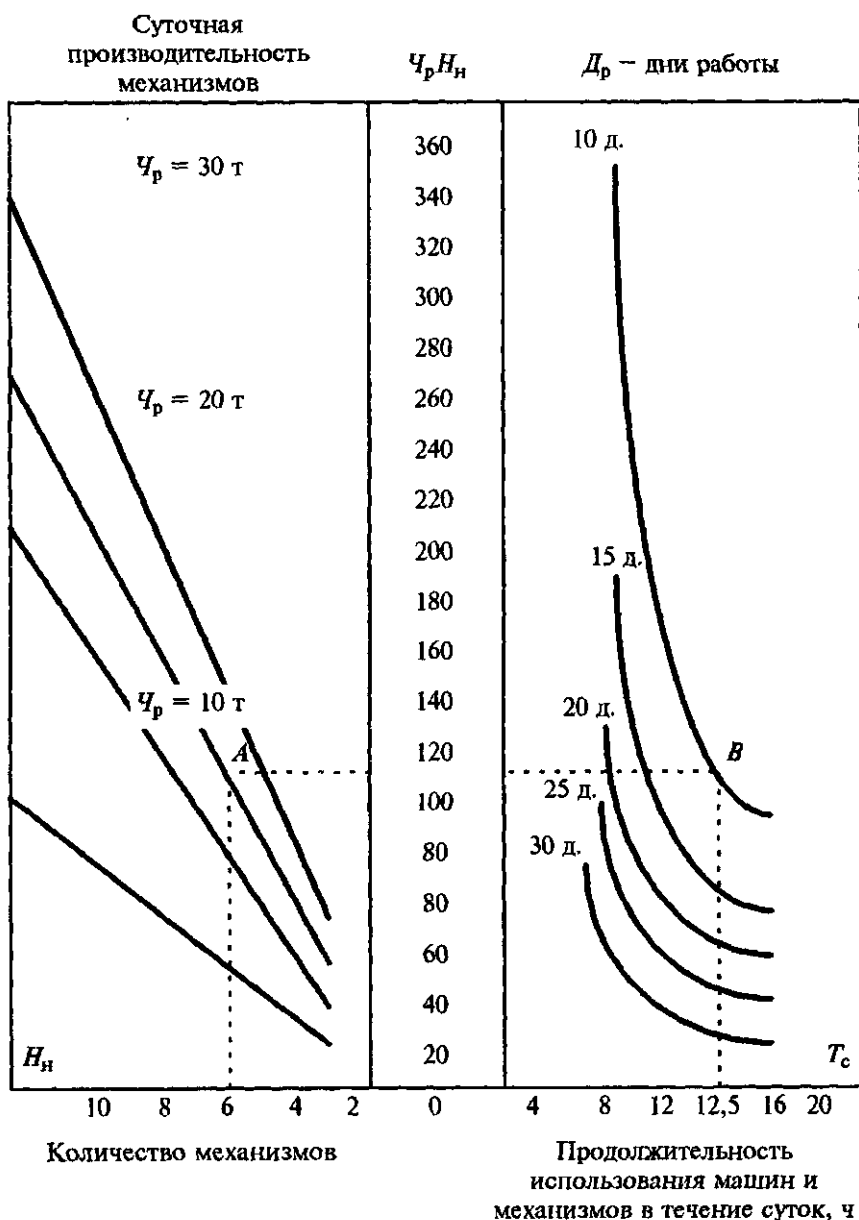


Рис. 8.8. Номограмма для определения режимов работы машин и механизмов на предприятиях оптовой торговли

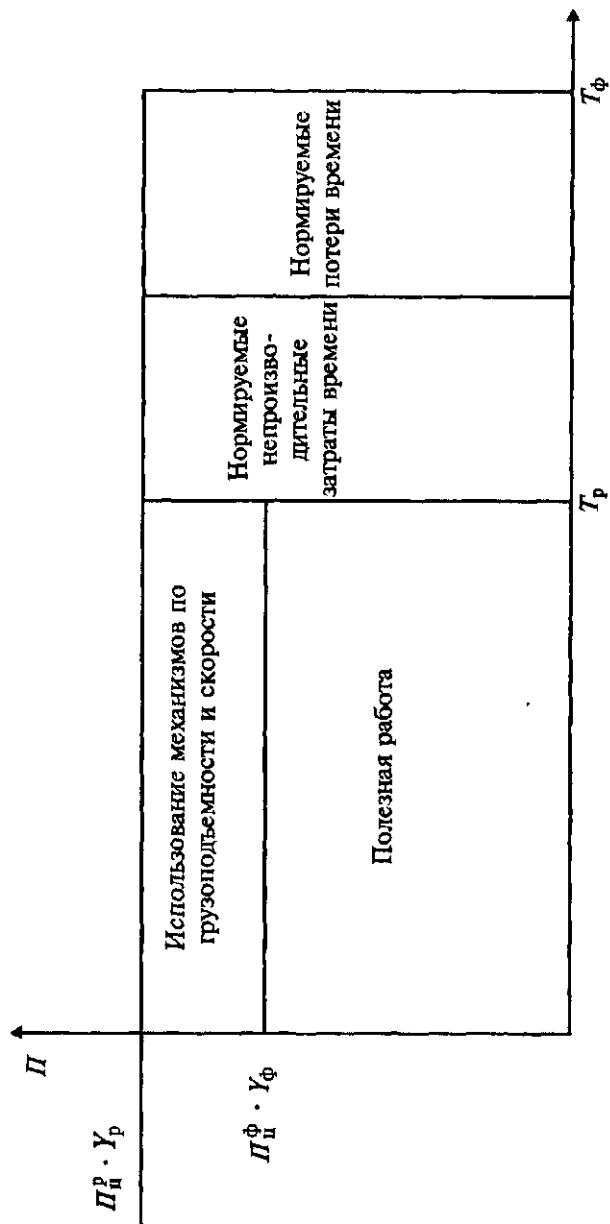


Рис. 8.9. Диаграмма использования машин и механизмов при интенсифицированной загрузке

T_ϕ — фактическое время работы машин, ч;
 T_p — время полезной работы машины, ч.

Так, например, производительность погрузчиков определяется по общей формуле для машин периодического действия:

$$\Pi = \frac{3600}{T_{\text{ц}}} \cdot Y \text{ т/ч}, \quad (8.45)$$

где Y — фактический вес подъема груза механизма за цикл, т.

Фактический вес подъема груза механизмом за цикл будет зависеть от коэффициента использования грузоподъемности. Чем выше коэффициент использования грузоподъемности, тем больше груза поднимает механизм за один цикл, тем выше производительность машин и механизмов.

Из этой формулы: $\frac{3600}{T_{\text{ц}}}$ — количество циклов, совершаемых механизмом за 1 ч, характеризующее влияние скорости на производительность машин и механизмов; $T_{\text{ц}}$ — время одного цикла работы механизма, сек.

Для погрузчика продолжительность цикла его работы составит:

$$T_{\text{ц}} = t_1 + \frac{h_1}{V_{\text{п}}} + \frac{l_1}{V_{\text{г}}} + \frac{h_2}{V_{\text{о}}} + t_2 + \frac{l_2}{V_{\text{н}}},$$

где t_1 — время для захвата груза, сек;

t_2 — время на установку груза, сек;

h_1 и h_2 — высота подъема и опускания груза, сек;

$V_{\text{п}}$ — скорость подъема вилок (или других захватных устройств), м/сек;

l_1 и l_2 — расстояние перемещения погрузчика с грузом и без груза, м;

$V_{\text{г}}$ — скорость движения погрузчика с грузом, м/сек.;

$V_{\text{н}}$ — скорость движения погрузчика без груза, м/сек.;

$V_{\text{о}}$ — скорость опускания груза, м/сек.

Как видим из приведенной выше формулы, на интенсивное использование механизма большое влияние оказывает скорость. Чем выше скорость (подъема и опускания вилок автопогрузчика, передвижения его и т.д.), тем меньше времени затрачивается на один цикл работы механизма, тем больше выполняется этих циклов, тем выше производительность механизмов и машин.

Таким образом, при интенсивной загрузке машин и механизмов необходимо учитывать возможности по использованию скорости и грузоподъемности механизмов.

Неполное использование возможностей скорости и грузоподъемности механизмов и машин можно характеризовать коэффициентом производительности (Π):

$$\Pi = \frac{K_{\Pi}^{\Phi} \cdot Y_{\Phi}}{K_{\Pi}^P \cdot Y_P}, \quad (8.46)$$

где K_{Π}^{Φ} — фактическое количество циклов, совершаемых механизмом за час;

K_{Π}^P — расчетное количество циклов, совершаемых механизмом за час;

Y_{Φ} , Y_P — фактический вес подъема груза механизмом за цикл и грузоподъемность механизма (T) соответственно.

Произведение коэффициента использования рабочего времени a на коэффициент производительности Π называется коэффициентом интенсивности загрузки машин, обозначен на рис. 8.9 как полезная работа.

$$K_{\Pi} = a \cdot \Pi, \quad (8.47)$$

или

$$K_{\Pi} = \frac{T_P}{T_{\Phi}} \cdot \frac{K_{\Pi}^{\Phi} \cdot Y_{\Phi}}{K_{\Pi}^P \cdot Y_P}. \quad (8.48)$$

Числитель этой зависимости выражает фактически выполненный объем работ за время T_P .

$$O_P = T_P \cdot K_{\Pi}^{\Phi} \cdot Y_{\Phi}. \quad (8.49)$$

Знаменатель же этой зависимости можно выразить как

$$T_{\Phi} \cdot K_{\Pi}^P \cdot Y_P = T_{\Phi} \cdot Y_P, \quad (8.50)$$

где Y_P — расчетная часовая производительность машин.

Подставляя эти значения в формулу, получаем коэффициент интенсивности загрузки машин:

$$K_{\Pi} = \frac{O_P}{T_P \cdot Y_P}, \quad (8.51)$$

где O_P — объем переработанной продукции на базе снабжения и сбыта, кг.

Пример. Интенсивное использование техники на базах и складах снабжения и сбыта в течение работы механизмов в течение смены $T_{\Phi} = 8$ ч. Грузоподъемность используемого автопогрузчика $Y_{\Phi} = 5$ т. Определим коэффициент интенсивной загрузки, если коэффициент использования грузоподъемности в первом случае будет равен 0,5, а

время одного цикла — 240 сек, а во втором и третьем случаях соответственно 1,0 и 120 сек.

Расчетное число циклов работы механизмов в трех случаях $K_{\Pi}^p = 36$. Время полезной работы машин составляло 6 ч для первого и второго случая и 7 часов — для третьего.

Решение. Определим фактическое количество циклов, совершаемых механизмом за час: $K_y^{\Phi} = \frac{3600}{T_y}$,

$$K_y^{\Phi 1} = \frac{3600}{240} = 15; K_y^{\Phi 2} = \frac{3600}{120} = 30.$$

Коэффициент интенсивной загрузки определим по формуле

$$K_{\Pi} = \frac{T_p}{T_{\Phi}} \cdot \frac{K_{\Pi}^{\Phi} \cdot Y_{\Phi}}{K_{\Pi}^p \cdot Y_p}.$$

$$1) K_{\Pi} = \frac{6 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 0,5}{8 \cdot 36 \cdot 5,0} \cdot 100\% = 16\%;$$

$$2) K_{\Pi} = \frac{6 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 1,0}{8 \cdot 36 \cdot 5,0} \cdot 100\% = 62,5\%;$$

$$3) K_{\Pi} = \frac{7 \cdot 30 \cdot 5 \cdot 1,0}{8 \cdot 36 \cdot 5,0} \cdot 100\% = 73\%.$$

Коэффициент интенсивной загрузки вырос примерно в 4 раза при увеличении числа циклов и фактического веса подъема груза механизмом за один цикл; при увеличении числа циклов, времени полезной работы и фактического веса подъема груза механизма за один цикл — в 4,5 раза. Следовательно, при интенсивной загрузке техники большую роль играет увеличение скорости и грузоподъемности машин и механизмов.

Как уже указывалось, коэффициент экстенсивной загрузки $K_{\text{эк}}$ характеризует использование машин во времени, а коэффициент интенсивной загрузки K_{Π} — использование мощности машин за время в наряде. На рис. 8.10 показана обобщающая структура использования машин по экстенсивной и интенсивной загрузке.

Абсцисса диаграммы характеризует использование машин по времени, ордината — по производительности. Площадь графика (полезная работа) характеризует использование машин по времени и по производительности. Как видно из диаграммы, чтобы охарактеризовать работу машин по интенсивности и

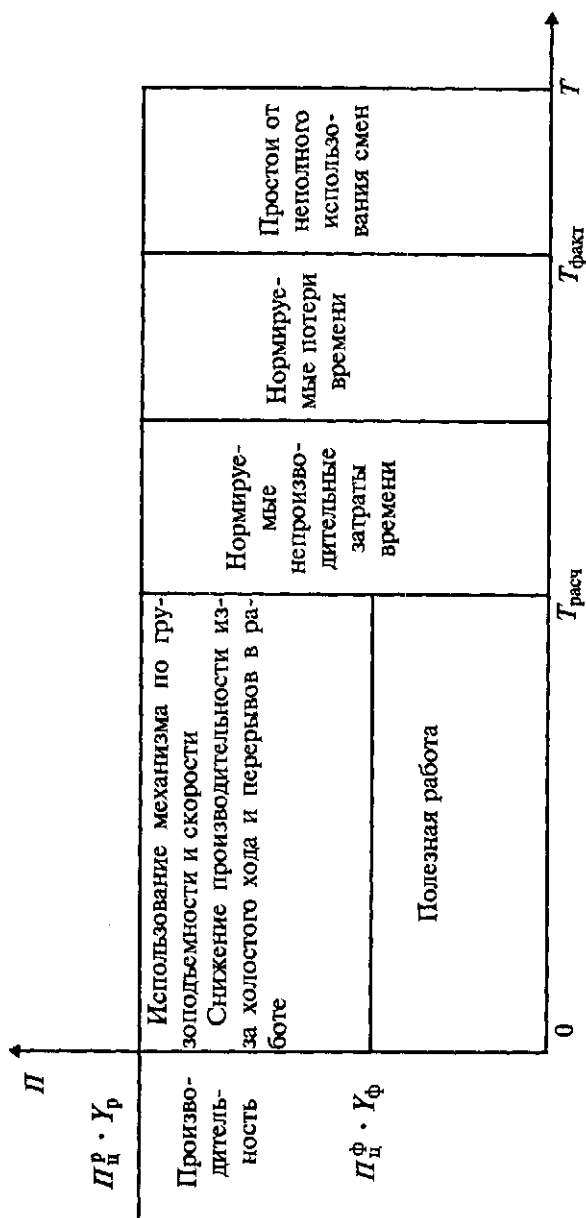


Рис. 8.10. Обобщающая диаграмма использования машин и механизмов по экстенсивной и интенсивной загрузке

продолжительности их использования, целесообразно применять коэффициент эффективности загрузки:

$$K_{\text{эф}} = K_{\text{эк}} \cdot K_{\text{и}}. \quad (8.52)$$

Эффективность загрузки можно определить и при помощи следующих формул:

$$K_{\text{эф}} = \frac{T_{\text{факт}}}{T_{\text{макс}}} \cdot \frac{T_{\text{р}} \cdot \Pi_{\text{ц}}^{\text{ф}} \cdot Y_{\text{ф}}}{T_{\text{макс}} \cdot \Pi_{\text{ц}}^{\text{р}} \cdot Y_{\text{ф}}} \quad (8.53)$$

или

$$K_{\text{эф}} = \frac{O_{\text{р}}}{T_{\text{м}} \cdot \varphi_{\text{р}}}, \quad (8.54)$$

где $O_{\text{р}}$ — фактически выполненный объем работы, т;

$T_{\text{макс}}$ — максимальное возможное время использования машин, ч;

$\varphi_{\text{р}}$ — часовая производительность механизма, т / час.

В нашем примере коэффициент эффективности загрузки механизмов составит:

- 1) $K_{\text{эф}} = (0,25 \cdot 0,16) \cdot 100\% = 4\%$;
- 2) $K_{\text{эф}} = (0,50 \cdot 0,625) \cdot 100\% = 31,25\%$;
- 3) $K_{\text{эф}} = (0,60 \cdot 0,73) \cdot 100\% = 43,8\%$.

Из приведенного примера видно, что наибольшая эффективность загрузки будет при наибольшем количестве применяемых механизмов и наибольшей продолжительности их использования, а также при максимальной загрузке машин и механизмов на предприятиях оптовой торговли.

Все упомянутые показатели использования машин можно вычислить по данным учета фактических затрат времени и объема выполненных работ в соотношении с показателями, имеющимися в паспорте машин и механизмов. Необходимо выбрать период работы, для которого производится расчет, провести анализ использования механизмов на предприятиях оптовой торговли, а также определить продолжительность их работы.

Из приведенных выше расчетов, характеризующих работу машин, видим, что если экстенсивная загрузка машин ограничивается максимальным временем их работы, то возможности интенсификации работы машин по существу не ограничены. Это вытекает из необходимости непрерывно уменьшать непроизводительные затраты времени на выполнение работ и увеличивать скорость работы машин и их разгрузку, а также совер-

шенствовать конструкцию машин и механизмов, повышать грузоподъемность и их использование.

Анализ использования машин и механизмов по показателям экстенсивной, интенсивной и эффективной загрузки позволяет охватить все возможные случаи оценки производительности машин. Он характеризует влияние отдельных факторов на возможности улучшения машиноиспользования. Этот метод дает возможность наиболее объективно оценивать работу машин, лучше вскрывать потери и обнаруживать резервы для разработки действенных мероприятий по улучшению работы машинной техники складского хозяйства.

Расчет *необходимого количества подъемно-транспортных механизмов*. Производительность машин периодического действия (Q_q) определяется по формуле:

$$Q_q = q \cdot n \cdot k, \quad (8.55)$$

где q — грузоподъемность машин, т;

n — количество сделанных циклов (рейсов) за час;

k — коэффициент использования машины по грузоподъемности.

Количество сделанных циклов n за час определяется по формуле:

$$n = \frac{3600}{T},$$

где T — время, расходуемое на один цикл, сек.

Количество подъемно-транспортного оборудования (ПТО) периодического действия определяется по формуле:

$$m = \frac{Q_c}{Q_2 \cdot T_c}, \text{ или } m = \frac{Q_r}{Q_2 \cdot T_2}$$

где Q_c , Q_r — суточный и годовой грузообороты;

T_c , T_r — количество часов работы ПТО за сутки, год.

Пример. Имеются следующие данные: грузоподъемность механизма — 5 т, количество циклов — 10, коэффициент использования машины по грузоподъемности — 0,8, суточный грузооборот — 640 т, количество часов работы ПТО за сутки — 8. По этим данным определяем количество ПТО:

$$m = \frac{Q_c}{Q_2 \cdot T_c} = \frac{Q_c}{q \cdot n \cdot \alpha \cdot T_c} = \frac{640}{5 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 8} = 2 \text{ ед.}$$

Определение *полезной площади* $f_{\text{пол}}$ способом нагрузки на 1 м² площади пола производится по формуле:

$$f_{\text{пол}} = \frac{q_{\text{зап}}}{\sigma},$$

где $q_{\text{зап}}$ — величина установленного запаса соответствующего материала на складе, т (принимаем 20 000 т);

σ — нагрузка на 1 м² площади пола (принимаем 2,5 т / м²).

Подставив данные в формулу, получим:

$$f_{\text{пол}} = \frac{20000}{2,5} = 8000 \text{ м}^2.$$

Определение *общей площади склада* ($F_{\text{общ}}$):

$$F_{\text{общ}} = \frac{f_{\text{пол}}}{\alpha},$$

где $f_{\text{пол}}$ — полезная площадь склада, м² (примем 8000 м²);

α — коэффициент использования площади (примем 0,4).

Подставив данные, получим:

$$F_{\text{общ}} = \frac{8000}{0,4} = 20000 \text{ м}^2.$$

Расчет *емкости склада* (E) производится по формуле:

$$E = F_c \cdot q_T,$$

где F_c — площадь, используемая под непосредственное складирование груза, м²;

q_T — удельная нагрузка, т/м², откуда

$$F_c = \frac{E}{q_T}, \text{ а } q_T = \frac{E}{F_c}.$$

Средний срок хранения грузов на складе $t_{\text{хр}}^{\text{ср}}$ определяется по формуле:

$$t_{\text{хр}}^{\text{ср}} = \frac{\sum tq}{\sum Q},$$

где $\sum tq$ — общее количество тонно-дней хранения за период (месяц, год);

$\sum Q$ — общее количество груза, прошедшего через склад:

$$\sum tq = t_{\text{хр}1} \cdot Q_1 + t_{\text{хр}2} \cdot Q_2 + \dots + t_{\text{хр}n} \cdot Q_n.$$

Например, за месяц (30 дней) через склад прошло 10000 т груза, причем 3000 т груза хранилось 10 дней, 2000 т — 5 дней, 4000 т — 8 дней и 1000 т — 7 дней.

Следовательно, общее число тонно-дней хранения составит

$$\sum tq = 10 \cdot 3000 + 5 \cdot 2000 + 8 \cdot 4000 + 1000 \cdot 7 = 79000,$$

откуда

$$t_{\text{хр}}^{\text{ср}} = \frac{\sum tq}{\sum Q} = \frac{79000}{10000} \approx 7,9 \approx 8 \text{ дней.}$$

Коэффициент использования емкости склада (K_c) равен:

$$K_c = \frac{E \cdot T}{\sum tq},$$

где E — емкость склада, т;

T — период работы склада, дней.

Если принять емкость склада 5267 т, то по результатам работы склада за месяц

$$K_c = \frac{5267 \cdot 30}{79000} \approx 2,0.$$

Оборот склада (Π_o) определяется по формуле:

$$\Pi_o = \frac{T}{t_{\text{хр}}^{\text{ср}}}.$$

Следовательно, для нашего примера:

$$\Pi_o = \frac{30}{8} \approx 3,75 \text{ оборота.}$$

Эта величина может быть получена также из выражения

$$\Pi_o = \frac{\sum Q \cdot K_c}{E} = \frac{10000 \cdot 2,0}{5267} \approx 3,75 \text{ оборота.}$$

Ее можно рассчитать также по формуле:

$$\Pi_o = \frac{\sum tq \cdot K_c}{E \cdot t_{\text{хр}}^{\text{ср}}} = \frac{79000 \cdot 2,0}{5267 \cdot 8,0} = \frac{158000}{42136} \approx 3,75 \text{ оборота.}$$

Пропускная способность склада $\Pi_{\text{скл}}$ характеризует то количество груза, которое может пройти через склад за период (месяц, год) при максимальном использовании емкости и при данной средней продолжительности хранения:

$$П_{\text{скл}} = \frac{E \cdot T}{t_{\text{хр}}^{\text{ср}}} \text{ или } П_{\text{скл}} = E \cdot П_0.$$

Используя имеющиеся исходные данные, рассчитаем месячную пропускную способность склада емкостью 5267 т при 3,75 оборота

$$П_{\text{скл}} = 5267 \cdot 3,75 = 19751,25 \text{ т.}$$

Показатели использования погрузочно-разгрузочного оборудования:

- ♦ коэффициент использования оборудования во времени ($K_{\text{вр}}$):

$$K_{\text{вр}} = \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{к}} - T_{\text{пл}}},$$

где $T_{\text{ф}}$ — фактическое время работы на грузовых операциях (принимаем 2000 ч);

$T_{\text{к}}$ — общий календарный период, ч (принимаем 7500 ч);

$T_{\text{пл}}$ — плановый ремонт, ч (принимаем 2500 ч).

Следовательно,

$$K_{\text{вр}} = \frac{2000}{7500 - 2500} = 0,4;$$

- ♦ коэффициент использования оборудования по производительности ($K_{\text{пр}}$):

$$K_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{ф}}}{P_{\text{пл}}},$$

где $P_{\text{ф}}$ — фактическая производительность, т;

$P_{\text{пл}}$ — плановая производительность, т;

- ♦ коэффициент используемого подъемно-транспортного оборудования по времени за смену ($K'_{\text{вр}}$):

$$K'_{\text{вр}} = \frac{T_0}{T_{\text{см}}},$$

где T_0 — время работы механизма за смену, ч;

$T_{\text{см}}$ — время смены, ч.

Выводы

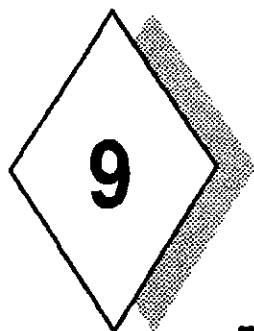
- ♦ Складирование продукции необходимо в связи с имеющимися колебаниями циклов производства, транспортировок и ее потребления.

- ◆ Склад — здания, сооружения, устройства, предназначенные для приемки и хранения различных материальных ценностей, подготовки их к производственному потреблению и бесперебойному отпуску потребителям.
- ◆ В сети распределения продукции имеется несколько маршрутов.
- ◆ Оборудование для хранения грузов можно подразделить по роду хранимых материалов: для хранения штучных крупногабаритных, тарно-штучных, сыпучих, жидких и газообразных грузов в соответствии с физическим состоянием и характеристиками грузов.
- ◆ Эффективное использование транспортных средств, погрузочно-разгрузочных механизмов и трудовых ресурсов достигается путем разработки технологического процесса с учетом достигнутой выработки переработки груза передовыми бригадами, эффективных способов заготовки пакетов и укладки груза; технических характеристик средств малой механизации, дальности перевозок и т.д.
- ◆ Время обработки автомобилей, прибывающих на предприятие, зависит от количества груза, типа автомобиля, пунктов погрузки, погрузочных механизмов и других причин.
- ◆ Одним из направлений применения машин и механизмов на предприятиях оптовой торговли является интенсивное использование всех возможностей оборудования, машин и механизмов в процессе работы.
- ◆ Максимальная экономия времени интенсивного вида может быть достигнута, если затраты рабочего времени машин и механизмов на единицу работы будут сведены до минимальных устойчивых величин.
- ◆ При интенсивной загрузке машин и механизмов необходимо учитывать возможности по использованию скорости и грузоподъемности механизмов.

Практикум к гл. 8

◆ Тесты

1. Что такое склад?
 - а) жилой дом;
 - б) забор;
 - в) здания, сооружения, устройства.
2. Каков наиболее стандартный тип движения продукции?
 - а) двухэшелонный;
 - б) одноэшелонный;
 - в) пятиэшелонный.
3. Сколько существует классов обслуживания?
 - а) пять;
 - б) два;
 - в) три.
4. Сколько составляющих общей площади складов?
 - а) два;
 - б) три;
 - в) четыре.
5. На сколько групп делятся погрузочно-разгрузочные машины?
 - а) две;
 - б) три;
 - в) четыре.
6. Чем определяется последовательность событий обслуживающей системы?
 - а) потоком требований;
 - б) требованиями конвейера;
 - в) указанием директора.
7. Каков тип зависимости коэффициента экстенсивной загрузки от времени работы машины?
 - а) прямой;
 - б) обратный.
8. К каким изменениям характеристик в работе машины приведет максимальное использование грузоподъемности механизма и скорости?
 - а) к интенсификации;
 - б) к простоям;
 - в) не повлияет на работу.



Глава

Экономический и производственный риски

9.1. Понятие экономического и производственного рисков

В последнее время в связи со становлением рыночной экономики отечественные ученые стали уделять экономическому риску значительно больше внимания.

Сложились различные направления трактовки экономического риска. Наиболее часто он определяется как вероятность, опасность, деятельность или ущерб. Эти расхождения связаны с особенностями областей применения категории «риск» — экономической, юридической, политической, социологической и др.

С учетом толкования риска в общепонятийном смысле, необходимости экономического анализа и математической оценки его существенности для объекта анализа (носителя риска) представляется целесообразным определить экономический риск как возможность (вероятность) потерь, возникающих при принятии и реализации экономических решений.

Для анализа экономического риска предприятия необходимо понять его природу.

Существуют объективная основа и субъективные причины возникновения риска, порожденные внешними условиями и внутренними факторами деятельности предприятия. Они изменяют его возможности, расширяют или ограничивают их и тем самым увеличивают или уменьшают его экономический риск. Если разделить внешнюю среду предприятия на подсреды, то

изменения в одной из них могут породить цепную реакцию перемен в других. Назовем первичное из них базовым, а последующие за ним производными. Усиленные аккумулирующимися базовыми изменениями производные могут вызвать непредсказуемый по силе и направлениям воздействия экономический риск.

Невозможно заранее точно предвидеть и момент изменения даже в одной, а тем более одновременного изменения в двух и более средах.

Все это создает неопределенность обстановки функционирования субъектов рынка, которым зачастую приходится принимать решения без достаточной информации о ее изменениях и влияющих на него факторах. Эта неопределенность практически не зависит от предприятия и объективно порождает риск его деятельности. Объективная основа обуславливает субъективную сторону экономического риска через предпринимателя и его деятельность.

Ее результат во многом зависит от личностных качеств руководителя, его характера, жизненного и профессионального опыта, образовательного уровня, склада ума, психологических особенностей. Восприятие одной и той же ситуации двумя руководителями будет существенно различаться.

Реализация предпринимательских способностей происходит в процессе прохождения этапов цикла управления, на каждом из которых может возникнуть риск. Он может проявиться в неправильном подборе и расстановке кадров, планировании производственных запасов, управленческом решении по выбору проекта или пути его осуществления.

Свобода и самостоятельность действий руководителя предполагают соблюдение деловой этики и существующих в конкретный период времени нормативно-правовых актов, нарушение которых приводит к функционированию на грани высокого уровня риска.

Разнообразие потребительских вкусов приводит к быстрому изменению рыночной конъюнктуры и усилению конкуренции. Для сохранения положения на рынке производителям необходимо постоянно обновлять свою продукцию и услуги. Но выход на рынок с новым товаром всегда содержит повышенный риск из-за возможного отсутствия спроса на незнакомую продукцию.

В наибольшей степени риск аккумулируется в прибыли. Чем больше ее размер, тем весомее каждый процент недополучения прибыли по сравнению с запланированной величиной. Сложность же осуществления крупных по стоимости и длительных по времени проектов обычно выше, чем небольших, что увеличивает риск реализации первых. Тем самым прибыль, являясь и целью, и средством для достижения всех иных целей предпринимательской деятельности, как экономическая категория объективно порождает риск. Но поскольку ее желаемая величина и пути достижения определяются в процессе человеческой деятельности, прибыль является и субъективной основой возникновения экономического риска.

При этом нередко возникает противоречие между управленческим персоналом, стремящимся к риску, и исполнительными, склонными к стабильности и не желающими или не умеющими работать в условиях постоянно высокого риска (за исключением «опасных» профессий: шахтеров, водолазов, спасателей и т.п.) сотрудниками.

Следовательно, деятельность любого предприятия является субъективной основой его экономического риска.

Таким образом, объективной основой риска являются неопределенность функционирования внешней среды обитания объекта риска; состав определяющих ее факторов; направления их действия; динамичность процессов и явлений, происходящих во внешней среде.

Субъективной основой риска, возникающего на всех этапах цикла управления и в процессе всей деятельности предприятия, служит его внутренняя среда, проявляющаяся посредством действий работников.

9.2. Классификация экономических рисков

Наиболее важным моментом в анализе риска является классификация его видов. Правильно построенная, она во многом предопределяет точность результатов и эффективность управления.

Построению классификации экономических рисков предшествует большая предварительная организационная и исследовательская работа. Она состоит из нескольких связанных между собой этапов по подбору высококвалифицированных и

эрудированных специалистов, знающих изучаемую область деятельности и объект анализа и способных разработать перечень (список) возможных для него внешних и внутренних рисков.

На первом этапе построения классификации следует сформировать репрезентативную с точки зрения качества и количества экспертную группу. Составляется список лиц, компетентных в данной области.

Основные требования, предъявляемые к участникам экспертизы для получения качественного результата их работы, следующие:

- ♦ высокий уровень общей эрудиции;
- ♦ высокий квалификационный (профессиональный) уровень в оцениваемой области;
- ♦ способность перспективно мыслить;
- ♦ восприимчивость инноваций;
- ♦ отсутствие субъективизма в отношении практического применения оцениваемой идеи;
- ♦ наличие производственного и (или) исследовательского опыта в данной области.

Для определения компетентности потенциальных экспертов и их соответствия перечисленным требованиям используются субъективный и объективный подходы. При первом происходит самооценка будущего эксперта, при втором — его опыт и результаты прошлой деятельности изучаются специалистом или их группой. В обоих случаях проводится анкетный опрос.

Для анкетирования определяются вопросы, которые должны отразить способность эксперта работать в группе и всесторонне охватить решение исследуемой проблемы, в данном случае — проблемы экономических рисков, имеющих место в конкретной области деятельности.

Обработка ответов на вопросы анкеты позволяет получить количественную оценку компетентности предполагаемого эксперта. Если одновременно используется несколько способов оценки его компетентности, желательно определить какой-либо сводный, обобщающий показатель для каждого эксперта. Для этого, в частности, может служить показатель средней компетентности (d_j), исчисленный по формуле средней арифметической, взвешенной с учетом значимости каждого способа.

$$d_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ji} p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (9.1)$$

где a — оценка компетентности j -го эксперта, полученная i -м способом;

p — весовой коэффициент i -го способа оценки;

i — индекс примененного способа оценки, $i = 1+n$.

Одним из наиболее сложных моментов подготовительного этапа является определение оптимальной численности экспертной группы. Из общего числа потенциальных экспертов надо отобрать наиболее квалифицированных, с высокой общей эрудицией, обладающих научным предвидением и иными требуемыми качествами. Для этого возможны два подхода: неформализованный и формализованный.

Рассмотрим неформализованный подход к формированию экспертной группы. При его использовании вначале определяется примерное число будущих экспертов.

Малочисленность группы не позволяет обеспечить достаточную статистическую достоверность их выборочной оценки в области исследуемой проблемы, в нашем случае — всех возможных экономических рисков для конкретного предприятия, ее соответствия ситуации в генеральной совокупности, т.е. истинному положению на данном предприятии. Кроме того, при небольшом числе представителей экспертной группы на общую групповую оценку существенное влияние оказывают индивидуальные оценки экспертов.

Многочисленная группа также имеет свои недостатки. В ней бывает трудно выявить согласованное мнение экспертов, возрастает взаимозависимость высказываемых мнений, возникают организационные трудности проведения экспертного исследования, увеличиваются затраты времени и денежных средств на проведение экспертизы.

Первоначальный список потенциальных экспертов составляют руководители высшего для организационной структуры уровня. Затем каждый из числа отобранных лиц рекомендует специалистов, способных дать заключение по каждому вопросу анкеты. Последние в свою очередь дают рекомендации о включении в данный список экспертов.

Таким образом, процесс составления экспертной группы осуществляется путем проведения некоторого числа последовательных итераций. Он заканчивается после утверждения совокупности рекомендуемых экспертов, т.е. на итерации, на которой список потенциальных экспертов перестает пополняться новыми специалистами.

В тех же целях можно использовать и формализованный подход, в частности, с учетом минимальной и максимальной границ ее численности. Для применения этого метода учитывают два условия: высокую среднюю компетентность групп экспертов и стабилизацию средней оценки прогнозируемого показателя.

Первое условие используется для того, чтобы определить максимальную численность экспертной группы ($n_{\max}$):

$$ck_{\max} \leq \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n_{\max}}, \quad (9.2)$$

где c — константа;

$k_{\max}$ — максимально возможная компетентность по используемой шкале компетентности;

k_i — компетентность i -го эксперта.

Данное условие предполагает, что при наличии специалистов, обладающих наибольшей компетентностью, среднее значение их оценок можно считать «истинным». Константа определяется путем простого голосования. Группа считается избранной при 2/3 голосов присутствующих, отданных за ее избрание. Исходя из этого константа C принимается равной также 2/3.

Тогда на основании неравенства (9.2) определяется, что максимальная граница численности экспертной группы:

$$n_{\max} \leq \frac{3 \sum_{i=1}^n k_i}{2k_{\max}}. \quad (9.3)$$

Затем определяется минимальная граница численности экспертной группы с учетом второго условия — стабилизации средней оценки прогнозируемого показателя. Оно отражает факт незначительного влияния состава экспертной группы, т.е. включения и исключения из нее какого-либо специалиста на

среднее значение прогнозируемого показателя или в формализованном виде:

$$\frac{B - B'}{B_{\max}} < \varepsilon, \quad (9.4)$$

где B — средняя оценка прогнозируемого показателя в баллах, данная экспертной группой;

B' — средняя оценка, данная экспертной группой с измененным составом (при включении или исключении из нее какого-либо одного эксперта);

$B_{\max}$ — максимально возможная оценка прогнозируемого показателя по принятой шкале оценок;

ε — заданная величина изменения средней ошибки при включении или исключении из группы одного эксперта.

Величина средней ошибки имеет наибольшую чувствительность к оценке самого компетентного эксперта, который поставил наибольший балл при $B \leq B_{\max}$ и наименьший при $B \geq \frac{B}{2}$.

Следовательно для проверки выполнения неравенства (9.4) из группы следует исключить одного эксперта.

В зависимости от допустимой величины средней ошибки ε минимальное число экспертов в группе предлагается определять по формуле (9.5):

$$n_{\min} = 0,5 \cdot \left(\frac{3}{\varepsilon} + 5 \right) \quad (9.5)$$

Выражения (9.3) — (9.5) позволяют получить расчетные значения максимальной и минимальной границ численности экспертной группы.

Окончательно же она формируется путем последовательного исключения малокомпетентных экспертов при соблюдении условия:

$$(k_{\max} - k_i) \leq \eta, \quad (9.6)$$

где η — задаваемая величина границ допустимого отклонения компетентности i -го эксперта от максимальной величины.

Одновременно в группу могут быть включены новые потенциальные эксперты. Численность группы устанавливается в пределах:

$$n_{\min} \leq n \leq n_{\max}. \quad (9.7)$$

Данный способ определения границ численности экспертной группы является не единственным.

Для оценки совпадений мнений экспертов можно рекомендовать использование коэффициента конкордации (W), или коэффициента согласованности:

$$W = \frac{12S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (9.8)$$

где S — сумма квадратов отклонений сумм рангов (ответов, данных всеми экспертами на каждый вопрос) от среднего значения суммы рангов по данному предмету (объекту) исследования ($\bar{R}$).

$$\sum \bar{R} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (n - 1). \quad (9.9)$$

Тогда

$$S = \sum (\sum R_i - \bar{R})^2, \quad (9.10)$$

где R_i — ранги, (значимость места рисков), присвоенные каждому вопросу i -м экспертом;

m — число экспертов;

n — число вопросов.

Покажем методику расчета коэффициента конкордации.

Пусть имеются 10 вопросов, характеризующих компетентность каждого эксперта в области знания рисков предприятия. В экспертную группу предполагается включить пять специалистов (табл. 9.1).

$$\sum \bar{R} = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot (10 - 1) = 22,5.$$

По данным табл. 9.2 исчислим коэффициент согласованности рангов:

$$W = \frac{12 \cdot 1446,5}{25 \cdot 990} = 0,701.$$

Так как коэффициент конкордации служит мерой общности суждений экспертов очевидно, что при совпадении мнений экспертов его величина равна 1. Если различия во мнениях очень велики, коэффициент конкордации приближается к 0. Таким образом, он лежит в границах $0 \leq W \leq 1$.

Таблица 9.1. Ранги ответов, данных экспертами, на вопросы

Эксперт	Вопросы									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
O	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	3	4	5	8	9	10	1	2	6	7
Q	2	3	4	8	9	10	1	5	6	7
R	4	5	6	7	8	9	2	3	1	10
S	4	3	2	5	6	7	1	8	9	10
Общая сумма рангов	14	17	20	32	37	42	12	26	31	44

Таблица 9.2. Данные для исчисления коэффициента согласованности

Показатель	Вопросы										Итого
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Сумма рангов по каждому вопросу	14	17	20	32	37	42	12	26	31	44	—
Отклонения от рангов средней суммы	-8,5	-5,5	-2,5	9,5	14,5	19,5	-10,5	3,5	8,5	21,5	—
Квадрат отклонения	72,25	30,25	6,25	90,25	210,25	380,25	110,25	12,25	72,25	462,25	1446,5

Формализованный подход позволяет избежать ошибок субъективизма, обязательных при неформализованном подходе.

Помимо описанных процедур методы коллективной экспертной оценки требуют статистического анализа результатов, полученных с помощью экспертов.

На первом этапе анализа разрабатываются анкеты (вопросники) и подготавливается инструментарий, необходимый для проведения экспертного метода. Разработке анкет следует уделить особое внимание. Они содержат перечень вопросов, позволяющих оценить анализируемый объект, явление и т.д. и тем самым достичь конечной цели. При анализе риска предприятия анкета помогает понять, видит ли потенциальный эксперт всю сложность внешней обстановки, связи предприятия, особенности управления, производства и пути минимизации возможных рисков. Это важно как при формировании экспертной группы, так и непосредственно при анализе рисков.

Форма и содержание вопросов должны соответствовать следующим требованиям:

- ♦ должна использоваться общепринятая терминология формулировки вопросов;
- ♦ в формулировках не должно содержаться смысловой неопределенности;
- ♦ вопросы должны обеспечивать единственное толкование;
- ♦ последовательность вопросов должна соответствовать структуре объекта анализа исследуемого предмета, явления.

Выполнение этих требований означает, что готовивший анкету хорошо знаком с изучаемой проблемой и объектом анализа.

Анкета может содержать прямые и косвенные вопросы, открытые и закрытые и т.д. Ответы на них могут предусматриваться в форме «да-нет», быть с подсказкой и без нее, в словесном, в цифровом виде и в виде штрих-кодов. Последнее облегчает машинную обработку результатов. Экспертам может быть предложено распределить по значимости вопросы (ответы), характеризующие предмет исследования, например, риски, проставив им ранги от 1 до n по количеству заданных вопросов.

После подбора экспертной группы менеджер подготавливает инструментарий для проведения экспертизы, т.е. собственно исследования по выявлению экономических рисков предприятия. Инструментарий включает в себя программу исследования, вопросник для проведения опроса экспертов, методику или ключ к обработке и оценке его результатов, перечень необходимых для этого технических средств и программного обеспечения.

На втором этапе методом «мозгового штурма» (или мозговой атаки) осуществляются сбор и генерация идей. Здесь необходимо соблюдение следующих основных условий:

- ♦ для высказывания как можно большего количества идей, мнений, оценок относительно потенциальных рисков предприятия стимулируется максимальная активность экспертов;
- ♦ в адрес высказываемых идей не допускается никакая критика.

Поскольку предполагается, что выдвинутая идея может принадлежать любому из экспертной группы, ожидавшему сво-

ей очереди для высказывания мнения, результатам реализации данного этапа присваивается авторство всей группы.

Построение программы опроса методом «мозгового штурма» таково, что обеспечивает лавинообразный поток высказываний.

Второй этап можно подразделить на два подэтапа. На первом подэтапе вырабатываются, собираются и генерируются идеи. На втором оценивается их научная значимость.

Результатом второго этапа, называемого также «прямой мозговой атакой», является список идей — рисков производственного предприятия. Второй этап иногда дополняется третьим.

На третьем этапе проводится процедура деструкции, разрушения высказанных идей. Ее проводят также в два подэтапа.

На первом — группа экспертов пытается опровергнуть или разрушить своими высказываниями идеи, мнения, оценки, сделанные на предыдущем этапе, предлагая противоположные оценки и контридеи. Этот подэтап деструкции также проводится в форме «мозгового штурма».

На втором подэтапе — контридеи анализируются; в результате из списка ранее высказанных идей исключаются разрушенные, не имеющие научной или практической значимости или реально не осуществимые. Выбрасываются, например риски, причины возникновения которых существуют постоянно, они вполне определены, и их можно минимизировать или даже избежать с помощью конкретных мер. Остаются только те идеи, научная значимость и практическая реализуемость которых являются доказанными.

Схема взаимосвязи этапов построения классификации экономических рисков предприятия показана на рис. 9.1.

Метод «мозгового штурма» является специфическим инструментом анализа и прогнозирования, с помощью которого формируется перечень целей, характеристик объекта анализа, направлений его развития, выявляется круг факторов, влияющих на результаты его деятельности, а также условий, причин и видов риска, изучение и предупреждение которых позволит укрепить безопасность предприятия.

При построении классификации риска предприятия может быть применен *блочный принцип*. Рассмотрим его более подробно, так как это важно для управления рисками.

Этап	Подэтап	Применяемые методы	Результат
1. Подготовительный → ↓	1. Формирование экспертной группы →	Неформализованные и формализованные →	Сформированный состав экспертной группы.
	2. Подготовка инструментария →	Организационные →	
2. Сбор и генерация идей → ↓	1. Выработка идей →	Метод «мозгового штурма» и другие → коллективные экспертные методы	Инструментарий Первичный список идей (рисков)
	2. Оценка научной значимости идей →	Неформализованные и формализованные →	
3. Деструкция →	1. Разрушение старых идей и выдвижение контр-идей →	Метод «мозгового штурма» →	Список идей (рисков) (окончательный при отсутствии 3-го этапа)
			Список контридей (рисков)
	2. Анализ и оценка контр-идей →	Неформализованные и формализованные →	Окончательный список идей (рисков)

Рис. 9.1. Схема взаимосвязи этапов построения классификации экономических рисков

Блочный принцип построения классификации риска предприятия предполагает распределение риска по категориям, видам, и подвидам, группам и подгруппам и другим уровням. Классификация может быть построена по различным принципам и основаниям, например: общая (единая) и частная (блочная), по отраслевому и региональному признаку, с использованием и без использования сводного показателя и т.д. Высшим уровнем, или рангом, классификации экономических рисков предприятия является предметно-целевой.

С учетом поставленной цели и круга решаемых задач, а также отраслевой принадлежности предприятия возможно и целесообразно выделить отраслевых рисков и их подвидов.

Схематично процесс детализации классификации экономических рисков предприятия приводится на рис. 9.2.

Из-за многообразия экономических рисков предприятия в целях наглядности и удобства пользования целесообразно строить классификации не по сквозному, а по блочному принципу.

Синтез или детализация блоков при необходимости не составит труда на любом этапе изучения рисков.

Предположим, что цель аналитического исследования заключается в выявлении этапов деятельности промышленного предприятия, на которых возникают повышенные по сравнению с запланированными затраты, вызывающие впоследствии риск невостребованности продукции. Тогда, в первую очередь, необходимо выделить категории внешнего и внутреннего риска. Целесообразно выделить и категории смешанных рисков. Это связано с тем, что существуют виды экономического риска, порождаемые частично внешней средой предприятия, а частично его внутренними действиями.

Отнесем к категории внешнего риска общеэкономический, рыночный, социально-демографический, природно-климатический, информационный, научно-технический и нормативно-правовой виды риска. Причины, вызывающие внешнеэкономический, рыночный, природно-климатический, информационный, научно-технический и нормативно-правовой виды, могут заключаться в действиях субъектов как внешней среды, так и внутренней. Следовательно, они относятся к категории смешанных рисков. Обратим внимание на связь смешанных рисков с деятельностью самого предприятия.



Рис. 9.2. Схема процесса детализации классификации экономических рисков предприятия

Внешнеэкономическая ситуация складывается за пределами не только данной фирмы, но и государства. Однако объект анализа риска через конъюнктурные и внешнеторговые организации связан с зарубежными партнерами по бизнесу. В процес-

се этого взаимодействия может возникнуть риск, вызванный неожиданными причинами внутри объекта анализа: форс-мажорная остановка производства, резкий рост или падение цен из-за изменения затрат на производство или условий реализации товара и т.п.

Риск рыночной обстановки всегда имеет двустороннюю связь. С одной стороны — это участие предприятия в формировании рыночной конъюнктуры цен, а с другой стороны, взаимоотношения предприятия с контрагентами-поставщиками оборудования, сырья, полуфабрикатов, покупателями готовой продукции.

Природно-климатический риск становится внутренним через технологию производства (ее требования) или результаты производства, связанные с необходимостью финансовой компенсации нанесенного внешней среде ущерба.

Информационный риск появляется при неправильной организации информационных потоков внутри объекта анализа, неверных сведениях как поступивших на предприятие, так и вышедших за его пределы по вине персонала. Сюда же надо отнести разглашение сведений, представляющих особую важность или угрожающих экономической безопасности фирмы.

Научно-технический риск касается как инновационной деятельности самого предприятия, так и приобретений им патентов, лицензий, новой техники и технологий.

Нормативно-правовой риск является внутренним в части приказов, решений, нормативов, распоряжений, издаваемых внутри организации.

Раскроем категорию внутреннего риска по центрам образования затрат, т.е. по областям его формирования. Центрами затрат являются отдельные подразделения предприятия, на которые могут быть отнесены затраты. Для многоотраслевого предприятия, объединения уместен промежуточный уровень классификации — отраслевой. Тогда внутренний риск по отраслям деятельности будет охватывать, например, следующие его виды: промышленный, сельскохозяйственный, торговый, транспортный и другие, а уже каждый из них в зависимости от отраслевой специфики подлежит раскрытию по областям формирования. Предприятию, только производящему промышленную продукцию, вполне допустимо условно абстрагироваться от на-

личия отраслевого риска и перейти к следующему этапу группировки — выделению его подвидов, областей деятельности предприятия, к которым можно отнести:

- ◆ транспортный;
- ◆ снабженческий;
- ◆ производственный;
- ◆ риск хранения готовой продукции;
- ◆ сбытовой;
- ◆ управленческий.

Как и для рисков, относящихся к категории внешнего, данные подвиды внутреннего риска могут быть частично обусловлены причинами, лежащими за пределами объекта анализа. Такие подвиды следует считать смешанными рисками. К ним относятся: транспортный, снабженческий, сбытовой.

Транспортный риск является внешним, если предприятие пользуется услугами сторонних транспортных организаций.

Снабженческий становится внешним, когда возникает по вине поставщиков материальных ресурсов и оборудования при невыполнении сроков, объемов, ассортимента, цены или качества поставляемых ресурсов.

Сбытовой риск возникает за пределами производственной фирмы при отказе покупателя от продукции не по вине ее производителя. В этой части он относится к категории внешнего риска.

Следующие этапы разработки классификации экономических рисков представляются наиболее сложными.

На четвертом этапе в составе областей необходимо выделить группы риска, для чего выбирается группировочный признак. Этот выбор зависит от цели и задач исследования.

Центр затрат как классификационное основание, принятое для предыдущего этапа, используется в качестве организационной единицы накопления расходов перед их последующим распределением на какой-нибудь основе. В зависимости от степени и направления детализации затрат в качестве такой основы могут выступать мелкие структурные подразделения предприятия, виды продукции, факторы производства и т.д.

Структуризация предприятий сильно различается в зависимости от их отраслевой принадлежности, размеров, типов производства и управления. Даже в рамках одной отрасли данный

группировочный признак осложнил бы сопоставление рисков по различным предприятиям.

Ассортимент выпускаемой продукции за редким исключением бывает столь широким, что не позволяет проводить сравнительный анализ по центрам затрат и в рамках одного предприятия, не говоря уже о разных, даже родственных. Единым для всех признаком являются факторы производства: труд, средства труда и предметы труда. Воплощенные в них риски характерны для всех предприятий и организаций, хотя, безусловно, они неодинаковы по причинам возникновения, величине, возможным последствиям и направлениям минимизации.

Покажем на схеме (рис. 9.3) данный этап детализации классификации экономических рисков.

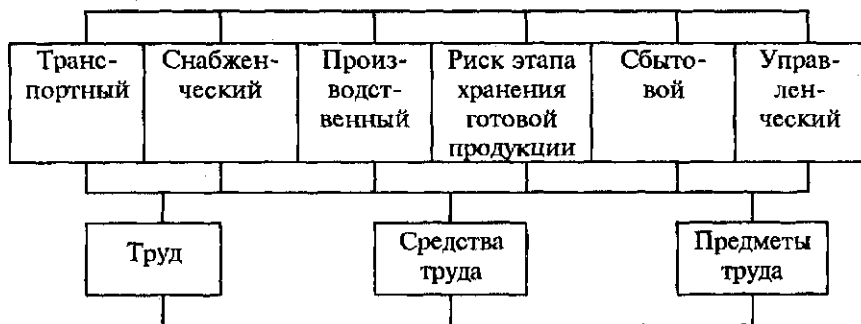
В данном случае области формирования риска соответствуют укрупненным этапам крутооборота средств предприятия, на каждом из которых формируются укрупненные затраты на производство и реализацию продукции. Как правило, на предприятии за эти центры образования затрат несут ответственность заместители директора по транспорту, по снабжению, производству, сбыту-маркетингу, по финансам и т.д. В нашей классификации последнее составляющее в данной группе названо управленческим риском, так как аккумулирует затраты нескольких подразделений, осуществляющих в разной форме процесс управления предприятием. Кроме того, добавлен риск этапа хранения готовой продукции. Он имеет очень важное значение, поскольку на многих предприятиях на складе готовой продукции осуществляется ее доводка до стадии готовности — маркировка, комплектация, упаковка и другие производственные операции. Сроки, объемы и условия хранения также существенно различаются по предприятиям и могут нести в себе риск. Одновременно не выделен этап хранения материальных ресурсов до их потребления в производство. Чтобы не расширять классификацию, допустим, что он и риски, которые он несет, содержатся в снабженческом риске.

Необходимо иметь в виду, что большая часть предметов труда как группы экономического риска в подвиде сбытовой риск, воплощена в готовой продукции.

Следующий этап построения классификации экономических рисков представляется наиболее трудоемким и ответственным из всех перечисленных. На нем необходимо конкрети-

зировать и индивидуализировать риск факторов производства для того, чтобы по каждому выявить причины внутреннего риска производственного предприятия, а затем рассчитать возможный ущерб от возникновения риска и определить пути и степень его минимизации.

Области риска — центры образования затрат



Группы риска — факторы производства

Рис. 9.3. Третий и четвертый этапы классификации экономических рисков предприятий

Фактор-носитель риска «труд», например, можно детализировать по категориям персонала, его половозрастным группам, квалификации, стажу работы и другим признакам.

Средства труда для анализа риска можно рассматривать не только в общепринятой детализации, по их видам, что имеет большое значение для расчета ущерба от его возникновения, но и в разрезе их возрастного состава, степени износа и годности. Такое деление средств труда на группы облегчает определение возможности и вероятности возникновения внутреннего риска предприятия.

Предметы труда целесообразно анализировать по видам, по отнесению на конкретные виды продукции, по величине расхода в различных структурных подразделениях предприятия, по причине образования потерь и т.д.

Степень скрупулезности классификации и детализации групповых факторов риска по подгруппам зависит от общих

целей и задач классификации экономических рисков предприятия и от основания классификации в целом и ее уровней.

Основания классификации экономических внутренних рисков предприятия могут быть следующими:

1. По возможности предвидения — предвиденные и непредвиденные (или аналогично по смыслу — предсказуемые и непредсказуемые).

2. Умышленность создания ситуации риска (преступления, служебные ошибки и т.п.).

3. По причинам возникновения.

4. По месту обнаружения.

5. По времени обнаружения.

6. По центрам ответственности.

7. По виновникам возникновения.

8. По возможности страхования.

9. По длительности действия.

10. По методам обнаружения.

11. По способам минимизации последствий.

12. По этапам производственного цикла.

13. По этапам технологического процесса.

14. По производственным условиям.

15. По этапам жизненного цикла продукции, производимой предприятием.

16. По месту нахождения продукции.

17. По этапам жизненного цикла продукции, реализуемой предприятием.

18. По видам продукции (по номенклатуре, позициям ассортимента плана).

19. По типу организации производства.

20. По уровню цен на производимую продукцию.

21. По типу продукции (промышленная, промежуточного назначения, потребительские товары или другая группировка).

22. По длительности хранения продукции на предприятии.

23. По условиям хранения готовой продукции на предприятии.

24. По длительности хранения запасов сырья на предприятии.

25. По условиям хранения запасов сырья на предприятии.

26. По связи со скоростью оборота оборотных средств на предприятии.

27. По уровню комплектующих в стоимости готовой продукции.

28. По потребителю продукции.

29. По каналам сбыта.

30. По возможности преодоления риска.

Перечисленные основания можно использовать при построении как сплошной, сквозной, так и блочной классификации внутренних экономических рисков предприятия. Они могут оказать аналитику существенную помощь в его практической работе в данной области.

Блочный подход к разработке классификации позволяет определять не только частные риски, а путем их объединения и риски более высокого порядка, вплоть до общего.

Принцип «от простого к сложному», лежащий в основе блочного построения классификации экономических рисков, дает возможность значительно упростить их дальнейший анализ и сократить затраты времени и средств на его проведение, что имеет значение для обоснования управленческих решений.

9.3. Факторы риска невостребованности продукции

В управлении производственными рисками большую роль играет учет факторов риска невостребованности продукции.

Одним из важнейших индикаторов экономической безопасности предприятия является уровень спроса на его продукцию. Падение спроса ниже некоторого допустимого уровня может привести к банкротству фирмы. Отсюда очевидна необходимость изучения причин невостребованности продукции, приводящих предприятие к риску.

При ведении производственной деятельности предприятие должно заранее знать, какую и для кого оно производит продукцию и что случится, если эта продукция не будет реализована. Для избежания последствий невостребованности продукции предприятие-производитель должно проанализировать ее причины. Для этого необходимо знать вызывающие невостребованность факторы. Но и специалисту, далекому от производства и экономики, ясно, что их — великое множество. Они могут пересекаться между собой, накладываться один на дру-

гой, а могут и не быть прямо связаны между собой. Чтобы не бродить в полутьме в поисках главной причины, за которой стоят второстепенные причины, почему произведенная продукция не нашла своего покупателя, необходимо разработать классификацию факторов риска невостребованности продукции.

Цель такой классификации:

- ♦ определение возможных направлений возникновения риска невостребованности продукции;
- ♦ анализ причин возникновения отказов потребителя от предложенной ему продукции;
- ♦ предварительная оценка возможных последствий возникновения риска невостребованности продукции;
- ♦ анализ возможностей избежания риска;
- ♦ пути избежания риска;
- ♦ пути минимизации затрат на ликвидацию последствий при возникновении невостребованности продукции;
- ♦ создание информационной базы для принятия управленческих решений.

Риск невостребованности продукции — это вероятность потерь для предприятия-изготовителя вследствие возможного отказа потребителя от его продукции. Он *характеризуется величиной возможного экономического и морального ущерба, понесенного фирмой по данной причине вследствие падения спроса на ее продукцию.*

Риск невостребованности продукции относится к категории смешанного и может быть связан как с неопределенностью внешней обстановки, так и с деятельностью самого предприятия, производящего и (или) реализующего продукцию.

На возможность его возникновения влияют почти все подсреды внешней среды, но в большей мере: внешнеэкономическая ситуация, рыночная обстановка, социально-демографическая ситуация, информационная база, научно-технический уровень и нормативно-правовая база. Но поскольку продукция является субстанцией производства, риск в то же время порождается деятельностью предприятия.

Данный риск существует из-за отклонений от нормальных условий в двух отраслях: производящей и реализующей продукцию. Следовательно, на данном классификационном уровне он является разноотраслевым.

Для дальнейшего формирования классификационных уровней необходимо сформулировать цель анализа, в соответствии с которой уточняются причины возникновения риска и осуществляется его детализация.

Классификация факторов риска неостребованности продукции позволяет с различных сторон рассмотреть проблему отказа потребителей от произведенной предприятием продукции и найти пути и способы избежания подобной ситуации с наименьшими для предприятия потерями.

Рассмотрим наиболее характерные факторы, обуславливающие возникновение риска неостребованности продукции, берущей свое начало и внутри предприятия, и за его пределами. Факторы представлены в виде списка, который в процессе анализа корректируется для выделения наиболее важных и существенных для конкретного предприятия вида продукции и ситуации.

1. Факторы производства.
2. Среда возникновения.
3. Центры ответственности.
4. Центры затрат.
5. Виновники возникновения.
6. Производственные условия.
7. Время возникновения.
8. Время обнаружения.
9. Виды продукции.
10. Потребитель продукции.
11. Каналы сбыта.
12. Спрос на продукцию.

Проанализируем каждую группу факторов.

◆ **Факторы производства** включают в себя:

- ◆ труд;
- ◆ производственные основные фонды;
- ◆ производственные оборотные фонды (материальные ресурсы).

Рассмотрим последовательно связь этих факторов с риском неостребованности продукции.

К категории «*труд*» можно походить в данном случае двояко: во-первых, это — численность персонала предприятия; во-вторых, это — время, затраченное работниками предприятия, на производство продукции и содействие этому производству.

Трудовые ресурсы предприятия характеризуются их среднесписочной численностью. Любая из групп или представитель группы при определенных условиях может быть носителем риска невостребованности продукции.

Например, неправильно составленный специалистами прогноз спроса на продукцию предприятия приведет к неадекватности ее сбыта: произведенный объем продукции или его часть не будет реализована и превысит спрос. В результате этого предприятие понесет экономический ущерб. Или же работниками отдела снабжения было закуплено иное сырье или другие материальные ресурсы, чем это предусматривалось при разработке продукции. В итоге она не стала (или перестала) пользоваться спросом, и фактический объем продаж оказался меньше запланированного. Работники маркетинговой службы могут неверно определить и избрать каналы сбыта и направления сбыта продукции, потребителя, время и место реализации и т.д. Результатом этого также станет несоответствие фактического объема реализации прогнозному объему спроса. Если же квалификация рабочих не соответствует сложности выполняемых ими работ, это обычно отражается на качестве продукции. Следствием низкого качества является падение репутации фирмы. Кроме того, она не может реализовать продукцию по цене, приносящей ей достаточную прибыль. Таким образом, фирма несет и моральный, и экономический ущерб.

На производство продукции затрачивается рабочее время. Очевидно, что часть времени, пошедшая на изготовление реализованной продукции, относится к полезно затраченному труду. Та же часть отработанного времени, которая израсходована на производство продукции, не нашедшей спроса, не может быть отнесена к полезно затраченному труду. Но она не относится к резервам рабочего времени, так как реально израсходована, в результате чего произведен продукт. Следовательно, она должна быть отнесена к потерям рабочего времени. Причем, этот вид потерь на первый взгляд скрыт от аналитика.

Следующим фактором производства являются *производственные основные фонды*.

Производственного менеджера интересуют не все основные фонды предприятия, а только та их часть, которая задействована на производство продукции, т.е. потребленные средства

производства. Но эта часть содержится в каждой группе основных фондов.

Основные фонды в отличие от оборотных переносят свою стоимость на произведенный с их помощью продукт не сразу, а по частям. Естественно, что если произведенная продукция нашла потребителя, то перенесенная на нее часть стоимости основных фондов будет возмещена. Если же продукция не была реализована, то часть содержащейся в затратах на ее производство и реализацию стоимости основных фондов не будет возмещена и явится одной из составляющих экономического ущерба, нанесенного предприятию невостребованностью его продукции.

И в данном случае мы должны проанализировать причины этого.

Причинами, непосредственно связанными с основными фондами предприятия, могут быть следующие:

- качество производственного потенциала;
- режим его использования.

Характеристиками качества производственного потенциала будут:

- ♦ возрастной состав основных фондов, в том числе оборудования, одним из показателей которого является степень их физического износа;
- ♦ наличие и степень морального износа основных фондов и оборудования;
- ♦ надежность основных фондов и работы оборудования.

Посмотрим, каким образом влияют эти причины на риск невостребованности продукции.

Наличие физически устаревших основных фондов производственного назначения, во-первых, снижает комфортность условий работы; во-вторых, в отдельных отраслях, особенно в наукоемких, это тормозит производство современной продукции; в-третьих, изношенность, прежде всего сверхнормативная, активной части основных фондов приводит к частым поломкам и остановке оборудования. Как следствие всего этого увеличивается время его нахождения в ремонте. В результате снижается качество продукции и увеличиваются затраты на ее производство, что, в свою очередь, ведет к ее удорожанию и снижению на нее спроса.

Из-за быстрой смены поколений техники вследствие технического прогресса оборудование морально устаревает. На предприятии может скопиться значительная часть оборудования, не прошедшего полного срока эксплуатации, физически не изношенного, не перенесшего полностью свою стоимость на изготовленную с его помощью продукцию и не окупившего себя. Дальнейшая эксплуатация морально устаревшего оборудования не позволяет осваивать и производить современную, пользующуюся спросом продукцию.

Надежность основных фондов и работы оборудования может быть связана с возрастным составом основных фондов предприятия. Но она бывает обусловлена особенностью их изготовления или эксплуатации. Очевидно, что надежность знаний, как правило, выше, чем вычислительной техники, надежность кузнечно-прессового оборудования, выше, чем робототехники. Низкий уровень надежности оборудования нарушает технологический цикл, что может привести к явному, но еще хуже скрытому браку, снижению качества продукции. Обнаружение скрытого брака потребителем наносит и моральный, и экономический ущерб предприятию. Возврат бракованной продукции по стоимости надо приравнять к невостребованной продукции.

Режим использования производственных основных фондов предприятия также может быть причиной невостребованности продукции. Под режимом использования будем понимать соблюдение соответствия между фактическим и технологическим режимом работы основных фондов, соответствующих техническим нормам их эксплуатации. Так, если технологический процесс требует производства продукции только в первую смену, то ее выпуск во вторую смену приведет к ухудшению ее качества. Внеплановые остановки работ оборудования также отражаются на качестве продукции. Нередко предприятие вынуждено компенсировать время простоев нарушением технологии и дополнительной работой на данном оборудовании. Для целей анализа надо выделить:

- ♦ Несоблюдение режима работы производственных основных фондов по причинам, зависящим от предприятия. К ним относятся: низкий уровень управления, просчеты в планировании, недостаточное знание технологии производства и т.д.

- ♦ Несоблюдение режима работы производственных основных фондов по причинам, не зависящим от предприятия. Сюда относятся: аварийные остановки, отключение электроэнергии, забастовки и т.п.

Анализ влияния производственных основных фондов предприятия и их использования на риск не востребованности возможен только по группам основных фондов, так как они имеют различные нормативные сроки эксплуатации, режим работы, различный уровень надежности. Более того, степень их участия в производственном процессе неодинакова.

Еще одним фактором производства являются *производственные оборотные фонды*. Вместе с фондами обращения они образуют оборотные средства предприятия, среди которых большую роль играют материальные ресурсы или материалы. В их состав входят:

- ♦ основные материалы, т.е. сырье;
- ♦ вспомогательные материалы;
- ♦ запасные части для ремонта;
- ♦ комплектующие изделия;
- ♦ тара;
- ♦ строительные материалы;
- ♦ прочие материалы;
- ♦ отходы производства.

При превращении риска не востребованности в реальность предприятие несет убыток по всем видам материалов. На первый взгляд он складывается из прямых материальных затрат на потребленные в процессе производства продукции материалы. На самом деле существуют еще и возможные скрытые потери. Рассмотрим природу их появления.

Причинами риска не востребованности продукции, вызванного материальными ресурсами, могут быть следующие:

1. Вид материала.
2. Цена единицы материальных ресурсов.
3. Закупочная политика.
4. Отходы от производства.

Например, ввиду организационных или финансовых трудностей предприятие заменяет металлические корпуса на пластмассовые и производит партию электронных часов не в металлическом, как было запланировано, а в пластмассовом корпусе

при тех же технических параметрах изделия. Но спрос на пластмассовые часы ограничен в основном молодежной категорией покупателей. В результате и при более низкой цене значительная часть объема произведенных часов осталась нереализованной, и предприятие понесло убыток из-за замены материала. Сюда же можно отнести продажу товара без упаковки вместо упакованного и т.п. Итогом может стать не предполагаемая экономия, а потери, которые выявятся при более глубоком анализе объема продаж и конкурентоспособности изделия.

Замена материалов может отрицательно отразиться и на цене продукции, если заменяющие материалы дороже заменяемых. Тогда и при улучшении качества изделий спрос на них упадет, если разница в цене окажется существенной для потребителя.

Наиболее сложным представляется анализ влияния закупочной политики на риск невостребованности. Если предприятие следует современной закупочной политике, то оно старается приобретать материалы крупными партиями, что позволяет экономить на цене единицы ресурса.

Когда объемы производства продукции достаточно велики и она пользуется спросом, это дает возможность снизить цену реализации готовых изделий. Если объемы производства малы, то могут возникнуть две ситуации: или предприятие закупает материальные ресурсы в малом объеме, или их объем большой и рассчитан на несколько производственных циклов. При первой ситуации высокая цена на материалы повлечет за собой цену реализации готовой продукции, что даже при ее конкурентоспособности может стать причиной снижения покупательского спроса. Не лучше может оказаться и другая ситуация, при которой предприятие закупило ресурсы сверх объема, необходимого на один производственный цикл. При отсутствии или снижении спроса на продукцию по независящим от материальных ресурсов причинам их излишки принесут дополнительный экономический ущерб помимо того, который переносит на себе стоимость использованных на производство продукции материалов.

Даже увеличение объема реализации не приведет, как правило, к сокращению издержек, если материалы закуплены в больших количествах (штуках, тоннах, метрах и т.п.), так как прямые расходы на рабочую силу при этом не уменьшаются.

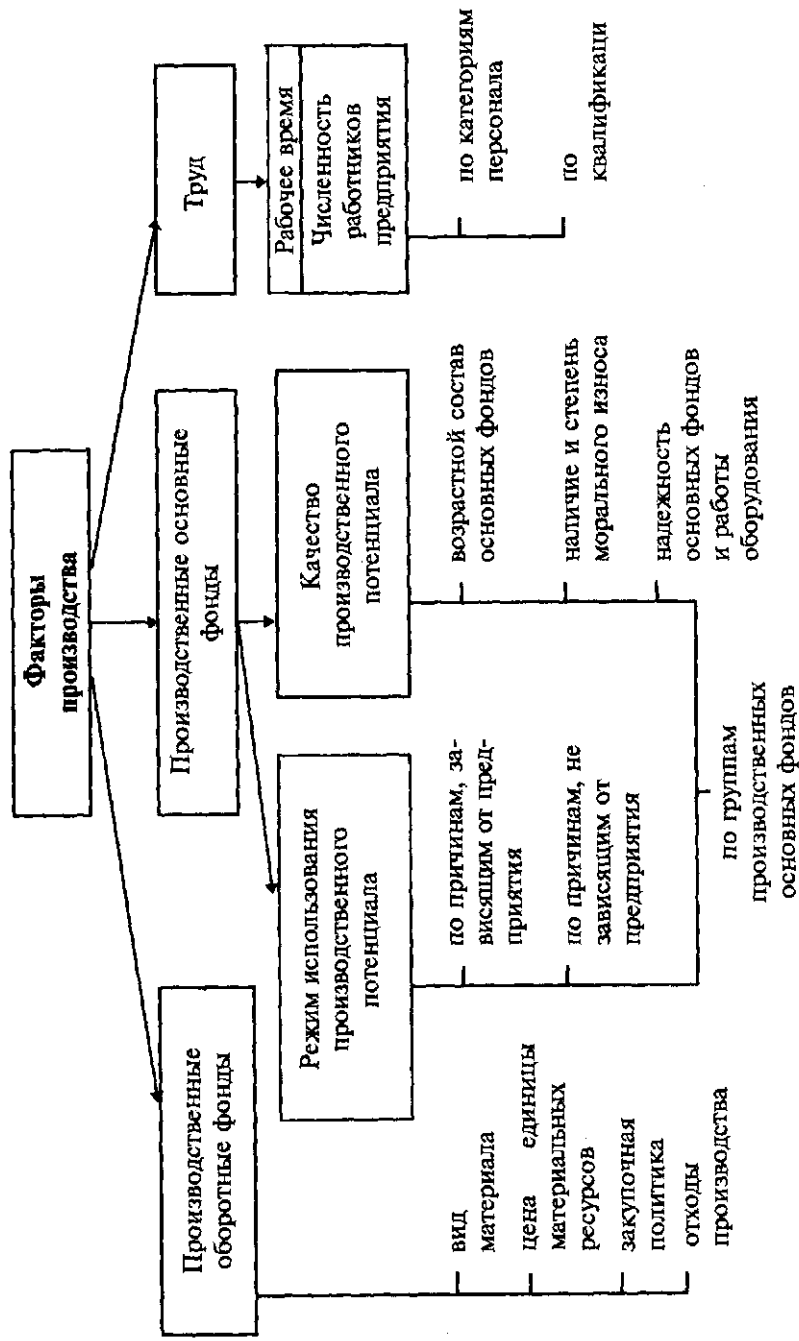


Рис. 9.4. Взаимосвязь причин возникновения риска и неадекватности производства и факторов производства

Одной из причин риска невостребованности вследствие удорожания продукции являются отходы материалов. В одних отраслях из-за особенности технологии и требований, предъявляемых к качеству конечной продукции, они планируются, в других — не планируются, но по различным причинам возникают. Основными причинами являются:

- ◆ нарушение технологического процесса производства продукции;
- ◆ замена материала, предусмотренного технологией;
- ◆ качество материала;
- ◆ квалификация персонала.

Они характерны и для образования сверхнормативных отходов.

Направления изучения причин возникновения риска невостребованности продукции по факторам производства представим на рис. 9.4.

◆ *Среда возникновения* риска невостребованности продукции порождает его внутренние и внешние причины.

Внутренние причины зависят от деятельности предприятия, его подразделений и отдельных работников. К ним относятся:

- ◆ недостаточная квалификация персонала;
- ◆ неправильная организация производственного процесса;
- ◆ неправильная организация снабжения предприятия материальными ресурсами;
- ◆ неправильная организация сбыта готовой продукции;
- ◆ нечеткое управление предприятием.

Опосредовано сюда же можно отнести качество поступивших материалов, качество производственного потенциала в той степени, в какой это зависит от конкретных работников предприятия, ответственных за данные участки работы и др.

Внешние причины, как правило, прямо не зависят от деятельности предприятия. Однако в ряде случаев они могут ею провоцироваться.

Например, плохо организованный документооборот на предприятии может привести к тому, что потребитель продукции из-за несвоевременного получения уведомления о готовности его заказа или об отгрузке в его адрес продукции израсходует финансовые ресурсы на другие цели. В результате и к производителю деньги поступят с опозданием.

Основными причинами, вызывающими риск невостребованности извне, являются:

- ♦ инженерно-конструкторские;
- ♦ платежеспособность потребителя;
- ♦ транспортные;
- ♦ организация работы и состояние финансовой системы;
- ♦ повышение процентных ставок по вкладам;
- ♦ социально-экономические;
- ♦ демографические;
- ♦ географические;
- ♦ нормативно-правовые;
- ♦ политические и другие.

Инженерно-конструкторские причины включают в себя уровень конструктивно-технологической проработки и соблюдения сроков сдачи технических условий на изделие. Если, например, нормативно-техническая документация на продукцию вовремя не поступила на предприятие-изготовитель, то может произойти задержка ее выпуска в сроки, соответствующие договорам с покупателям. За это время продукция устареет, появятся конкуренты и т.д. Возникает риск невостребованности продукции.

Неплатежеспособность потребителя может наступить или до момента отгрузки ему готовой продукции или когда продукция уже отгружена и поступила к нему.

В первом случае товар произведен, но остался у производителя. Если изготовитель реализует его, найдя другого потребителя, то риск невостребованности не превратится в реальность и не нанесет предприятию экономического ущерба.

Вторая ситуация существенно отличается от первой. У производителя нет ни товара, ни денег за него. Если у покупателя временные финансовые затруднения, то через некоторое время средства за отгруженную продукцию поступят на счет производителя. Если же ожидается длительная неплатежеспособность покупателя, то его долг производителю переходит в категорию безнадежной дебиторской задолженности. Это особенно опасно, когда число потребителей продукции ограничено или когда один из них является покупателем основной доли произведенной продукции.

Нечеткость работы транспортной сети или ограниченность доступности определенных видов транспорта может вызвать изменение круга потребителей продукции и падение спроса на нее.

Фактором риска невостребованности является и нечеткая работа финансовых структур. Замедление, например, денежного оборота между банками приводит к ограничению выбора потребителя по принципу ведения расчетов через один банк, банки-корреспонденты или ограниченное число банков, пользующихся надежной репутацией у клиентов.

При повышении финансовыми структурами процентных ставок по вкладам и депозитам возможно снижение спроса на продукцию с целью накопления средств для приобретения в дальнейшем товаров длительного пользования, более дорогих изделий. Эту тенденцию во избежание невостребованности важно учитывать производителю потребительских товаров.

Риск невостребованности вызывается и социально-экономической ситуацией в обществе и положением его членов — потребителей продукции всех видов. Например, на первом этапе перехода к рыночной экономике появилось множество мелких негосударственных производственных структур. По ряду объективных и субъективных причин эти структуры имели низкий социальный статус. В результате их продукция, даже когда она соответствовала потребностям покупателя, пользовалась ограниченным спросом. Предпочтение отдавалось продукции крупных государственных предприятий, пользующихся надежной репутацией в обществе, что характерно и для стран с развитой рыночной экономикой с поправкой лишь на форму собственности предприятия.

Снижение индивидуального спроса из-за ухудшения общего экономического положения населения вследствие резкого роста инфляции — одна из главных причин и составляющих социально-экономической ситуации в обществе. К невостребованности продукции ведут не только скачки инфляции или ее плавный рост, но и инфляционные ожидания. Опасение роста инфляции приводит к приобретению впрок товаров еще до момента ее роста. Затем же наступает спад спроса и некоторая его стабилизация. Это происходит на этапе роста инфляции. При ее стабилизации спрос увеличивается, но темпы роста спроса отстают от темпов роста инфляции, поскольку индексация доходов населения в процентном отношении ниже роста инфля-

ции. Таким образом образуется площадь, на которой риск невос- требованности продукции превращается в реальность (см. площадь между кривыми темпов инфляции и спроса на рис. 9.5).

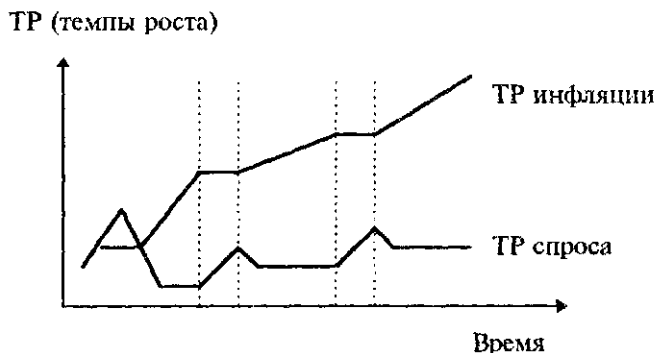


Рис. 9.5. Влияние инфляции на риск невосребованности продукции

Из-за разрыва в темпах роста площадь невосребованной продукции увеличивается. Эту опасную тенденцию необходимо учитывать предприятиям, чтобы правильно спланировать ассортимент и объемы производства, не расходовать зря ресурсы и реализовывать произведенную продукцию, которая должна быть конкурентоспособна по отношению к ввозимой из-за рубежа дешевой и нередко низкокачественной.

На риск невосребованности влияет и демографический фактор, особенно половозрастной состав потенциальных потребителей, если мы рассматриваем индивидуальный спрос. Демографический, социально-экономический факторы и платежеспособность потребителя тесно связаны между собой. Очевидно, что в сельской местности, где выше удельный вес старшей возрастной группы с низкими доходами (для России), будет и ниже или совсем отсутствовать спрос на современную дорогую бытовую технику. Завозить туда для реализации видеомагнитофоны или стиральные машины-автоматы более чем рискованно.

Демографический фактор пересекается с географией распределения потребителей, которая также может стать причиной риска невосребованности продукции. Различные географические зоны предъявляют специфические требования к техниче-

ским параметрам изделий. Повышение транспортных издержек вызывает рост цены на товар, а он — снижение спроса. Производитель должен выбрать: сохранить рыночный сегмент или уйти с него. В первом случае необходимо, проведя функционально-стоимостной анализ, попытаться снизить затраты на изделия, а, возможно, и цену, чтобы устранить действие социально-экономического фактора. Во втором возникают проблемы: а) завоевание нового рыночного сегмента; б) сохранение прежних объемов производства; в) возвращение впоследствии на прежний рынок, который к тому времени может быть занят кем-то другим.

Важны для производителя и нормативно-правовые факторы. Очевидно, что выгоднее производить продукцию и ее реализовывать при налоговых льготах. Льготы могут быть различными: на использование труда инвалидов, на некоторые виды деятельности и продукции и т.д. Но надо учитывать, что это внешний фактор, и он может внезапно перестать действовать как нормативно-правовой акт. Производитель должен быть к этому готов, чтобы в любом случае нижний уровень цены и объема производства покрывал затраты на изготовление и сбыт продукции. Тогда отмена налоговых льгот не вызовет резкого скачка цены, который повлечет невостребованность продукции.

Последний из включенных факторов — политический. В условиях политической нестабильности в нашей стране предприятие должно заранее проанализировать ситуацию в местах нахождения фактических и потенциальных потребителей продукции и не планировать крупные объемы производства и сбыта в рискованные зоны.

Все рассмотренные внешние факторы риска невостребованности тесно связаны между собой и прямо или косвенно влияют на внутренние факторы. Это обязательно должны учитывать специалисты экономических подразделений предприятия.

◆ Возникновение риска невостребованности продукции зависит от качества работы и взаимодействия *центров ответственности* предприятия.

В зарубежной учетно-аналитической практике такое понятие применяется в связи с соответствующей ему организацией учета затрат. При этом выделяют четыре основных типа центров ответственности:

- ♦ центры затрат;
- ♦ центры доходов;
- ♦ центры прибыли;
- ♦ центры инвестиций.

К каждому из них относятся определенные сегменты фирмы.

Аналогичный подход вполне возможен и для отечественных предприятий, имеющих собственный опыт формирования организационных структур, ответственных за определенные участки работы и различающихся в связи с отраслевой и технологической спецификой.

Таковыми центрами ответственности могут стать:

- ♦ снабжение;
- ♦ производство;
- ♦ складирование;
- ♦ сбыт;
- ♦ инженерное обеспечение;
- ♦ плановый;
- ♦ финансово-экономический;
- ♦ управление.

Традиционно они носят названия отделов и управлений.

Например, отдел снабжения отвечает за своевременное обеспечение предприятия необходимым сырьем в достаточном количестве, производственный отдел несет ответственность за выпуск продукции в соответствии с запланированным, центр складирования (центральный склад) — за сохранность и ритмичный отпуск в производство сырья, а также за хранение готовой продукции и ее доводку до стадии реализации, если в его функции входит комплектация заказов, упаковка, маркировка изделий. Отдел, ответственный за сбыт (маркетинговый), определяет количество изделий, подлежащих продаже за период, выбирает наиболее выгодные каналы товародвижения. Инженерное обеспечение осуществляется техническим отделом или службой (отделом главного технолога). Он отвечает за техническое состояние основных фондов, технологии и т.п. Плановый отдел готовит варианты плановых заданий для принятия управленческих решений. Финансово-экономический отдел отвечает за использование наиболее дешевых финансовых ресурсов для обеспечения жизнедеятельности предприятия, за выгодное размещение свободных денежных средств, учитывает и анализиру-

ет затраты. Совет директоров несет полную ответственность за правильность принятых решений, соответствие текущих решений стратегическим целям развития.

При этом каждому центру ответственности подчиняется одно или несколько структурных подразделений, в которых формируются затраты.

♦ *Центры затрат* являются одним из факторов возникновения риска невостребованности продукции.

Затраты возникают на каждом этапе разработки, освоения, производства, хранения и реализации продукции во всех структурных подразделениях предприятия. Для статистического контроля затрат необходимо вначале определить производственные центры или участки, на которых осуществляются производственные операции. Они могут быть сгруппированы, например, следующим образом:

- ♦ производство, в том числе заготовительное производство;
- ♦ отделка;
- ♦ сборка;
- ♦ упаковка.

Каждая группа включает производственные участки в зависимости от особенностей технологического процесса, которые обычно объединены в цеха. В цехе заготовительного производства могут быть участки: токарный, штамповки, литья и другие. Цех изготовления кристаллов включает участки: фотолитографии, термический, тестовых измерений, скрайбирования. Отделочный цех может состоять из участков покраски, напыления, художественного оформления. Такая группировка затрат по центрам их возникновения позволяет легко определить:

- ♦ затраты каждого производственного участка по изделиям;
- ♦ долю затрат каждого участка в общей сумме затрат на изделие;
- ♦ ответственного за отклонения в издержках от нормативной величины.

Когда продукция предприятия не пользуется спросом из-за действия внутренних факторов, желательно проанализировать не только те центры, которые ответственны за это, и те центры, где формируются затраты, но и выявить конкретных людей, являющихся виновниками происходящего.

◆ Группирование риска невостребованности по *виновникам возникновения* позволяет, во-первых, предупредить его появление на будущее. Это особенно важно, если продукция не была реализована из-за ее плохого качества вследствие низкой квалификации работников, закупки некачественного или несоответствующего запланированному виду материала или халатности персонала. Во-вторых, появляется возможность частичного возмещения ущерба, понесенного предприятием, при невостребованности продукции из-за этих причин.

◆ Фактором риска невостребованности могут быть *производственные условия*. Например, производственная деятельность осуществляется на полностью автоматизированном, частично автоматизированном оборудовании, с помощью машин и механизмов или вручную. Очевидно, что и качество продукции зависит от этого. В первом случае будет меньше отступлений от стандартов, чем в остальных. Следовательно, вероятность возникновения риска невостребованности из-за низкого качества продукции больше там, где отсутствует автоматизация, существуют устаревшие производственные условия: здания, оборудование и т.д. Именно на производственные условия участков при отказе покупателя от продукции необходимо обратить внимание в первую очередь.

◆ *Время возникновения* риска невостребованности продукции тесно связано с ее жизненным циклом, поэтому будем его трактовать именно в такой связи. Выделим следующие этапы жизненного цикла продукции (рис. 9.6)

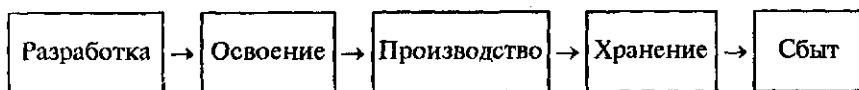


Рис. 9.6. Этапы жизненного цикла продукции на предприятии-изготовителе

На каждом этапе существуют специфические причины возникновения риска, методы сбора информации, методы и показатели анализа, способы избежания риска, пути преодоления и возможные последствия риска невостребованности продукции.

Одновременно надо учитывать действие жизненного цикла готовой продукции, т.е. товара. Исследование рынка с присущими ему чертами — конкурентностью, емкостью и другими уже на этапе подготовки продукции позволит подготовить к производству изделия, отвечающие желаниям потребителей, и вывести их на рынок с должным качеством и в количестве, которое рынок может принять.

Для этого при конструировании изделия предпочтительны методы функционально-стоимостного анализа. На других этапах жизненного цикла продукции могут применяться иные специфические методы предварительного, текущего и последующего экономического анализа.

Чем позже относительно каждой стадии жизненного цикла продукции производится экономико-статистический анализ, тем позже мы обнаружим риск, возникший на его ранних этапах, что может вызвать отрицательные финансовые последствия для предприятия.

♦ По времени обнаружения риска невостребованности продукции можно выделить три периода: предшествующий, текущий и последующий ее производству.

Лучше всего, если изготовитель обнаружит риск в предшествующем производству периоде в процессе предварительного для данного этапа анализа, когда предприятие еще не понесло производственные затраты. Тогда экономический ущерб будет включать издержки на исследование рынка, разработку изделия и некоторые другие. Инструментом анализа служит табл. 9.3. Сопоставление ее данных в динамике за ряд периодов позволит увидеть и тенденцию спроса, и квалифицированность работников планового отдела.

Обнаружение риска в процессе изготовления продукции может серьезно пошатнуть финансовое состояние предприятия, если невостребованной окажется продукция, имеющая значительную долю в объеме производства предприятия. При этом в сумму ущерба кроме уже отмеченных войдут издержки на подготовку, освоение, производство и частичную реализацию продукции.

Таблица 9.3. Планирование важнейших видов продукции

№ п/п	Вид про- дукции	Выполнение плана по реали- зации в предстоящем перио- де, %				Планируемый объем производства				Плановый темп роста объема производства		Фактическое отклонение от плана в предстоящем периоде, %				Темп прироста объема продукции на предстоящий период	
		по ко- личес- тву	по сто- и- мос- ти	в том числе по сто- и- мос- ти	по ко- личес- тву	по сто- и- мос- ти	в том числе с учетом спро- са	по ко- личес- тву	по сто- и- мос- ти	по ко- личес- тву	по сто- и- мос- ти	по реализации	по учетному спросу		по коли- честву	по коли- честву	по стои- мости
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Хуже всего обнаружить наличие риска, а тем более отсутствие спроса, когда изготовлена вся партия продукции. Это может привести предприятие к банкротству.

Данная группировка вызывает специфические для каждого временного периода управленческие решения.

В первом периоде можно не приступать к производству рискованной продукции и заменить запланированный объем выпуском других изделий.

Во втором периоде еще можно внести изменения в дизайн, конструкцию, цену изделия в соответствии с пожеланиями потребителя.

В третьем периоде — остается думать лишь о сохранении финансовой устойчивости фирмы.

♦ Один из важных классификационных факторов — *вид продукции*. Продукция является носителем издержек производства и через ее реализацию происходит их возмещение. Поэтому для предупреждения риска невостребованности надо знать не только, что и в каком объеме готово для продажи, но и на каком этапе жизненного цикла находится конкретная ассортиментная позиция.

В качестве инструмента анализа можно предложить для этого шахматную таблицу, в которой по строкам показываются важнейшие виды продукции предприятия. По графам их объемы распределяются по стадиям ее жизненного цикла. Итоговая графа может содержать управленческое решение по дальнейшему производству изделий каждого вида. По итоговой строке можно подсчитать объемы продукции важнейших позиций номенклатурного плана на каждом этапе ее жизненного цикла (табл. 9.4). Это позволит своевременно внести изменения в производственную программу предприятия и уточнить возможное изменение сбыта продукции.

♦ Классификация риска невостребованности продукции по *потребителю* важна, поскольку он является субъектом, возмещающим издержки на ее реализацию. И чем скорее станет ясно, где возникает риск, в какой сумме экономического ущерба он выражается, каковы его тенденции и степень устойчивости в динамике, тем быстрее будут приняты меры для его избежания в дальнейшем. Облегчает такой поиск и анализ таблицы 9.5.

Таблица 9.4. Выпуск важнейших видов товарной продукции по стадиям ее жизненного цикла (в неденоминированных ценах)

№ п/п	Вид продукции	Освоение производ- ства, тыс. руб.	Производство, тыс. руб.				Управленческое решение
			Выведе- ние на рынок	Утвержде- ние на рынке	Зрелость	Падение спроса (реали- зации)	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Платье хлопчатобумажное арт. 85003455				190		Модификация
2	Платье детское хлопчатобумажное арт. 21711Б70			26			Продолжить производ- ство
3	Брюки хлопчатобумажные арт. 17289Б37					63	Снять с производства
4	Блузка арт. 23742А98		70				Следить за спросом
5	Брюки шерстяные арт. 17289Б40				80		Модификация

Продолжение табл. 9.4

1	2	3	4	5	6	7	8
6	Комплект -- сувенир	173					Запуск в производство
7	Спортивные трусы арт. 85003275					17	Снять с производства
8	Постельное белье арт. 85003470				70		Продолжить производство
9	Белье арт. 85003456					33	Снять с производства
Итого на этапе:		173	70	26	340	113	722
% к итогу:		23,96	9,70	3,60	47,09	15,65	100
		37,26		62,74		100	

Таблица 9.5. Распределение важнейших видов товарной продукции по потребителям

Потребители продукции	Важнейшие виды товарной продукции, тыс. руб.					Итого по потребителю, тыс. руб.
	А	Б	В	Г	...	
1. Предприятие						
2. База						
3. Магазин						
4. ...						
Итого продукции						

◆ При выявлении риска не востребоваемости продукции тщательному анализу должны быть подвергнуты **каналы сбыта**. Если риск обнаружен и существует тенденция к его устойчивости, следует углубить анализ, изучив рискованные каналы по способам, времени реализации, месту расположения относительно потребителя, уровню цен на продукцию, поставляемую предприятием. Без подобного анализа предприятие не сможет, не имея объективной информации, правильно построить свою ассортиментную политику. Инструментом анализа и здесь служит таблица (табл. 9.6).

◆ Для избежания и уменьшения риска не востребоваемости продукции необходимо знать, каков **спрос на продукцию**, производимую предприятием, и влияющие на него факторы, называемые детерминантами спроса. Их следует сгруппировать, выделив внешние и внутренние.

К внешним факторам спроса относятся объем предложения данного товара на рынке, тип продукции, число разновидностей товаров на рынке, уровень доходов потребителей, ожидания потребителей относительно будущего изменения доходов и цен на товары, потребительские предпочтения или вкусы, полезность данного продукта, число покупателей на рынке, цена товара и др. Они являются преимущественно неуправляемыми со стороны производственного предприятия. Тем не менее менеджер должен глубоко анализировать внешние детерминанты

спроса для прогнозирования его тенденций и снижения риска не востребоваемости продукции.

Таблица 9.6. Каналы сбыта важнейших видов товарной продукции

<i>Каналы сбыта</i>	<i>Важнейшие виды товарной продукции, тыс. руб.</i>					<i>Управленческое решение</i>
	<i>А</i>	<i>Б</i>	<i>В</i>	<i>...</i>	<i>Итого продукции</i>	
1. Производитель-потребитель (по прямым связям) — всего, в том числе: завод—завод другие						
2. Оптовая торговля						
3. Мелкий опт						
4. Розничная торговля						
Итого по виду продукции						

Внутренними факторами спроса на продукцию предприятия являются ее цена относительно суммы покрытия затрат на производство и ценовой политики, качество продукции, квалификация персонала, качество оборудования и материальных ресурсов, научно-технический уровень производимой продукции и т.д. Они относятся к управляемым факторам, прямо или косвенно влияющим на величину спроса на продукцию предприятия и, следовательно, показатели риска ее не востребоваемости.

Предложенная классификация не претендует на единственность в поиске причин, факторов не востребоваемости продукции и путей ее избежания. Она не затрагивает всех видов и сторон предпринимательской деятельности, таких, как торговля, услуги, производство новой продукции, где есть свои спе-

цифические особенности. Она лишь позволяет быстрее определить наличие риска невостребованности продукции и подойти к проблеме экономической оценки ее последствий.

Проведем анализ ситуации, сложившейся в одном из швейных цехов АО «Смена», по данным табл. 9.4.

Чуть больше трети продукции (37,26 %) находится на стадиях освоения производства, вывода и утверждения на рынке. Это не покрывает даже ее объема, заключенного в стадии зрелости. Если же учесть и продукцию, спрос на которую падает, то очевидно, что на предприятии сложилась сложная ситуация: через определенный период времени изделия из стадии зрелости перейдут в стадию падения спроса. Стоимостной же объем продукции первых трех стадий жизненного цикла, равный 269 тыс. руб., не сможет компенсировать потери реализации в размере 340 тыс. руб., или 47,09 %, а тем более 62,47 % ее объема, производимого в анализируемом периоде.

Таким образом, предприятие находится в зоне высокого риска как по объему, так и по числу позиций ассортиментного плана, поскольку к последним по результатам управленческого решения отнесено пять из девяти видов продукции — 1-й, 3-й, 5-й, 7-й и 9-й. Это составляет 55,5 % ассортимента швейных изделий цеха, что ниже общего числа позиций, попавших на стадии зрелости и падения спроса благодаря устойчивому спросу на постельное белье.

При небольшом по широте ассортименте или по сгруппированным данным целесообразно применение графического метода анализа (рис. 9.7).

Рисунок иллюстрирует существенное отличие фактических данных (кривая А) от теоретического варианта (кривая Б), имеющего вид кривой нормального распределения.

Это подтверждает вывод об ошибочной ассортиментной политике предприятия и наличии высокого уровня риска невостребованности продукции.

Выявление риска невостребованности продукции по потребителю и по каналам сбыта возможно не только по схеме, приведенной в табл. 9.5 и 9.6.

При наличии прямых связей целесообразно ранжировать потребителей в порядке возрастания или убывания объема реализации. В табл. 9.7 распределим по возрастанию оборота по реализации потребителей продукции АО «Смена» за месяц.

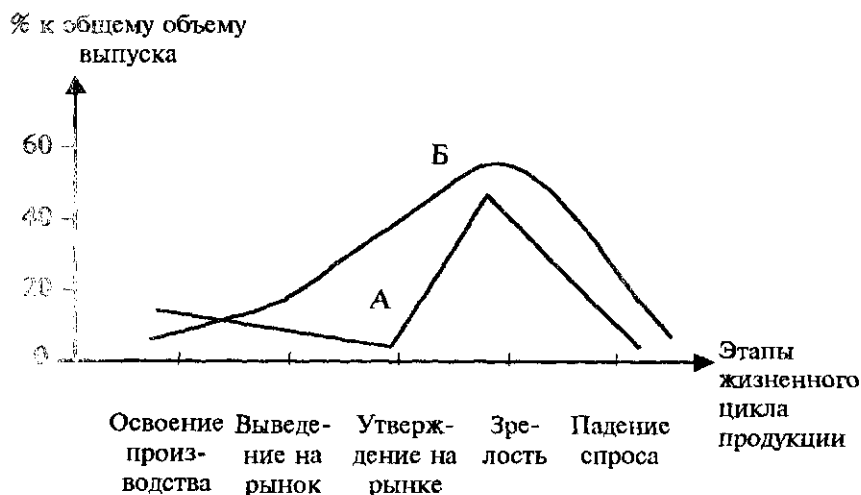


Рис. 9.7. Выпуск важнейших видов товарной продукции по стадиям ее жизненного цикла

А — в швейном цехе АО «Смена»;
Б — нормальная ситуация.

Таблица 9.7. Потребители готовой продукции АО «Смена»
(в неденоминированных ценах)

Потребитель	Объем реализации за месяц, тыс. руб.
1	2
1. ТОО «Бемби», г. Дмитров	14686
2. ТОО «Все для Вас», г. Балашиха	17750
3. АОЗТ «Детский мир», г. Брянск	23391
4. АОЗТ «Зенит», г. Крымск	23860
5. Раменское потребительское общество	24105
6. ТООТ «Детский мир», г. Тамбов	28689
7. АОО «Детский мир», г. Старый Оскол	30479
8. ТОО «Звездочка», ф. 16	32935
9. ТОО «Бемби», г. Москва	34182
10. ОАО «Москва», универмаг	34300
11. ТОО «Кумир»	36100

Продолжение табл. 9.7

1	2
12. ТОО «Гусар»	36800
13. ТОО «Мечта»	39600
14. ТОО «Тимур»	42254
15. ТОО «Надежда»	43590
16. АООТ «Детский мир», склад №1	45361
17. ТОО «Орленок», ф.27	45538
18. Военторг, г. Щелково	49850
19. АТП магазин №5 «Искра»	50985
20. АОДТ «Краснопресненский»	54850
21. АО Торговый дом «ГУМ»	63250
Итого:	772555

При большом числе потребителей в целях обозримости ряда и возможности принятия управленческого решения следует сгруппировать данные в несколько групп. Для этого можно использовать формулу расчета интервалов:

$$i = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{n}, \quad (9.11)$$

где i — величина интервала в соответствующих единицах измерения;

$R_{\max}$ — максимальное значение признака;

$R_{\min}$ — минимальное значение признака;

n — желаемое число групп.

Для нашего примера возьмем 5 групп.

Тогда:

$$i = \frac{63250 - 14686}{5} = 9712,8 \approx 9713.$$

Построим в табл. 9.8 интервальный ряд распределения потребителей АО «Смена» по объему реализации и вычислим объем реализации за месяц в каждой группе и ее долю в процентах к итогу.

Из табл. 9.8 видна высокая равномерность распределения объемов реализации готовой продукции АО «Смена» по ее потребителям, которыми преимущественно являются крупные детские торговые фирмы и магазины. Это свидетельствует о не-

значительном уровне риска по данному признаку, так как даже потеря наиболее крупного потребителя не вызовет существенного снижения оборота предприятия по реализации. Таким образом на нем осуществляется правильная сбытовая политика.

Таблица 9.8. Потребители готовой продукции АО «Смена»

Объем реализации за месяц, тыс. руб.	Число по- требите- лей	Объем реализации за месяц по группе	
		тыс. руб.	% к итогу
14 685 — 24 398	5	103 792	13,43
24 398 — 34 111	3	92 103	11,92
34 111 — 43 824	7	266 826	34,54
43 824 — 53 537	4	191 734	24,82
53 537 — 63 250	2	118 100	15,29
Итого:	21	772 555	100

В нашем примере сбыт товарной продукции осуществляется по одноканальной схеме: производитель — розничная торговля.

Это облегчает процесс управления им и снижает риск невостребованности продукции за счет наличия прямой связи между производителем и потребителем продукции.

В каждом конкретном случае менеджер может адаптировать аналитические таблицы применительно к специфике деятельности своего предприятия.

Влияние трудового фактора на риск невостребованности продукции

Наличие риска невостребованности по фактору «труд» можно определить, изучив соответствие среднего тарифного разряда рабочих и среднего тарифного разряда выполняемых ими работ, т.е. соответствие квалификации рабочих и сложности работ. Рассмотрим пример (табл. 9.9).

Таблица 9.9. Соответствие квалификации рабочих сложности работ¹

Разряд рабочего (x_i)	Разряд работы (y_i)						
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	Итого Σx_i
1-й	6	6					12
2-й	2	4	20				26
3-й			6	22			28
4-й			12	10	8		30
5-й				6	6	6	18
6-й					2	4	6
Итого Σy_i	8	10	38	38	16	10	120

Средний тарифный разряд рабочего ($\bar{x}$) и средний тарифный разряд работы ($\bar{y}$) определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum x_i \cdot f_i}{\sum f_i} \\ \bar{y} &= \frac{\sum y_i \cdot f_i}{\sum f_i} \end{aligned} \right\}, \quad (9.12)$$

где x_i — номер разряда в разрядной сетке, принятой на предприятии;

f_i — число рабочих i -го разряда.

y_i — номер разряда работы.

Тогда:

$$\bar{x} = \frac{1 \cdot 12 + 2 \cdot 26 + 3 \cdot 28 + 4 \cdot 30 + 5 \cdot 18 + 6 \cdot 6}{120} = \frac{394}{120} = 3,28;$$

$$\bar{y} = \frac{1 \cdot 8 + 2 \cdot 10 + 3 \cdot 38 + 4 \cdot 38 + 5 \cdot 16 + 6 \cdot 10}{120} = \frac{434}{120} = 3,62.$$

¹ В настоящее время для внебюджетных предприятий и организаций норматив разрядов рабочих и работ директивно не устанавливается. Предприятие тем не менее с учетом имеющегося опыта нормирования, особенностей технологии производства и других факторов, а также в связи с необходимостью оценки затрат труда, его оплаты и т.д. разрабатывает показатели, позволяющие определить и оценить сложность работ самостоятельно. На наш взгляд, применявшаяся ранее 6-разрядная (в отдельных отраслях 8-разрядная) сетка может быть признана наиболее приемлемой, так как не сужает и не размывает диапазон сложности работ по числу разрядов и позволяет соблюдать принцип преемственности экономической информации.

Соотношение разрядов рабочих и выполняемых работ можно назвать индексом соответствия и записать следующим образом:

$$i_{\text{соответствия}} = \frac{\bar{x}}{\bar{y}}, \quad (9.13)$$

где $\bar{x}, \bar{y}$ — средний разряд рабочих, работ.

Имеющиеся расхождения между средним тарифным разрядом рабочих и выполняемых ими работ не очень значительны. Однако из табл.9.9. видно, что только в 36 случаях из 120, что составляет 30%, разряды рабочих и выполняемых ими работ совпадают. Это соответствие не трудно проследить по диагонали из верхнего левого к нижнему правому углу. Частота несовпадения выше этой диагонали (62 случая, или 51,7% от общего числа) свидетельствует о возможности появления риска невосребованности продукции из-за снижения ее качества вследствие отставания квалификации от сложности работы. В 22 случаях (18,3%) они группируются ниже диагонали соответствия, т.е. рабочие выполняют работы ниже своей квалификации. При оплате их труда по уровню квалификации это вызовет рост затрат на производство продукции по сравнению с запланированной величиной себестоимости, возможное удорожание готовой продукции и возникновение по данной причине риска невосребованности.

Чем ближе индекс соответствия к единице, тем меньше риск невосребованности продукции. Разница между единицей и величиной индекса соответствия показывает размер несоответствия разрядов рабочих и работ. Для нашего примера:

$$i_{\text{соответствия}} = \frac{3,28}{3,62} = 0,906;$$

$$i_{\text{несоответствия}} = 1 - i_{\text{соответствия}} = 1 - 0,906 = 0,094.$$

Можно построить цепочку показателей взаимосвязи несовпадения разрядов рабочих и выполняемых ими работ с результатами деятельности предприятия (рис. 9.8).

Формализуем связь показателей, представленных на рис. 9.8. Введем для этого условные обозначения.

f_a — число случаев, в которых разряд рабочих ниже разряда работ;

f_b — число превышения разрядов рабочих над разрядом работ;

$\sum f$ — общее число рабочих;

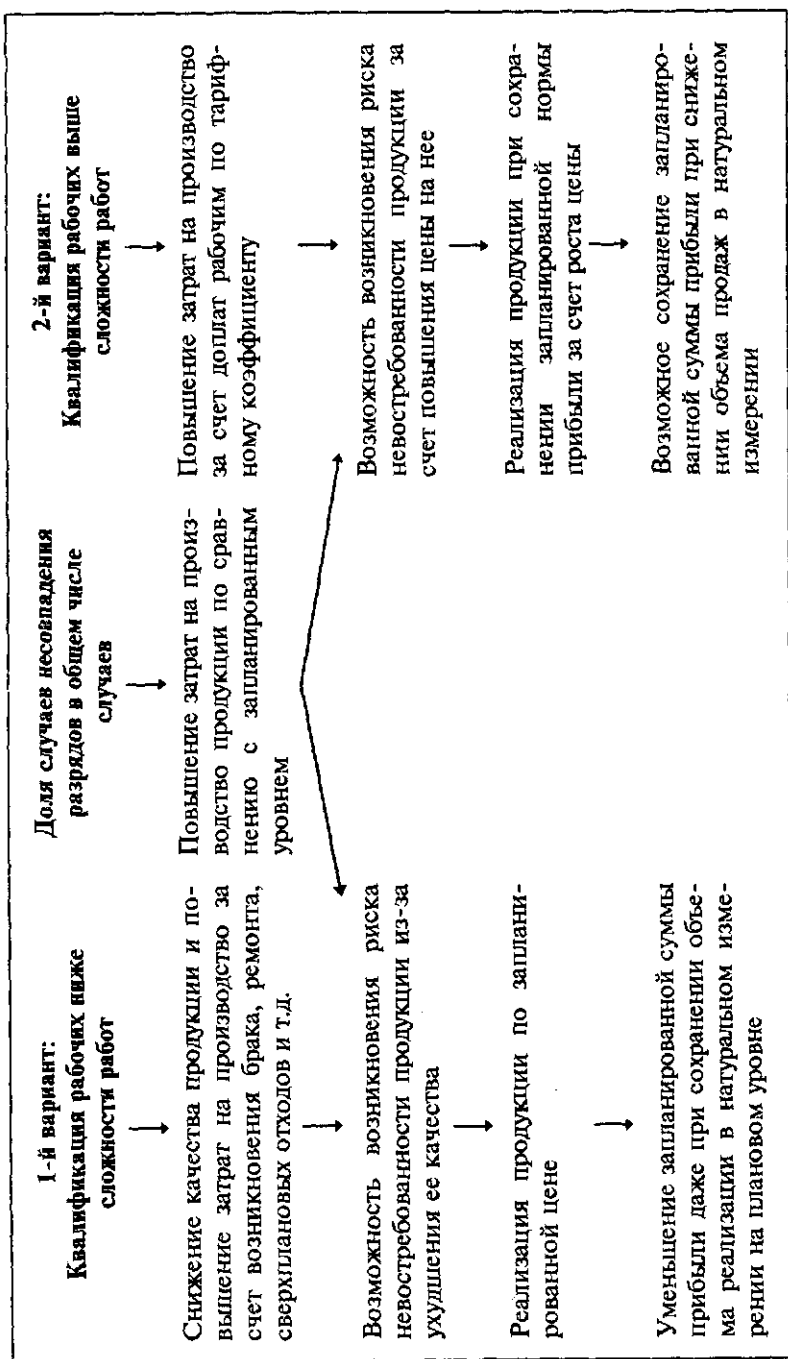


Рис. 9.8. Связь квалификации рабочих с возникновением риска неостребованности продукции и показателями деятельности предприятия

- q — количество единиц продукции данного вида, шт;
 Q — общий объем продаж, ден. ед.;
 ΔQ — фактическое изменение объема продаж по сравнению с запланированным (+, —), ден. ед.;
 P — цена единицы продукции, ден. ед.;
 ΔP — изменение цены единицы продукции, ден. ед.;
 Z — затраты на производство, ден. ед.;
 $Z_k, Z_{от}, Z_t$ — дополнительные затраты на восстановление запланированного уровня качества из-за возникновения сверхплановых отходов, возникновения доплат по тарифу, ден. ед.¹;
 GP — валовая прибыль, ден. ед.;
 пл., 1 — указатели расчетного периода — планового, отчетного.

Представим формализованную схему (рис. 9.8) в таблице (табл. 9.10).

Таблица 9.10. Связь квалификации рабочих с риском невостребованности продукции и финансовым результатом деятельности предприятия

1-й вариант: $\bar{x} < \bar{y}$ $\frac{f_a}{\sum f} > 0$ ↓	$\leftarrow \frac{f_a + f_e}{\sum f} > 0 \rightarrow$ ↓	2-й вариант: $\bar{x} < \bar{y}$ $\frac{f_e}{\sum f} > 0$ ↓
$Z_1 = Z_{пл} + Z_k + Z_{от},$ $Z_1 > Z_{пл}$ ↓	$\leftarrow Z_{пл} < Z_1 \rightarrow$	$Z_1 = Z_{пл} + Z_t,$ $Z_1 > Z_{пл}$ ↓
$Q_1 < Q_{пл},$ $Q_1 = Q_{пл} - \Delta Q$ ↓		$Q_1 \leq Q_{пл}$ ↓
$Q_1 = \sum q_1 \cdot P_{пл},$ где $P_1 = P_{пл}$ ↓		$Q_1 = \sum q_1 \cdot P_1,$ где $P_1 > P_{пл}$ ↓
$GP_1 < GP_{пл},$ так как $GP = Q - Z$		$GP_1 \leq GP_{пл}$ — в зависимости от размера ΔP

¹ На практике перечень дополнительных затрат может быть значительно шире, что увеличивает фактическую себестоимость продукции.

Подобная формализация возможности возникновения риска не востребоваваемости продукции позволяет определить, за счет чего и насколько отклонились фактические показатели производственной себестоимости, объема продаж, прибыли от запланированных вследствие несовпадения квалификации рабочих и сложности выполняемых ими работ. Проследим это на примере первого варианта.

$$GP_1 < GP_{пл}, \text{ так как } GP_1 = Q_1 - Z_1, \text{ но } Q_1 = Q_{пл} - \Delta Q, \text{ а } Z_1 = Z_{пл} + (\Delta Z_k + \Delta Z_{от}).$$

Тогда:

$$\begin{aligned} GP_1 &= (Q_{пл} - \Delta Q) - (Z_{пл} + \Delta Z_k + \Delta Z_{от}) = \\ &= (Q_{пл} - Z_{пл}) - (\Delta Q + \Delta Z_k + \Delta Z_{от}) = \\ &= GP_{пл} - (\Delta Q + \Delta Z_k + \Delta Z_{от}) = GP_{пл} - \sum \Delta, \end{aligned}$$

где $\sum \Delta$ — суммарное уменьшение фактической величины прибыли из-за не востребоваваемости продукции, исправления исправимого брака и наличия сверхплановых отходов производства.

Таким образом плановая прибыль уменьшается на величину затрат на выпуск произведенной, но не потребовавшейся продукции, и дополнительных затрат на поддержание запланированного уровня качества и сумму сверхплановых отходов производства.

Отношение $\frac{\sum \Delta}{GP_1}$ покажет долю уменьшения фактической прибыли за счет действия факторов, возникших вследствие несоблюдения планового уровня квалификации рабочих.

На практике круг таких факторов может быть достаточно широк. Методика расчета их влияния на финансовые результаты деятельности предприятия должна в каждом случае конкретизироваться.

Рассмотрим теперь второй вариант несовпадения квалификации рабочих и сложности работ, при котором разряд рабочих выше разряда выполненных ими работ.

За счет доплаты рабочим по тарифу, соответствующему их квалификации, повышается производственная себестоимость продукции на величину ΔZ_r . Это повышение компенсируется ростом цены реализации готовой продукции, что становится

причиной возникновения риска ее невостребованности и может вызвать снижение фактической прибыли по сравнению с запланированной, или:

$$GP_1 \leq GP_{пл.}$$

Пусть $GP_1 = Q_1 - Z_1$, но $Q_1 = \sum q_1 \cdot P_1$, где $P_1 > P_{пл.}$, а $q_1 = q_{пл.}$

$$\sum q_1 \cdot P_1 = \sum q_{пл.} \cdot (P_{пл.} + \Delta P) = \sum q_{пл.} \cdot P_{пл.} + \sum q_{пл.} \cdot \Delta P.$$

$$\text{Но } GP_1 = Q_1 - Z_1 = \sum q_{пл.} \cdot P_{пл.} + \sum q_{пл.} \cdot \Delta P - (Z_{пл.} + \Delta Z_T) = \sum q_{пл.} \cdot P_{пл.} - Z_{пл.} + \sum q_{пл.} \cdot \Delta P - \Delta Z_T,$$

где $\sum q_{пл.} \cdot P_{пл.} - Z_{пл.} = GP_{пл.}$;

$\sum q_{пл.} \cdot \Delta P - \Delta Z_T$ — разность между приростом выручки от реализации за счет надбавки к запланированной цене на запланированный объем продукции и дополнительными затратами на оплату труда.

Предприятие получает прибыль, если $q_{пл.} \cdot P > Z_T$ при $q_1 = q_{пл.}$, так как повышенные затраты на оплату труда будут в большей мере компенсированы ростом выручки от реализации продукции.

Если $\sum q_{пл.} \cdot \Delta P = \Delta Z_T$, то $GP_1 = GP_{пл.}$, т.е. для того, чтобы фактическая прибыль была на уровне запланированной, необходимо адекватное соответствие роста выручки от реализации продукта за счет прироста цены росту расходов на оплату труда.

Если $\sum q_{пл.} \cdot \Delta P < \Delta Z_T$, то предприятие терпит убыток даже при условии реализации всего запланированного объема производства.

Когда вследствие роста цены остается невостребованная продукция, величина ущерба, понесенного предприятием, складывается из плановых затрат на ее производство и части Z_T некомпенсированной приростом цены.

Подобный аналитический подход является инструментом не только выявления факторов снижения прибыли из-за несоответствия квалификации рабочих и сложности выполняемых ими работ, но и оперативного управления сложившейся ситуацией. Он позволяет определить возможные и фактические отклонения от плана затрат, объема реализации, прибыли, рассчитывать оптимальную надбавку к цене, позволяющую покрыть дополнительные затраты и необходимый объем произ-

водства и продаж в соответствии со стратегией, избранной предприятием.

К изучению влияния фактора «труд» на риск не востребоваемости продукции можно подойти и с другой позиции — с точки зрения его физической, временной величины. Тогда в случае возникновения риска или при наличии не востребовавшейся, но произведенной продукции следует время, использованное на ее изготовление, разделить на две части — возмещенное и потери времени. Необходимо сделать следующее уточнение: под возмещенным понимается часть времени, затраченная на производство продукции и покрытая выручкой от реализации этой продукции. Потери — это время, использованное также для производства продукции, но не нашедшей спроса и потому не оплаченное потребителем, т.е. не возмещенное выручкой от продажи¹. Таким образом, несмотря на то, что затрачен полезный труд, так как произведена годная продукция, он становится для производителей потерей части выручки от реализации продукции и прибыли.

Поскольку учет отработанного времени рабочих и других категорий промышленно-производственного персонала (специалистов, служащих), также связанных с изготовлением продукции, ведется по-разному, необходимо иметь это в виду при построении схемы взаимосвязи затрат труда на производство не востребовавшейся продукции с результатами деятельности предприятия и выборе аналитических показателей.

Влияние основных производственных фондов на риск не востребоваемости продукции

Менеджер должен определить величину ресурсов, условно потерянных предприятием.

Обозначим через $Z_{\text{оф}}$ затраты, связанные с наличием и использованием основных производственных фондов. Тогда $\Delta Z_{\text{оф}}$ — затраты основных производственных фондов, содержащиеся в не востребовавшейся продукции.

¹ См., например, Фридман П. Контроль затрат и финансовых результатов при анализе качества продукции — М.: Аудит, ЮНИТИ, 1994. — С. 39. В соответствии с принятой в отечественной экономике терминологией этот показатель носит название «фактического объема производства в нормочасах».

Частное $\frac{\Delta Z_{\text{оф}}}{\Delta Q}$ представляет собой удельный расход стоимости основных производственных фондов промышленного предприятия на единицу стоимости невостребованной продукции.

Расчет числителя сложен по ряду причин.

Первая из них заключается в том, чтобы определить, связана ли невостребованность конкретной продукции с производственным потенциалом предприятия.

Вторая состоит в необходимости исчисления стоимостной величины затрат основных производственных фондов определенного вида, содержащихся в стоимости невостребованной продукции.

Для решения этих проблем прежде всего следует разработать программу исследования, которое должно охватить две сферы деятельности — производственную и сбытовую. Это позволяет и делает необходимым выделение двух автономных блоков — объектов анализа: производственного и сбытового. В соответствии с этим, несмотря на общность цели и наличие общего предмета исследования — невостребованной продукции, в каждом блоке будет свой предмет: в производственном — основные промышленно-производственные фонды, в сбытовом — продукция, предназначенная для реализации, или — товар. Взаимосвязь данных аналитических блоков и соответствующих им предметов исследования с решаемой задачей покажем на схеме (рис. 9.9).

Для анализа их взаимосвязи необходимо иметь информационную базу. Ее создание различается в зависимости от предмета исследования.

Сведения о наличии, движении и состоянии основных производственных фондов содержатся в статистической отчетности и бухгалтерском учете. Это не только облегчает получение информации для решения поставленной задачи, но и позволяет накапливать ее для прогнозного, оперативного и последующего анализа, обеспечивая преемственность показателей. Однако, чтобы изучить использование основных фондов, отчетных данных не всегда достаточно. Нередко требуется проведение специальных обследований, например, загрузки оборудования, использования станочного парка.

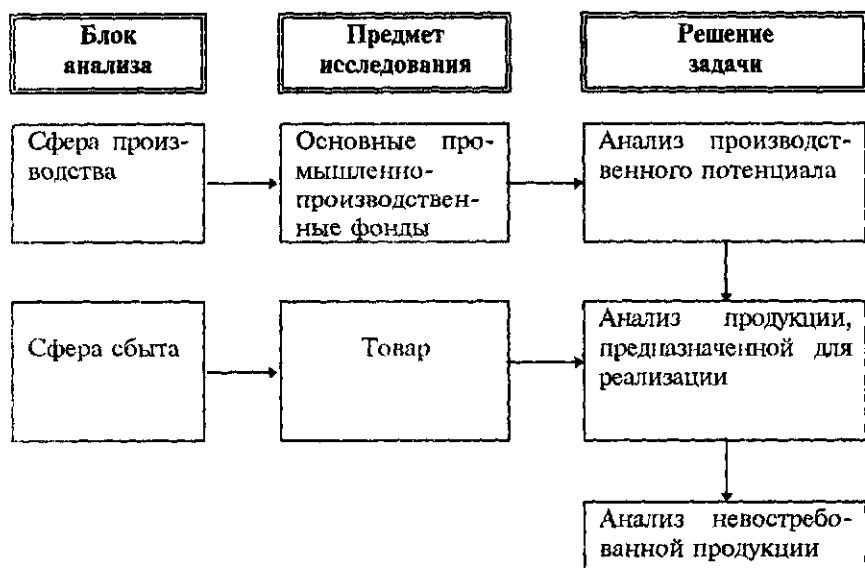


Рис. 9.9. Взаимосвязь предметов решаемой задачи со сферами деятельности

Анализ же причин невостребованности товара (или услуги) в сфере сбыта вследствие его низкого качества, связанного с качеством и режимом использования основных производственных фондов, возможен преимущественно с помощью проведения специальных наблюдений: тенденциальных опросов торговых работников, моментных опросов покупателей и др. Существенную помощь в создании данного информационного массива окажут текущий учет заказов и продаж в ассортименте, а также ведение картотеки средних цен поступления, продажи и запасов товаров с учетом индекса цен. Необходимо помнить, что объем продаж в анализируемом периоде (продукция востребованная — $Q_{\text{вос}}$) может отличаться от объема производства (продукция для реализации — $Q_{\text{рп}}$) за счет изменения остатков продукции, т.е. разности остатков готовой продукции на начало и конец отчетного периода. Тогда при сравнении стоимостных объемов продукции получим коэффициент — $K_{\text{реализации}}$:

$$K_{\text{реализации}} = \frac{Q_{\text{вос}}}{Q_{\text{рп}}}, \quad (9.14)$$

который по своему значению может быть больше, равен или меньше единицы. Чем ближе он к единице, тем меньше вероятность наступления риска невострребованности продукции и величина его последствия для предприятия.

$K > 1$ в случае реализации продукции, произведенной в отчетном периоде, и отрицательного сальдо остатков готовой продукции на складе.

$K = 1$, когда объемы производства и реализации равны. Если же имеют место остатки продукции на складе, то они должны быть равны на начало и конец анализируемого периода.

$K < 1$, если объем продаж в исследуемом периоде меньше объема производства, т.е. имеет место невострребованность покупателем произведенной продукции.

Например, на начало месяца остатки готовой продукции на складе предприятия составили 75 тыс. руб. В течение данного отчетного периода было произведено изделий на сумму 1562 тыс. руб., а реализовано на 1487 тыс. руб. Объем невострребованной продукции

$$\Delta Q = 1562 - 1487 = 75 \text{ тыс. руб.};$$

$$K_{\text{реализации}} = \frac{1487}{1562} \approx 0,952.$$

В нашем примере $K < 1$, так как объем продаж меньше объема производства из-за невострребованности продукции покупателем. Следствием этого является увеличение остатков готовой продукции на складе предприятия на конец отчетного периода. Этот показатель можно определить по формуле товарного баланса:

$$\Delta Q_k = \Delta Q_n + Q_{\text{пр}} - Q_{\text{вос}},$$

где ΔQ_n , ΔQ_k — остаток готовой продукции на начало и конец отчетного периода, ден. ед.

$$\Delta Q_k = 75 + 1562 - 1487 = 150 \text{ тыс. руб.}$$

Далее необходимо выявить наличие связи между невострребованностью продукции и основными промышленно-производственными факторами. Для этого подбирают статистико-математический аппарат, позволяющий выявить наличие и степень тесноты связи между результативным (объемом невострребованной продукции) и факторным (производственным потен-

циалом) признаками. В качестве показателя, характеризующего производственный потенциал, в данном случае может быть принят средний возраст основных производственных фондов, процент их износа, число часов безотказной работы, число и время внеплановых остановок оборудования и другие аналогичные, отражающие качество и режим использования основных промышленно-производственных фондов. При наличии достаточно тесной коррелированности необходимо произвести дальнейшие расчеты, позволяющие определить величину обусловленности невостребованности некоторого объема продукции качеством или характером использования основных производственных фондов.

На этом этапе выбор аналитических методов и формул зависит от формы и степени тесноты связи между анализируемыми показателями. При наличии стохастической зависимости применяются статистико-математические методы. При детерминированной — наиболее предпочтительны индексный метод, методы цепных подстановок, абсолютных и относительных разниц, долевого участия. Возможно применение и других традиционных методов экономического анализа.

При любом методе необходимо учитывать специфику показателей, образующих расчетную формулу.

Если выявлена тесная зависимость отсутствия или снижения спроса на произведенную продукцию от производственного потенциала предприятия, то возможно применение расчетных формул, позволяющих определить объем излишних, не возмещенных затрат стоимости основных промышленно-производственных фондов.

Производственные основные фонды существенно различаются:

- ◆ по видам;
- ◆ по стоимости;
- ◆ по видам оценки;
- ◆ по мощности;
- ◆ по нормативному сроку эксплуатации;
- ◆ по фактическому времени эксплуатации;
- ◆ по времени нахождения на балансе данного предприятия;
- ◆ по режиму использования;
- ◆ по степени физического износа;

- ◆ по степени морального износа;
- ◆ по взаимозаменяемости в производственном процессе;
- ◆ по степени универсальности;
- ◆ по взаимосвязи отдельных групп в соответствии с технологическим процессом;
- ◆ по степени надежности.

Такое разнообразие диктуется, прежде всего, различием видов основных фондов по их функциональному назначению. Однако все перечисленные различия можно свести в две большие группы: по времени и стоимости.

Определить время использования каждого вида основных фондов, участвующих в процессе производства, на выпуск продукции чрезвычайно сложно и трудоемко. Получение такой информации потребует организации и проведения специальных наблюдений, что приведет к неэффективности всего анализа.

Целесообразнее и эффективнее для определения влияния основных производственных фондов на результаты деятельности предприятия использовать стоимостные показатели.

Стоимость всех видов основных фондов производственного назначения частично содержится в произведенной продукции как востребованной, так и не востребованной рынком.

Тогда затраты, связанные с наличием и использованием основных производственных фондов, можно представить следующим образом:

$$Z_{\text{оф}} = Z_{\text{зд}} + Z_{\text{соор}} + Z_{\text{п. ус}} + Z_{\text{м. и об}} + Z_{\text{ин}} + Z_{\text{др}}, \quad (9.15)$$

где $Z_{\text{оф}}$ — затраты, связанные с использованием в производственном процессе основных промышленно-производственных фондов;

$Z_{\text{зд}}$, $Z_{\text{соор}}$, $Z_{\text{п. ус}}$, $Z_{\text{м. и об}}$, $Z_{\text{ин}}$, $Z_{\text{др}}$. — затраты, связанные с использованием в производственном процессе основных промышленно-производственных фондов по их видам в соответствии с принятой классификацией.

Это позволяет выделить обобщающий показатель и построить систему взаимосвязанных факторов, отражающих величину и долю вклада частного показателя в общую величину затрат основных производственных фондов, входящих в себестоимость, и, следовательно, стоимость произведенной ($Q_{\text{пр}}$), востребованной ($Q_{\text{вос}}$) или невостребованной продукции (ΔQ). Такая система может иметь, например, аддитивную форму между результативными и факторными показателями. Тогда формула,

отражающая затраты основных производственных фондов, содержащихся в не востребованной продукции, будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{Z_{\text{оф}}}{\Delta Q} &= \frac{Z_{\text{зд}} + Z_{\text{соор}} + Z_{\text{п.ус}} + Z_{\text{м.и об}} + Z_{\text{ин}} + Z_{\text{др}}}{\Delta Q} = \\ &= \frac{Z_{\text{зд}}}{\Delta Q} + \frac{Z_{\text{соор}}}{\Delta Q} + \frac{Z_{\text{п.ус}}}{\Delta Q} + \frac{Z_{\text{м.и об}}}{\Delta Q} + \\ &+ \frac{Z_{\text{ин}}}{\Delta Q} + \frac{Z_{\text{др}}}{\Delta Q} = \sum \frac{Z_j}{\Delta Q}, \end{aligned} \quad (9.16)$$

где Z_j — стоимость основных промышленно-производственных фондов j -го вида, затраченная в данном периоде на производство не востребованной продукции.

Данная система представляет собой разложение показателя фондоемкости, но не всей продукции, а не востребованной ее части, по видам основных производственных фондов.

Поскольку перенесенная на продукцию в отчетном периоде часть стоимости основных производственных фондов выражается в сумме амортизационных отчислений, заменим Z в формуле (9.16) на A , где A_j — сумма амортизационных отчислений по видам основных промышленно-производственных фондов.

Получаем

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{оф}}}{\Delta Q} &= \frac{A_{\text{зд}} + A_{\text{соор}} + A_{\text{п.ус}} + A_{\text{м.и об}} + A_{\text{ин}} + A_{\text{др}}}{\Delta Q} = \\ &= \frac{A_{\text{зд}}}{\Delta Q} + \frac{A_{\text{соор}}}{\Delta Q} + \frac{A_{\text{п.ус}}}{\Delta Q} + \frac{A_{\text{м.и об}}}{\Delta Q} + \frac{A_{\text{ин}}}{\Delta Q} + \frac{A_{\text{др}}}{\Delta Q} = \sum \frac{A_j}{\Delta Q}. \end{aligned} \quad (9.17)$$

С одной стороны, сумма амортизационных отчислений является денежным выражением потери объектами (основными производственными фондами) своих физических и технико-экономических качеств и отражает стоимостную величину их износа. Начисленная сумма износа основных средств, накапливаясь, является источником, необходимым для восстановления окончательно износившихся объектов.

С другой стороны, суммы амортизационных отчислений включаются в издержки производства или обращения и отражаются на соответствующих счетах учета затрат на производство (издержек обращения). В данном случае они интересуют нас именно с этой позиции, так как являются одной из частей се-

бестоимости, а при реализации — выручки от реализации продукции (рис. 9.10).

Начисленный износ →	Себестоимость продукции →	Реализация продукции →	Возмещение износа →	Приобретение основных средств за счет износа
------------------------	---------------------------	---------------------------	------------------------	--

Рис. 9.10. Движение стоимости основных производственных фондов

Если произведенная продукция не реализована, то затраты не возмещаются и источник для замены изношенных основных производственных фондов отсутствует.

Для определения влияния рассматриваемого производственного фактора риска не востребоваваемости продукции на результаты деятельности предприятия можно предложить следующие показатели:

абсолютный — A_j ;

$$\text{относительные} — d_z = \frac{A_j}{z}; \quad (9.18)$$

$$d_{\Delta Q} = \frac{A_j}{\Delta Q}, \quad (9.19)$$

где d_z — доля амортизационных отчислений стоимости основных производственных фондов j -го вида в затратах на производство;

$d_{\Delta Q}$ — доля амортизационных отчислений стоимости основных производственных фондов в стоимости не востребоваваемой продукции.

Но в отличие от влияния фактора «труд» данный фактор не увеличивает себестоимость и стоимость произведенной продукции, а является невозмещенной частью этой стоимости, не позволяющей предприятию получить запланированную прибыль.

Применение показателя амортизации в анализе влияния основных производственных фондов как фактора риска не востребоваваемости продукции на результаты деятельности предприятия имеет преимущества перед другими, поскольку амортизационные отчисления рассчитывают ежемесячно по основным средствам, числящимся на 1-е число отчетного месяца на предприятии. Это позволяет создавать информационные массивы и

использовать их в предплановом, оперативном и последующем анализе, так как расчет суммы амортизационных отчислений по любому виду и по всем основным производственным фондам за текущий месяц легко произвести с помощью балансового метода.

$$\Sigma A_1 = \Sigma A_0 + \Sigma A_{п. о} + \Sigma A_{в. о}, \quad (9.20)$$

где ΣA_1 — сумма амортизации основных средств за отчетный месяц;

ΣA_0 — сумма амортизации основных средств за прошлый месяц;

$\Sigma A_{п. о}$ — сумма амортизации по поступившим в прошлом месяце основным средствам;

$\Sigma A_{в. о}$ — сумма амортизации по выбывшим в прошлом месяце основным средствам.

Такой способ расчета возможен при линейном методе начисления амортизации, т.е. равномерном списании износа за весь период наличия на предприятии основных производственных фондов. Это следует учитывать, если применяется ускоренный, на единицу производительности, метод суммы годовых чисел, двойного уменьшения остатка или какой-либо иной способ начисления амортизации. В отечественной практике в настоящее время в основном применяется линейная амортизация, в отдельных случаях разрешена ускоренная. В каждом случае подбор формулы расчета влияния основных производственных фондов на результаты деятельности предприятия будет иметь свою специфику.

При этом оно выражается не только в сумме износа, являющейся частью затрат на производство, но и в затратах, связанных с ремонтом и поддержанием основных производственных фондов в рабочем состоянии.

В соответствии с положением о составе затрат по производству и реализации продукции на себестоимость продукции относят затраты по обслуживанию производственного процесса «по поддержанию основных производственных фондов в рабочем состоянии (расходы на технический осмотр и уход, на проведение текущего, среднего и капитального ремонтов)».

Возможны различные виды отражения в бухгалтерском учете затрат на ремонт. Для менеджера важно в себестоимость какого из периодов — предыдущего, текущего или последующего будут включены эти затраты.

При несоответствии времени совершения затрат и их учета при формировании себестоимости и цены продукции (товара) доля этих затрат в общих издержках и цене будет определена неверно.

Однако достаточно точно распределить издержки, связанные с эксплуатацией основных производственных фондов, с их текущим, средним и капитальным ремонтом по видам основных фондов вряд ли представляется возможным. Поэтому целесообразнее определять совокупное влияние данного фактора на результаты деятельности предприятия как сумму двух слагаемых:

$$Z_{\text{оф}} = \sum \frac{A_I}{\Delta Q} + \sum \frac{Z_p}{\Delta Q}, \quad (9.21)$$

или

$$Z_{\text{оф}} = \sum \frac{A_I}{\Delta Q} + \sum \frac{Z_p}{\Delta Q}, \quad (9.22)$$

где Z_p — затраты на техническое обслуживание и ремонт основных производственных фондов.

Определение затрат основных производственных фондов, приходящихся на единицу стоимости продукции, в случае отсутствия на нее спроса по причине их неудовлетворительного технического состояния, возрастного состава, сбоев в режиме использования, что нарушило технические стандарты и ухудшило качество товара или услуги, очень важно. Это позволяет вести дальнейший управленческий анализ: пересматривать и уточнять графики технического обслуживания и ремонта основных производственных фондов и, в первую очередь, оборудования, решать вопросы оптимизации его загрузки, наличия резервного оборудования, необходимости модернизации или замены старого оборудования на новое. Сопоставление фактических издержек $Z_{\text{оф}}$, содержащихся в невостребованной продукции, с потенциальными, возникающими при решении перечисленных вопросов, позволит сделать правильные выводы и выбрать наиболее эффективное управленческое решение.

Материальные ресурсы как фактор риска невостребованности продукции

Третьим фактором производства, который может вызвать риск невостребованности продукции, являются материальные ресурсы. Выявить возможность возникновения риска невостре-

бованности продукции можно с помощью их анализа, осуществляемого в различных направлениях, например:

- ♦ по видам измерителей;
- ♦ по этапам кругооборота материальных оборотных средств;
- ♦ по видам материалов;
- ♦ по соответствию фактических цен на материалы запланированным;
- ♦ по соответствию фактического расхода материальных ресурсов нормативному (плановому);
- ♦ по соответствию видов фактически использованных материалов запланированным;
- ♦ по особенностям учетной политики, принятой на предприятии.

В анализе материальных ресурсов могут быть использованы различные показатели:

- ♦ натуральные и стоимостные;
- ♦ абсолютные и относительные.

Это дает возможность определить достаточность и наличие излишних материалов, затраты на них, долю каждого вида в общем расходе материалов, в затратах на производство продукции, что позволяет увидеть наиболее уязвимые места, на которые необходимо обратить внимание особенно, если производство материалоемкое.

В процессе своего кругооборота материальные оборотные средства проходят несколько этапов, начиная от их закупки и заканчивая реализацией готовой продукции. Эти этапы можно объединить в три группы: первая — материалы на производственном этапе, вторая — материалы в процессе производства, третья — реализация готовой продукции (рис. 9.11).

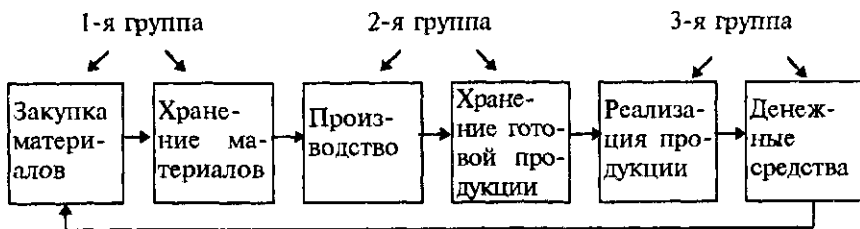


Рис. 9.11. Кругооборот материальных оборотных средств

В отношении вероятности возникновения риска неостребованности продукции наиболее опасен предпроизводственный этап, на котором должно обеспечиваться соответствие фактиче-

ски закупленных материалов их запланированным объемам. При недостаточности материала какого-либо вида его, как правило, компенсируют аналогичным по назначению материальным ресурсом. Но, во-первых, это может вызвать удорожание готовой продукции из-за повышенной цены заменяющего материала. Во-вторых, если его удельный расход на единицу продукции выше, чем удельный расход запланированного материала, то и общее потребление ресурса данного вида окажется выше при производстве планового объема продукции. Вследствие этого вырастут суммарные материальные затраты в составе себестоимости готовой продукции. В-третьих, общий расход материалов может оказаться выше запланированного объема из-за сверхнормативных отходов заменяющего материала по сравнению с нормами отхода на плановый материал. Таким образом риск неустраиваемости продукции возникает в процессе производства из-за действия материального фактора производства.

Поскольку заменяющий материал вызывает изменение внешнего вида или качества готовой продукции, риск ее неустраиваемости может появиться на следующем этапе кругооборота материальных оборотных средств, когда они превратились в готовую продукцию, — на этапе ее реализации.

Для предварительного анализа возможности возникновения риска на предшествующем процессу производства этапе строится таблица. В ней отражается соответствие фактически имеющихся на предприятии ресурсов запланированным (табл. 9.11).

Абсолютные отклонения получаются путем вычитания из фактических абсолютных показателей соответствующих им плановых значений, например: $гр.8 = гр.5 - гр.2$, $гр.9 = гр.6 - гр.3$, $гр.10 = гр.7 - гр.4$.

Относительные отклонения фактических показателей от плановых вычисляют как разность между темпом роста соответствующего показателя и 100%.

Если имеются виды материалов, по которым фактическое наличие существенно отличается от запланированного, можно предположить возникновение риска вследствие изменения качества или цены продукции, связанного с заменой одного вида ресурса другим. Инструментом предварительного анализа в этом случае также служит табличный метод. В графах такой таблицы отражаются количество и стоимость замененных видов материалов, а в строках — количество и стоимость заменяющих видов материалов (табл. 9.12).

Таблица 9.11. Выполнение плана поступления материальных ресурсов

Вид мате- риала	По плану			Фактически			Абсолютное отклонение от плана			Относительное отклонение от плана, %		
	Коли- чество в нату- ральном выра- жении, т, м, шт. и т.д.	Цена единицы мате- риала, ден. ед	Стои- мость, ден. ед.	Коли- чество в нату- ральном выра- жении, т, м, шт. и т.д.	Цена единицы мате- риала, ден. ед.	Стои- мость, ден. ед.	По ко- личе- ству, т, м, шт. и т.д.	По це- не, ден. ед.	По стои- мости, ден. ед.	По ко- ли- честву	По цене	По стои- мости
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Таблица 9.12. Соответствие материальных замен

Заменяющие материалы: количество, виды и стоимость		Заменяемые материалы				
		Вид материала				Итого заменяющих материалов
		1	2	3	...	
1...	количество					
	стоимость					
2...	количество					
	стоимость					
3...	количество					
	стоимость					
...	количество					
	стоимость					
Итого заменяемых материалов						Заменяющая стоимость
						Заменяемая стоимость

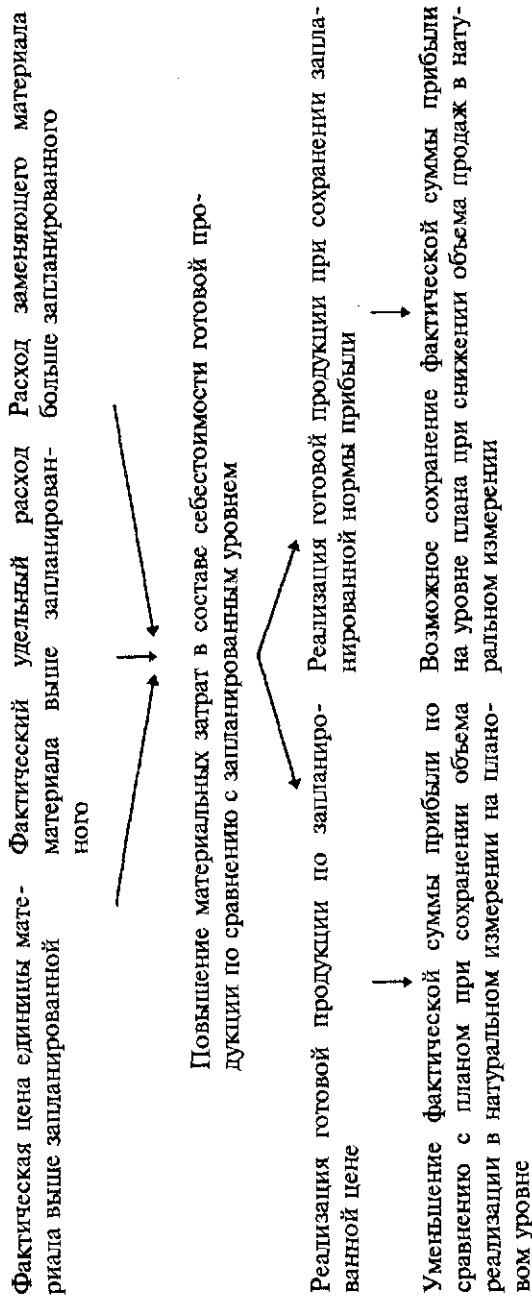


Рис. 9.12. Связь изменения материальных затрат с показателями деятельности предприятия

Обратим внимание на то, что общий количественный итог в данной таблице отсутствует из-за невозможности свести воедино различные виды материалов. Исключением будут отрасли, в которых применяются условно-натуральные показатели — пищевая, химическая, парфюмерная, металлургическая и др. Стоимостной же итог может быть подведен.

Позиции, по которым заменяющий материал значительно превышает заменяемый по стоимости и количеству, являются рисковыми, так как вызывают удорожание готовой продукции. Оно может быть также следствием прямого изменения цен на материалы без изменения их удельного расхода или замены одного вида материальных ресурсов другим.

Для более глубокого анализа влияния факторов на изменение материальных затрат, как причин возможного снижения спроса на продукцию и результаты деятельности предприятия, построим цепочку их взаимосвязи (рис. 9.12), которую в формализованном виде представим в табл. 9.13.

Таблица 9.13. Связь изменения натуральных затрат с результатами деятельности предприятия

$P_{M_1} > P_{M_{пл}}$	$m_1 > m_{пл}$	$M'_1 > M'_{пл}$
$Z_{M_1} > Z_{M_{пл}}$		
$Q_1 = \sum q_1 P_{пл}$, где $p_1 = P_{пл}$	$Q_1 = \sum q_1 p_1$, где $p_1 > P_{пл}$	
$GP_1 < GP_{пл}$, так как $GP = Q - Z$, а $Z_{M_1} > Z_{M_{пл}}$	$GP_1 \leq GP_{пл}$ — в зависимости от размера $\Delta Q = Q_1 - Q_{пл}$	

Условные обозначения:

$P_{M_1}, P_{M_{пл}}$ — цена единицы материала — фактическая, плановая, ден. ед.;

$m_1, m_{пл}$ — удельный расход материала — фактический, плановый, в натуральном выражении (т, м, шт. и т.д.);

$M'_1, M'_{пл}$ — расход материала — заменяющего, заменяемого;

$Z_{M_1}, Z_{M_{пл}}$ — материальные затраты в составе себестоимости продукции — фактические, по плану, ден. ед.

При изучении влияния замены фактически использованными материальными ресурсами запланированных необходимо

прежде всего проверить, не ухудшилось ли вследствие этого качество выпускаемой продукции особенно, если дорогостоящие материалы заменялись более дешевыми. Одновременно следует проверить соответствие вида применяемого материального ресурса материалу, указанному в договоре, заключенном на поставку продукции. Если были сделаны специальные оговорки, любые изменения могут повлечь за собой отказ покупателя от продукции и введения штрафных санкций относительно производителя.

При замене одного вида материала другим возможны три случая.

1. Используемый новый материал дороже заменяемого, следовательно, материальные затраты увеличиваются.

Величина отклонения фактической производственной себестоимости от запланированной из-за повышения цен на закупаемые материалы исчисляется по формуле:

на одно изделие i -го вида

$$\Delta Z_{M_p} = (P_{M_1} - P_{M_{пл}}) \cdot m_{1i} \quad (9.23)$$

или

на все изделия i -го вида

$$\Delta Z_{M_p} = (P_{M_1} - P_{M_{пл}}) \cdot M_{1i}. \quad (9.24)$$

При изменении цены одновременно на материалы нескольких видов рассчитываются изменения материальных затрат по каждой из позиций. Отклонения затем суммируются.

Анализируя влияние цен, следует выяснить, в какой мере оно зависит от изменения закупочных цен на материалы, а в какой — от изменения транспортных и заготовительных расходов. Это позволяет более точно определить влияние роста прямых затрат на материалы на увеличение себестоимости продукции.

Если заменяющий материальный ресурс соответствует по цене заменяемому, но на единицу продукции его расходуется больше, чем предусматривалось планом (нормой), то общие материальные затраты увеличиваются.

Анализ влияния изменения удельного расхода материала на изменение общих материальных затрат (ΔZ_{M_m}) позволяет определить, на сколько отклонились фактические затраты от плановых вследствие изменения расхода материала на одно изделие из-за применяемой технологии, качества материала, квалификации рабочих и других причин.

$$\Delta Z_{M_m} = (m_{1ij} - m_{пл\ j}) \cdot p_{m\ i}, \quad (9.25)$$

где ΔZ_{M_m} — изменение материальных затрат за счет отклонения удельного расхода материала i -го вида по плановой цене этого материала ($p_{m\ i}$) на j -е изделие (поскольку $p_{m\ i} = p_{i\ i}$, или цена заменяющего материала равна цене заменяемого материала).

При выпуске изделий различных видов из одного материала формула примет вид:

$$\Delta Z_{M_m} = \sum (m_{1ij} - m_{пл\ j}) \cdot p_{m\ i}. \quad (9.26)$$

Знак $\sum$ означает сложение отклонений удельных расходов i -го вида материала по всем изделиям, на производство которых он используется.

Затем определяются суммарное увеличение удельного расхода материалов всех видов и его влияние на общие материальные производственные затраты.

Если заменяющий материал и дороже и используется в большем количестве, чем заменяемый, то учитывается совместное влияние обоих факторов, увеличивающих материальные затраты на производство продукции.

Фактический расход материалов может оказаться выше запланированного из-за особенностей технологии, качества материала и других причин, а в ряде отраслей, например, в электронной промышленности планируются технологические потери. В этих случаях увеличиваются отходы материалов по сравнению с планом или возникает брак, что также повышает себестоимость продукции.

Прежде всего, необходимо узнать, имеются ли на предприятии сверхплановые или сверхнормативные отходы материала (ΔO):

$$\Delta O = O_1 - O'_{пл}, \quad (9.27)$$

где $O'_{пл}$ — плановые отходы, рассчитанные на фактический объем производства. $O'_{пл}$ определяется умножением величины плановых отходов на темп роста объема производства.

Наличие сверхплановых отходов вызывает необходимость определения материальных потерь и удорожание по этой причине готовой продукции. Для этого можно исчислить коэффи-

циент (K), показывающий, во сколько раз исходный материал дороже отходов.

$$K = \frac{O_1, P_c}{O_1, P_{в.ис}}, \quad (9.28)$$

где $O_1 P_c$ — стоимость фактических отходов по цене сырья;

$O_1, P_{в.ис}$ — стоимость фактических отходов по цене их возможного использования.

Стоимость отходов по цене сырья, как правило, выше стоимости отходов по цене их возможного использования. Исключение может составлять период инфляции. Тогда к моменту накопления и реализации отходов производства их цена может сравняться с ценой приобретения материала, от которого они образовались.

Абсолютный показатель величины стоимости материалов, потерянных для производства продукции и вызвавших ее удорожание из-за их реализации по пониженной цене, определяется по формуле:

$$\Delta Z_M = O_1, P_c - O_1, P_{в.ис} \quad (9.29)$$

Если же выпускаемая продукция пользуется стабильным спросом, то потери предприятия условно будут еще выше за счет недополученной суммы прибыли от реализации продукции, которая могла быть произведена из сырья, ушедшего в сверхплановые отходы.

$$\Delta Q = \frac{\Delta O_{P_c}}{m_{пл}}, \quad (9.30)$$

где ΔO_{P_c} — величина сверхплановых отходов по цене исходного сырья.

Отсюда

$$\Delta GP = \Delta Q - Z \Delta Q \quad (9.31)$$

и

$$GP_1 < GP_{пл}, \text{ так как } GP_1 = GP_{пл} - \Delta GP, \quad (9.32)$$

где $Z \Delta Q$ — себестоимость недополученной продукции.

Для сводного учета действия всех факторов на величину материальных затрат можно применить способ цепных подстановок. Рассмотрим методику анализа с использованием данного способа на примере (табл. 9.14).

Таблица 9.14. Себестоимость женского костюма по статье «Сырье и материалы»

№ п/п	Материал	По плану			Фактически		
		Количество, м	Цена за 1 м, ден. ед.	Стоимость, ден. ед.	Количество, м	Цена за 1 м, ден. ед.	Стоимость, ден. ед.
1	Ткань чистошерстяная, отечественная	4,0	120,0	480,0	—	—	—
2	Ткань полиэстровая	3,6	60,0	216,0	3,6	65,0	234,0
3	Приклад	1,6	30,0	48,0	1,8	30,0	54,0
4	Ткань шерстяная смесовая, импортная	—	—	—	3,6	180,0	648,0
	Итого	—	—	744,0	—	—	936,0

Анализ исходных данных показывает, что при пошиве женского костюма отечественная чистошерстяная ткань была заменена на более дорогую импортную смесовую, подкладочная полиэстровая — подорожала, а приклада израсходовали больше, чем предусматривалось планом.

Это вызвало повышение себестоимости изделия по статье «Сырье и материалы» на 192 ден. ед. ($936 - 744 = 192$) или 25,8% ($936 : 744 \cdot 100 - 100 = 25,8$). Столь существенное отклонение фактических материальных затрат от плановых требует углубленного анализа вызвавших его факторов и размера их влияния на результативный показатель.

Рассчитаем влияние цен на полиэстровую ткань на увеличение затрат на материалы. Воспользуемся для этого формулой (9.24).

$$\Delta Z_{Mp} = (65,0 - 60,0) \cdot 3,6 = 18 \text{ ден. ед.}$$

Убедимся в том, что по данному виду материальных ресурсов затраты из-за действия фактора удельного расхода не изменились, так как фактический расход материала на изделие равен запланированному. Применим формулу (9.25).

$$\Delta Z_{Mt} = (3,6 - 3,6) \cdot 60,0 = 0 \text{ ден. ед.}$$

Проверим правильность наших расчетов разностью между плановой и фактической стоимостью полиэстровой ткани, израсходованной на данное изделие:

$$234,0 - 216,0 = 18,0 \text{ ден. ед., или } 18,0 + 0 = 18,0 \text{ ден. ед.}$$

Убедившись в правильности вычислений, перейдем к расчету влияния факторов изменения материальных затрат по материалу «Приклад».

$$\Delta Z_{Mp} = (30,0 - 30,0) \cdot 1,6 = 0 \text{ ден. ед.};$$

$$\Delta Z_{Mm} = (1,8 - 1,6) \cdot 30,0 = 6,0 \text{ ден. ед.}$$

Проверка:

$$54,0 - 48,0 = 6,0 \text{ ден. ед., или } 0 + 6,0 = 6,0 \text{ ден. ед.}$$

В нашем примере материал «ткань чистошерстяная, отечественная» был заменен материалом «ткань шерстяная смесовая, импортная». Фактический удельный расход заменяющего материала оказался меньше запланированного, но цена одного метра импортной ткани больше, чем цена одного метра отечественной ткани.

Действие фактора замены в целом можно исчислить как разность между фактической стоимостью заменяющего материала и плановой стоимостью материала:

$$\Delta Z_M = 648 - 480 = 168 \text{ ден. ед.}$$

Поскольку влияние данного фактора на общее изменение материальных затрат сложилось в результате изменения двух факторов — цены и удельного расхода, мы можем детализировать результативный показатель, разложив его на составляющие факторные. Тогда получаем, что:

$$\Delta Z_{Mp} = (180,0 - 120,0) \cdot 3,6 = 216,0 \text{ ден. ед.};$$

$$\Delta Z_{Mm} = (3,6 - 4,0) \cdot 120,0 = -48,0 \text{ ден. ед.}$$

Проверка:

$$216,0 - 48,0 = 168,0 \text{ (ден. ед.)}.$$

Представим полученные результаты влияния факторов на изменение материальных затрат в сводной таблице (табл. 9.15).

Таблица 9.15. Таблица отклонений факторов*

№ п/п	Вид материала	Общее откло- нение матери- альных затрат от плана, ден. ед.	В том числе, за счет изменения, ден. ед.		
			цен	норм	замены
1	Ткань шер- стяная, оте- чественная	<u>+168,0</u> -480,0	<u>+216,0</u> —	<u>-48,0</u> —	-480
2	Ткань поли- эстровая	+18,0	+18,0	—	—
3	Приклад	+6,0	—	+ 6,0	—
4	Ткань шер- стяная сме- совая, им- портная	+648,0	—	—	+648,0
	Итого:	+192,0	<u>+234,0</u> + 18	<u>-42,0</u> +6,0	+168,0

* Подчеркнутые значения приведены с учетом разложения фактора «замена» на составляющие его факторы — «цены» и «нормы».

Помимо абсолютных можно определить и относительные показатели влияния факторных признаков на результативный. По имеющимся у нас данным определим долю отклонений каждого фактора в общем отклонении фактических затрат на материалы от плановых.

Доля отклонений цен на материалы в общем отклонении материальных затрат составляет:

$$d_{\Delta Z_{M_p}} = \frac{\Delta Z_{M_p}}{\Delta Z_M} = \frac{+18}{+192} = +0,09375 \text{ или } 9,375 \, \%.$$

Доля фактического удельного расхода материала в общем отклонении материальных затрат от плана:

$$d_{\Delta Z_{M_m}} = \frac{\Delta Z_{M_m}}{\Delta Z_M} = \frac{+6}{+192,0} = 0,03125 \text{ или } 3,125 \, \%.$$

Доля отклонений вследствие замены одного вида материала другим:

$$d_{\Delta Z_{M'}} = \frac{\Delta Z_{M'}}{\Delta Z_M} = \frac{+168,0}{+192,0} = 0,875, \text{ или } 87,5\%.$$

Убедимся в правильности наших вычислений. Сумма долей отклонений факторных признаков от результативного должна равняться единице или для нашего примера:

$$d\Delta Z_{Mp} + d\Delta Z_{Mm} + d\Delta M' = 0,09375 + 0,03125 + 0,875 = 1.$$

Можно сделать вывод, что повышение себестоимости женского костюма в основном (на 87,5 %) было вызвано заменой одного вида ткани другим. Причем это произошло из-за более высокой стоимости заменяющего сырья.

Цена заменяющего материала оказалась выше цены заменяемого материала на 50% ($180,0 : 120,0 \cdot 100 - 100$).

Доля отклонения стоимости заменяющего материала от заменяемого за счет изменения цены составила 1,23 ($216,0 : 168,0$), а доля отклонения общих материальных затрат от запланированных по той же причине — 1,125 ($216,0 : 192,0$). В некоторой степени это было компенсировано снижением удельного расхода заменяющей ткани. Его влияние на изменение стоимости заменяющей ткани составило — 0,29 ($-48,0 : 168,0$), а на изменение стоимости изделия по статье «Сырье и материалы — 0,25 ($-48,0 : 192,0$). Однако данной компенсации оказалось недостаточно для сохранения фактических материальных затрат на изготовление продукции на уровне плана. Поэтому в результате проведенного анализа материальных затрат можно сделать вывод, что основным фактором, вызвавшим их повышение по сравнению с запланированной величиной и возможность возникновения риска не востребованности продукции, явилась замена одного вида материального ресурса другим.

Анализ материальных ресурсов может показать, что причиной риска не востребованности продукции стала особенность учетной политики, принятой на предприятии. Рассмотрим некоторые специфические особенности учета материалов.

Предприятие приобретает материалы различными способами: по безналичному расчету у поставщиков, за наличный расчет с выплатой через подотчетное лицо или непосредственно через кассу. В первом случае поставка ему материалов производится или в порядке предоплаты, т.е. после оплаты стоимости покупки, или в порядке товарного кредита, когда материал вначале отгружается поставщиком, а затем оплачивается поку-

пателем. Материальные ценности оплаченные, но не полученные, называются «материалами в пути». Очевидно, что в этом случае для покупателя материалов кроется хозяйственный риск, связанный с возможностью неполучения материальных ресурсов по независящим от него причинам. Возможна замена одного вида материала другим. Если она отразится на качестве готовой продукции, то появится риск невостребованности продукции.

Себестоимость материалов, по которой ведут их учет, определяют исходя из стоимости их приобретения, включая оплату процентов за товарный кредит, торговых наценок (надбавок), комиссионных вознаграждений снабженческим, внешнеэкономическим организациям, стоимость услуг товарных бирж, таможенные пошлины, акцизы, транспортные расходы по доставке материала, расходы на хранение, осуществляемые силами сторонних организаций.

Если оплата производится по одному счету за несколько видов материалов, то общие накладные расходы, связанные с их доставкой, включаются в стоимость этих материалов пропорционально стоимости самого материала, что не исключает возможности применения и других методик распределения общих затрат.

Поскольку предприятия постоянно пополняют свои материальные ресурсы, на складе могут одновременно храниться материалы одного наименования, но приобретенные в разное время и имеющие различную стоимость, что особенно характерно для стран, экономика которых охвачена инфляцией. В соответствии с принятой на предприятии учетной политикой оно может применять различные методы учета и списания материальных ресурсов в затраты на производство или на реализацию для определения их фактической себестоимости: метод средней себестоимости, себестоимости первых по времени закупок, себестоимости последних по времени закупок, а также идентификационный (партионный) метод.

Рассмотрим перечисленные методы определения фактической себестоимости материалов.

Средняя себестоимость учитываемого материального ресурса исчисляется отдельно по каждому структурному подразделению, т.е. месту его хранения на предприятии. Методика расчета заключается в следующем:

- ♦ Находят суммарную стоимость остатка материала на начало месяца и поступившего в течение месяца материала.
- ♦ Суммируют остаток материала на начало месяца и количество поступившего за месяц материала.
- ♦ Полученную суммарную стоимость делят на полученное суммарное количество материала.

В соответствии с таким порядком определения средней себестоимости ее расчет можно производить только по окончании отчетного месяца, когда оприходованы все партии поступившего материала. Следовательно, до завершения месяца средняя себестоимость отпускаемого материала остается неизвестной. Однако при выдаче, реализации или списании материалов в течение месяца соответствующие хозяйственные операции необходимо оформлять. Таким образом, в течение месяца эти операции становятся как бы отсроченными в отношении их стоимостной оценки. Они окончательно завершаются только по окончании месяца после расчета средней себестоимости. Это осложняет оперативный анализ стоимости материальных ресурсов как фактора риска невостребованности продукции.

Метод расчета себестоимости первых по времени закупок — FIFO предусматривает, что материалы, поступившие в первой партии, используются, т.е. передаются в производство, реализуются и т.д., также в первую очередь. Таким образом, запасы образуются из последних поступлений, что соответствует нормальному кругообороту материальных ресурсов. При методе FIFO, напротив, себестоимость материалов рассчитывается исходя из времени последних по очереди его закупок. Данный метод предполагает, что первыми используются материалы, поступившие с последней партией. В этом случае запасы всегда состоят из материалов, закупленных первыми.

С позиции обнаружения возможности возникновения риска невостребованности продукции приоритетное значение будет иметь метод, дающий наименьшую величину расходов на материалы, поскольку чем ниже затраты, тем, возможно, меньше будет цена реализации готовой продукции. Следовательно, риск ее невостребованности по этой причине не возникнет.

Применение всех рассмотренных методов имеет свои условные допущения, которых лишен идентификационный метод. Он предполагает введение индивидуального или партионного учета материальных ресурсов как при их поступлении, так и при выдаче. При этом каждая партия маркируется ярлыком.

При отпуске материалов в накладной, лимитно-заборной карте, требовании или ведомости указывается, из какой партии производится выдача. Обычно идентификационный метод применяется для учета дорогостоящих, особо важных (дефицитных, импортных и т.п.) материалов в единичном производстве.

Очевидно, что при наличии инфляции с точки зрения минимизации стоимости изготовления продукции наиболее предпочтителен метод FIFO.

Следовательно, можно сделать вывод, что для избежания риска не востребоваемости продукции предприятие должно выбирать такой метод учета материалов, который, во-первых, будет наиболее точно отражать реальную стоимость потребленных в процессе его деятельности материальных ресурсов, а, во-вторых, позволит минимизировать стоимость расхода материалов с позиции их учета. Таким методом является метод FIFO.

Для минимизации риска, связанного с использованием материальных ресурсов, необходимо учитывать не только рассмотренные факторы, но и затраты, вызванные их хранением, объемами закупаемых партий запасов, инфляцией. Специфические проблемы учета материальных ресурсов за рубежом в условиях рыночной экономики встали и перед российскими предпринимателями. Для их понимания менеджер должен изучить Международные стандарты финансовой отчетности.

9.4. Управление рисками на основе результатов экономического анализа

Задачи и этапы анализа рисков

Анализ рисков выполняет следующие функции:

- ♦ оценочную;
- ♦ диагностическую;
- ♦ поисковую.

При выполнении *оценочной функции* возникающие риски сравнивают с какими-либо критериями или аналогичными рисками, имеющими место на других объектах. На основе проводимого сравнения выявляются и оцениваются отличия от допустимого, критериального или уровня на других объектах.

Диагностическая функция заключается в детализированном выявлении причин и факторов отклонений фактических значений экономических рисков на исследуемом объекте от запла-

нированных значений показателей. Однако он не ограничивается выявлением причинно-следственных связей данного предмета анализа и позволяет также сделать рекомендации по методам и показателям, выявляющим возникающие несоответствия.

Поисковая функция связана с дополнительными исследованиями рисков и объектов, на которых они возникли, при отсутствии возможности нормализовать ситуацию без проведения углубленного анализа риска и деятельности данного объекта.

Исследование экономических рисков начинается с выбора принципов, обеспечивающих системный подход к данному предмету, комплексность изучения, использование системы показателей, непрерывность аналитического процесса.

Одним из наиболее сложных вопросов является выбор методов анализа, составляющих его технологию и соответствующих его целям.

Показатели, применяемые для характеристики риска, должны адекватно отражать размер как риска, так и влияющих на него факторов.

По любому из объектов, на котором исследуется проблема экономического риска или его разновидностей, принимается управленческое решение. Процесс принятия решения состоит из нескольких этапов.

На первых этапах происходят сбор информации и ее обработка. Рассчитывают и анализируют необходимые показатели, характеризующие возможность возникновения, величину риска и факторов, оказывающих на него наиболее существенное влияние. Затем на основе полученных результатов подготавливаются варианты управленческого решения. И в заключение принимается окончательное управленческое решение.

Обратим внимание на то, что поскольку экономический риск порождается неопределенностью в условиях, в которых принимаются и будут реализованы экономические решения, в процессе анализа риска выявляется множество возможных вариантов решения анализируемой проблемы, а не какой-то определенный (например, директивно установленный).

Рассчитываются последствия, которые могут наступить при принятии каждого из рассматриваемых вариантов. Причем особое внимание обращается на решения, потенциально несущие наибольшие отрицательные отклонения от планируемых показателей при наступлении риска, т.е. возможны наибольшие негативные последствия в случае принятия данного решения и

проявления какого-либо из условий, создающих неопределенность и вызывающих экономический риск.

На последнем этапе, предшествующем принятию окончательного решения, дается сводная, интегральная оценка риска, включающая в себя два взаимосвязанных аспекта: качественный и количественный.

Выделим критерии, с помощью которых можно дать количественную оценку целесообразности принятия решения в условиях рынка.

- ♦ Во-первых, решение, принимаемое в ситуации риска, необходимо оценить с точки зрения вероятности получения предполагаемого результата и возможности отрицательного отклонения от него. Наилучшим следует считать то решение, риск реализации которого меньше по сравнению с другими вариантами.
- ♦ Во-вторых, должна оцениваться затратная сторона рискованного решения. Иначе говоря, необходимо оценить затраты на осуществление рискованных вариантов. Предпочтительнее будет тот, который требует меньших затрат на осуществление по сравнению с затратами при осуществлении других вариантов.
- ♦ В-третьих, критерием оценки является время, необходимое на реализацию принимаемого решения. Наиболее целесообразно принятие решения, осуществление которого требует меньшего времени по сравнению с другими.

Однако недостаточно оценить каждый из рассматриваемых вариантов решений по критериям вероятности, затрат и прибыли. Наиболее сложным является выбор такого из них, в котором отклонения от критериальных оценок окажутся минимальными. Для решения подобной задачи можно использовать один из методов комбинаторики — построение «дерева возможностей», позволяющий быстро перебрать возможные показатели, количественно оценивающие риск, затраты и время на осуществление проекта (или любой иной набор количественных и качественных оценок), и увидеть наиболее приемлемый. Покажем построение «дерева возможностей», исходя из рассмотренных критериальных оценок (рис. 9.13).

Показатели

Вероятность получения предполагаемого результата (P)

Затраты на осуществление варианта (C)

Время на реализацию варианта (T)

Значения показателей

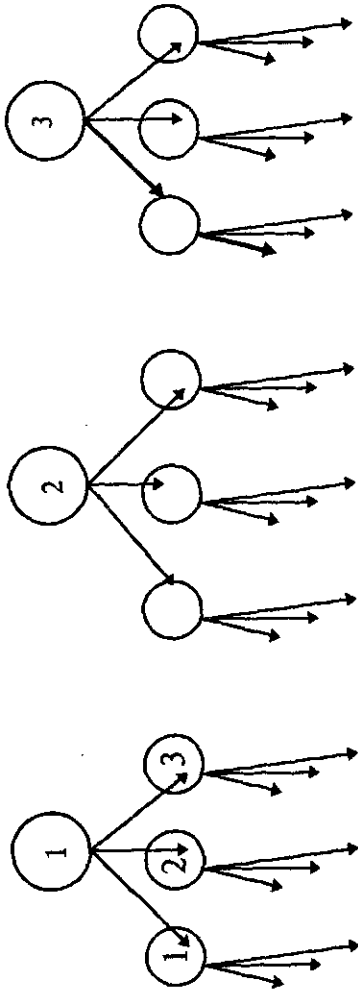


Рис. 9.13. «Дерево» выбора варианта решения

- 1 — наименьшее значение показателя;
- 2 — среднее значение показателя;
- 3 — наибольшее значение показателя.

Каждый путь по этому дереву соответствует одному из способов выбора. Например, на рисунке выделен путь $P_3C_1T_1$, при котором затраты и время на осуществление избранного варианта, управленческого решения являются наименьшими, одновременно и вероятность получения предполагаемого результата на данном пути наибольшая. Таким образом, избранный путь по сравнению с другим является предпочтительным. Например, на пути $P_1C_1T_1$ при наименьших значениях показателей затрат и времени наименьшая и вероятность получения предполагаемого результата, а на пути $P_3C_1T_2$ при максимальной вероятности получения запланированного результата и наименьших затратах возрастает время на реализацию данного варианта по сравнению с вариантом $P_3C_1T_1$.

Число способов выбора равно числу точек в нижнем ряду «дерева». В первом, верхнем ряду, — три точки, поскольку имеются три значения показателя вероятности получения предполагаемого результата. Во втором ряду — девять точек: из каждой точки первого ряда выходят три отрезка, так как каждый вариант вероятности имеет число сочетаний с показателем затрат, равное числу значений последнего, в нашем случае оно равно трем. В третьем, нижнем ряду, — двадцать семь точек: из каждой точки второго ряда выходит по три отрезка, потому что значения времени, затрачиваемого на реализацию варианта, сведены также в три группы — с наименьшей, средней и наибольшей величиной. Всего в нижнем ряду, таким образом, действительно $3 \cdot 9 = 27$ точек, и данное число равно числу отрезков, выходящих из точек второго ряда.

Следовательно, в нашем примере имеются двадцать семь возможностей выбрать наиболее предпочтительный путь. Построение «дерева возможностей» значительно облегчает решение подобной и иных задач, связанных с перебором вариантов планируемых или происходящих событий, процессов, явлений, показателей. Данный метод прост, имеет низкую трудоемкость, нагляден.

Заметим, что избранный путь не обязательно пройдет по точкам минимальных значений показателей, а будет зависеть от задач и возможностей объекта, анализирующего риск своей деятельности.

Построение «дерева» для выбора решения в условиях риска может быть рекомендовано для задач, имеющих обозримое

число вариантов развития. Для построения «дерева решений» необходимо собрать информацию. Последовательность сбора данных будет следующая:

1. Определение состава этапов реализации каждого управленческого решения.
2. Выявление ключевых событий каждого этапа, которые могут повлиять на дальнейшее развитие избираемого варианта пути решения задачи.
3. Определение затрат времени реализации каждого этапа с учетом возможности наступления его ключевых событий.
4. Исчисление вероятности достижения желаемого результата в каждом из принимаемых решений.
5. Расчет стоимости каждого этапа предлагаемых вариантов управленческих решений с учетом стоимости наступления ключевых событий.

Заметим, что одним из вопросов построения «дерева решений» является определение стоимости каждого этапа, которое зависит не только от правильности предварительной информации о ключевых моментах и длительности этапов реализации решений, но и от принимаемых в расчете цен и методов их дисконтирования, если осуществление принятого решения будет продолжительно по времени.

На основании полученных данных строится «дерево решений». Его точки (узлы) показывают количественные характеристики ключевых событий или этапов реализации предполагаемых вариантов управленческих решений, а линии между точками отражают путь реализации этих решений.

Выявление области и оценка степени риска

В процессе экономической деятельности, как связанной, так и не связанной с инновациями, необходимо, прежде всего, выявить возможные области риска в каждом виде деятельности. Для этого возможно применение экспертных методов, позволяющих компенсировать недостаток информации о разрабатываемых или осуществляемых проектах, процессах, протекающих в экономике, явлениях хозяйственной жизни. Их использование базируется на информации, которой являются знания экспертов в данной области.

На этапе обнаружения риска, прежде всего, необходимо определить существование зон риска для проводимой работы, а

при их наличии хотя бы качественно оценить важность этих рисков.

Алгоритм метода экспертной оценки экономических рисков включает в себя:

- ♦ разработку перечня возможных рисков по всем этапам и ключевым событиям реализуемого решения;
- ♦ определение опасности каждого риска для возможности реализации принимаемого управленческого решения и достижения поставленной цели;
- ♦ нахождение вероятности риска.

Опасность риска наиболее целесообразно представляется определять в процентах или долях единицы таким образом, чтобы сумма показателей по этапам и событиям реализуемого проекта или иного решения составляла 100%, или единицу. Это позволит провести предварительный анализ структуры возможных опасностей риска, выделив наиболее важные, с данной точки зрения, этапы для дальнейшего контроля за их происхождением. Опасность можно также трактовать как существенность последствий наступления риска на каком-нибудь этапе, связанную с возможностью исправления ошибки.

Допустима и балльная оценка опасности рисков. Однако ее применение не позволяет провести отмеченный структурный анализ.

Приведем примерный перечень рисков, возникающих при осуществлении инновационного проекта в научно-производственной сфере (табл. 9.16).

Приведенный перечень охватывает не все виды проектных рисков, а лишь наиболее характерные для любого проекта. Среди них есть как независимые один от другого, так и связанные. Например, технические ошибки нередко возникают из-за неудовлетворительной квалификации работников.

Рассмотрим, каковы наиболее рисковые зоны при разработке научно-технического проекта, возникающие, например, при разработке БИС-памяти (табл. 9.17)

Наиболее опасными зонами при разработке БИС-памяти являются, таким образом, технологические решения, технические ошибки проекта и само содержание проекта.

По имеющимся данным можно предположить наличие зависимости между показателями опасности, вероятности и важ-

ности риска. Чтобы убедиться в этом, ранжируем риски в порядке возрастания их опасности. Рядом запишем соответствующие им значения вероятности и важности.

Таблица 9.16. Проектные риски в научно-производственной сфере

Риск	Примечание
1. Содержание проекта	Возникает в связи с неверно поставленной задачей
2. Технологические решения	Возникает в связи с особенностями или ошибками в избранной технологии решения
3. Влияние государственных органов	Возникает, если проект является госзаказом, а также при изменениях в правовой базе и политической ситуации
4. Влияние органов экспертизы	Зависит от решения экспертного совета
5. Координация и согласованность разработки проекта	Возникает при наличии контрагентов по разработке проекта
6. Соответствие проектным стандартам	Возникает при отклонении проекта от ГОСТ, ОТУ и т.п.
7. Технические ошибки проекта	Связаны с ошибками технического решения (производства)
8. Утверждение результатов проектирования	Возникает на этапе утверждения проекта, изделия Госкомиссией или иным органом (структурой)
9. Квалификация и ресурсы проектирования	Более возможен при привлечении контрагентных организаций

Подтвердим наличие отмеченной взаимосвязи расчетом скользящих трехуровневых средних. Для этого исчислим простую среднюю арифметическую показателя вероятности риска, суммируя ее величины по первым трем его видам и деля полученную сумму на три. Последовательно отбрасывая показатель первого уровня и добавляя при этом показатель последующего уровня, получим средние значения вероятности для всех видов групп риска. Аналогично определены трехуровневые средние важности риска. Результаты расчетов (гр. 6, 7 табл. 9.18) полностью подтверждают сделанные ранее предположения.

Таблица 9.17. Определение рисковых зон при разработке БИС-памяти

Риск	Характеристика риска		
	Опасность	Вероятность	Важность
1	2	3	4 (2×3)
1. Содержание проекта: разработка БИС-памяти	15	0,2	3
2. Технологические решения: КМОП-технология	30	0,5	15
3. Влияние государственных органов: заказ МО	8	0,3	2,4
4. Влияние органов экспертизы: решение экспертного совета	8	0,4	3,2
5. Координация и согласованность разработки проекта: привлечение контрагентных организаций	5	0,2	1
6. Соответствие проектным стандартам: соответствие ОТУ	0	0,1	0
7. Технические ошибки проекта: точность изготовления фотошаблонов	26	0,7	18,2
8. Утверждение результатов проектирования: утверждение Госкомиссией	3	0,2	0,6
9. Квалификация и ресурсы проектировщиков: квалификация и ресурсы контрагентов	5	0,4	2

По данным табл. 9.18 можно выделить по степени важности три группы риска:

I — риск, возникающий при научно-техническом решении задачи — позиции 1 и 2.

II — риск, связанный с выдачей задания и не зависящий от исполнителей — позиции 3 ÷ 5.

III — риск, связанный преимущественно с организацией выполнения работы — позиции 6÷9.

Таблица 9.18. Зависимость между опасностью, вероятностью и важностью риска

Риск	Опасность	Вероятность	Важность	Трёхуровневые средние	
				Вероятность	Важность
1. Технологические решения: КМОП-технология	30	0,5	15	—	—
2. Технические ошибки проекта: точность изготовления фотошаблонов	26	0,7	18,2	0,5	12,1
3. Содержание проекта: разработка БИС-памяти	15	0,2	3	0,4	7,9
4. Влияние государственных органов: заказ МО	8	0,3	2,4	0,3	2,9
5. Влияние органов экспертизы: решение экспертного совета	8	0,4	3,2	0,3	2,2
6. Координация и согласованность разработки проекта: привлечение контрагентных организаций	5	0,2	1	0,3	2,1
7. Квалификация и ресурсы проектировщиков: квалификация и ресурсы контрагентов	5	0,4	2	0,3	1,2
8. Утверждение результатов проектирования: утверждение Госкомиссией	3	0,2	0,6	0,2	0,9
9. Соответствие проектным стандартам: соответствие ОТУ	0	0,1	0	—	—

Они характеризуются наличием:

I группа — наибольшей опасности, наивысшей вероятности и, следовательно, наибольшей важности риска;

II группа — умеренной опасности, средней вероятности и средней степени важности риска;

III группа — малой опасности, низкой вероятности и незначительной важности риска.

Подтвердим сказанное данными табл. 9.19, в которой приведем общие и средние групповые показатели опасности, вероятности и важности ключевых моментов разработки БИС-технологии.

Значительное превышение средних показателей I группы над общими средними подтверждает правильность сделанного вывода.

Таблица 9.19. Средние показатели опасности, вероятности и важности ключевых моментов разработки БИС-технологии

<i>Средние характеристики</i>	<i>Опасность, %</i>	<i>Вероятность, доли ед.</i>	<i>Важность¹, %</i>
Общая средняя по всему проекту	11,1	0,3	5,0
Средняя I группы	28,0	0,6	16,6
Средняя II группы	10,3	0,3	2,9
Средняя III группы	3,3	0,2	0,9

¹ Рассчитана как средняя из частных показателей по данным табл. 9.18.

Абсолютная величина экономических рисков, характеризующая принятие любого решения состоит из двух слагаемых:

- ♦ расходов, необходимых для осуществления данного решения;
- ♦ возможного ущерба, нанесенного этим решением.

Риск характеризуется также и относительными показателями. Один из них — степень риска. Он показывает, какова вероятность наступления случая потерь. Чем больше неопределенность ситуации при принятии решения, тем выше риск. Неопределенность хозяйственных ситуаций во многом обуславливается фактором случайности. Однако при большом числе наблюдений действие случайных факторов подчиняется опреде-

ленным закономерностям. Числовыми характеристиками случайных событий являются вероятности этих событий.

В процессе наблюдений случайные события повторяются с определенной частотой, которая представляет собой отношение числа появления какого-либо события к общему числу наблюдений. Как правило, при большом числе наблюдений частота обладает статистической устойчивостью, т.е. ее значения мало изменяются. Таким образом, они как бы группируются около некоторого числа.

Объективное свойство случайного события, выражающееся через эту устойчивость, заключается в определенной степени его возможности. А мерой объективной возможности случайного события служит его вероятность. Вероятность изменяется в пределах от 0 до 1,0. Приближение вероятности какого-либо события к нулю свидетельствует о невозможности его наступления, и наоборот, — если вероятность равна единице, событие считается достоверным. Знание вероятности случайного события позволяет снизить уровень неопределенности и риска.

Следовательно, можно сделать вывод, что риск имеет количественную оценку, выраженную показателем вероятности наступления потери, рассчитанную методами и с помощью показателей математической статистики на базе статистических данных с достаточно высокой степенью точности.

Для определения величины риска необходимо знать абсолютные размеры последствий какого-либо решения, процесса, события, а также вероятность наступления этих последствий. Далее необходимо выбрать самое предпочтительное событие. При этом исходят из большей величины математического ожидания этого события.

Математическое ожидание какого-либо события равно произведению абсолютной величины этого события на вероятность его наступления. Математическое ожидание дискретной случайной величины равно сумме произведений возможных значений этой величины на их вероятности:

$$E(x) = \sum_{i=1}^n x_i p_i = x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n, \quad (9.33)$$

$E(x)$ — математическое ожидание случайной величины (события) x , очень часто называемое центром распределения, или центром рассеяния, а для нашего предмета исследования величина возможного риска;

- x_i — величина возможного ущерба в абсолютном выражении i -го варианта решения;
- p_i — вероятность того, что ущерб произойдет при i -м варианте решения.

С помощью расчета величины риска (математического ожидания) можно выбирать решение как минимум из двух вариантов. Лучшим следует считать то, при котором рассчитанная величина риска наименьшая.

Рассмотрим следующий пример:

Имеются два опытных образца продукции, готовых к производству. Расчетным путем определено, что при вложении средств в производство изделия А будет получено 20 тыс. ден. ед. прибыли с вероятностью 0,6, а в изделия Б — будет получено 25 тыс. ден. ед. прибыли с вероятностью 0,4.

Ожидаемое получение прибыли от вложенных средств (математическое ожидание) составит:

по изделию А — $20 \cdot 0,6 = 12$ тыс. ден. ед.;

по изделию Б — $25 \cdot 0,4 = 10$ тыс. ден. ед.

Следовательно, предпочтительно организовать производство изделия А, поскольку из двух имеющихся вариантов вложения средств математическое ожидание по данному проекту будет наибольшим.

Вероятность наступления какого-либо события может быть определена двумя методами — объективным и субъективным.

Объективный метод определения вероятности заключается в вычислении частоты, с которой происходит изучаемое событие. Например, если известно, что при вложении средств в производство изделия А прибыль в размере 20 тыс. ден. ед. будет получена в 120 случаях из 200, то вероятность ее получения составит 0,6 ($120 : 200$).

Субъективный метод определения вероятности базируется на использовании субъективных критериев, исходящих из определенных предположений. Такими предположениями могут являться: суждение специалиста-аналитика, заключение эксперта, опыт руководителя, мнение консультанта и т.д. При этом каждый субъект анализа может предположить и установить различное значение вероятности для одного и того же события, что необходимо учитывать при выборе окончательного варианта при принятии решения.

Характеристиками степени риска являются также:

- ♦ среднее ожидаемое значение;
- ♦ колеблемость возможного результата.

Показатель среднего ожидаемого значения рассчитывается как средневзвешенная из всех возможных результатов, а в качестве весов при его исчислении принимается вероятность каждого результата или, иначе говоря, вес соответствующего значения.

Среднее ожидаемое значение связано с неопределенностью ситуации, в которой принимается решение, а потому оно характеризует результат, ожидаемый в среднем. Рассмотрим следующий пример:

При использовании новых форм сбыта продукции предприятие при продаже 80 единиц получило прибыль в размере 25 тыс. ден. ед., при продаже 60 единиц — 30 тыс. ден. ед., а при продаже еще 60 единиц — 20 тыс. ден. ед. Всего было реализовано 200 единиц продукции.

Рассчитаем показатели вероятности для имеющихся случаев и получим:

$$p = 80 : 200 = 0,4;$$

$$p = 60 : 200 = 0,3;$$

$$p = 60 : 200 = 0,3.$$

Тогда среднее ожидаемое значение составит:

$$E(x) = 25 \cdot 0,4 + 30 \cdot 0,3 + 20 \cdot 0,3 = 25 \text{ тыс. ден. ед.},$$

где p — вероятность наступления события;

$E(x)$ — среднее ожидаемое значение.

В то же время при продаже продукции в традиционной форме прибыль в размере 25 тыс. ден. ед. была получена в 60 случаях из 200, в размере 30 тыс. ден. ед. — в 75 случаях и в размере 20 тыс. ден. ед. — в 65 случаях.

При старом варианте среднее ожидаемое значение составит:

$$25 \cdot \frac{60}{200} + 30 \cdot \frac{75}{200} + 20 \cdot \frac{65}{200} = 25,25 \text{ тыс. ден. ед.}$$

Сравнивая полученные результаты при старых и новых формах сбыта продукции, можно заметить, что при одинаковом колебании прибыли от 20 до 30 тыс. ден. ед. среднее ожидаемое ее значение при прежних формах сбыта выше, чем при новых на 250 ден. ед., что свидетельствует о целесообразности пере-

хода на новые формы, несущего риск потери прибыли, равной этой величине.

Средняя величина является обобщенной характеристикой какого-либо процесса, явления, показателя. Оно не дает возможности сделать достаточно точный вывод о необходимости и целесообразности принятия определенного решения при наличии нескольких вариантов.

Этот недостаток устраняется с помощью показателей колеблемости. Они позволяют измерить отклонение значений изучаемого показателя от его средней, т.е. определить меру колеблемости возможного результата. Практически с этой целью можно применить один из показателей колеблемости.

Простейшим из них является размах вариации. Он исчисляется как разность между наибольшим и наименьшим значением показателя. Для двух вариантов решения он вполне приемлем, но при большом их числе колебания между значениями показателя не учитываются, и правильность выводов может быть поставлена под сомнение.

Наиболее часто для определения колеблемости признаков рассчитывают их дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации¹.

Покажем технику расчета дисперсии в табл. 9.20.

По полученным данным рассчитаем дисперсию прибыли при новом и старом вариантах сбыта продукции.

Новый способ: $\sigma^2 = \frac{3000}{200} = 15$.

Средняя прибыль для нового варианта: $\bar{x} = \frac{5000}{200} = 25$ тыс. ден. ед.

Средняя прибыль для старого варианта: $\bar{x} = \frac{5050}{200} = 25,25$ тыс. ден. ед.

¹ См. Статистический словарь. М.: Финстатинформ, 1996. — С. 268.

Таблица 9.20. Расчет дисперсии при выборе варианты
сбыта продукции

Форма сбыта и номер события	Прибыль (x), тыс. ден. ед.	Число вари- антов (f)	x · f	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$(x - \bar{x})^2 \cdot f$
1	2	3	4 (2 · 3)	5	6 (5 ²)	7 (3 · 6)
Новая:						
1	25	80	2000	—	—	—
2	30	60	1800	5	25	1500
3	20	60	1200	5	25	1500
Итого:	—	200	5000	—	—	3000
Старая:						
1	25	60	1500	0,25	0,0625	3,75
2	30	75	2250	4,75	22,5625	1692,1875
3	20	65	1300	5,25	27,5625	1791,5626
Итого:	—	200	5050	—	—	3487,5

Тогда среднее квадратическое отклонение при новом способе сбыта продукции составит:

$$\sigma = \sqrt{15} = 3,87 \text{ тыс. ден. ед.},$$

а коэффициент вариации:

$$v = \frac{3,87}{25} \cdot 100\% = 15,48\%.$$

Соответственно для старого варианта сбыта:

$$\sigma^2 = \frac{3487,5}{200} = 17,4375;$$

$$\sigma = \sqrt{17,4375} = 4,17 \text{ тыс. ден. ед.};$$

$$v = \frac{4,17}{25,25} \cdot 100\% = 16,51\%.$$

<i>Значение показателя вариации, %</i>	<i>Область экономического риска</i>
1. 0 – 5	безрисковая область
2. 5 – 10	область минимального риска
3. 10 – 30	область повышенного риска
4. 30 – 60	область критического риска
5. свыше 60	область недопустимого риска

Безрисковая область характеризуется отсутствием каких-либо потерь при осуществлении экономических проектов, хозяйственных операций и получением расчетной прибыли.

Область минимального риска характеризуется уровнем потерь, не превышающим расходов на осуществление данного проекта или хозяйственной операции. При этом прибыль предприятия уменьшается на сумму данных затрат.

Область повышенного риска характеризуется потерей чистой прибыли, но получением валовой прибыли, позволяющей покрыть все ее затраты и первоочередные платежи (в бюджет, за кредит и т.п.).

В границах области критического риска возможны потери, превышающие размер чистой прибыли, но не превышающие размера валовой прибыли. Данный риск крайне нежелателен, так как подвергает предприятие опасности перехода в область недопустимого риска и не позволяет ему развиваться.

Область недопустимого риска характеризуется потерей не только чистой, но и части валовой прибыли, что не позволяет предприятию покрыть расходы или сделать первоочередные выплаты. Это делает его задолжником перед бюджетом и кредиторами. Просроченная задолженность по ссудам может составить 100 %, возможны потери в размере собственных средств, что ведет к банкротству предприятия.

Представим области экономического риска графически (рис. 9.14):

Убытки			Прибыли	
Свыше 60	30 – 60	10 – 30	5 – 10	0 – 5
Область недопустимого риска	Область критического риска	Область повышенного риска	Область минимального риска	Область безрисковая

Рис. 9.14. Области экономического риска

Сравнивая полученные результаты, можно прийти к выводу, что несмотря на более высокое значение ожидаемого среднего при старых формах сбыта продукции, колеблемость показателя прибыли при новом варианте сбыта ниже, чем при старом. Но, учитывая, что оба показателя вариации находятся вне области риска, предприятию можно рекомендовать использовать новые формы реализации продукции для привлечения новых покупателей в целях завоевания рынка.

Таким образом, можно сделать заключение, что для идентификации риска необходимо и целесообразно использовать не какой-либо один метод, а весь арсенал имеющихся методов, с помощью которых следует строить систему оценочных показателей экономического риска и его областей применительно к сфере деятельности конкретного предприятия.

Обоснование решения о производстве новой продукции

Решение о производстве новой продукции может быть принято только на основе всестороннего анализа.

Предварительный анализ является самым ответственным. Выявленные и исправленные на данном этапе ошибки не нанесут существенного вреда предприятию, так как финансовый

ущерб будет ограничен суммой средств, затраченных, например, на разработку изделия, технологии, исследование рынка сбыта.

Текущий анализ осуществляется уже в процессе изготовления новой продукции. К этому этапу предприятие затрачивает на новый проект значительно больше средств, чем до его запуска в производство. Они включают в себя кроме перечисленных расходы на оснастку, закупку необходимых основных фондов (оборудования, инвентаря, инструментов и т.д.), материальных ресурсов (основных и вспомогательных материалов, комплектующих изделий и т.п.), затраты на оплату труда (заработная плата с начислениями) и др.

Если производимый инновационный продукт не отвечает требованиям, предъявляемым к его качеству, то возникают следующие ситуации:

1. Товар остался у производителя, но есть возможность его реализации другому покупателю:

а) по той же цене. Тогда понесенные затраты будут компенсированы в полной мере и предприятие получит запланированную прибыль;

б) по сниженной цене. Размер фактической прибыли от реализации данной продукции может оказаться меньше запланированного или ее может не быть вовсе, или понесенные затраты не будут компенсированы полностью — в зависимости от снижения цены;

в) по запланированной или заниженной цене, но с дополнительными затратами на исправление брака или доведения изделия до проектного уровня качества. Размер прибыли находится в зависимости от величины дополнительных затрат.

2. Товар у производителя, но вследствие его низкого качества, возможность реализации отсутствует. В этом случае два выхода:

а) продажа по цене возможного использования. При этом незначительно компенсируются затраты на производство;

б) реализация утилизированных материалов. Дополнительные затраты на утилизацию и некоторая компенсация затраченных средств.

Отсюда очевидно большое значение непрерывного текущего анализа продукции, особенно новой, и ее реализации на потребительском рынке.

Последний этап временного анализа — последующий анализ осуществляется, как правило, по истечении отчетного периода, например, года. На нем подводится итог деятельности за период. Выявляются причины и факторы как негативных (низкого качества), так и позитивных (соответствие стандартам, ТУ, мировому уровню) результатов для их избежания в дальнейшем или использования их влияния на повышение качества продукции и снижение затрат.

Обнаруженная на данном этапе некачественная продукция наносит производителю наибольший ущерб. Он складывается из величины производственной себестоимости, коммерческих расходов, затрат на гарантийный ремонт или замену некачественной продукции, оплату штрафов и неустоек (если они предусмотрены договором поставки). Реальный ущерб больше материального вследствие действия морального фактора, наносящего производителю большой вред. В перспективе же длительное производство низкокачественного изделия приведет к падению спроса на продукцию фирмы.

Комплексный итоговый проектный анализ необходимо разделить на этапы — контрольные точки. Это позволит своевременно выявить негативные ситуации и тенденции и избежать повышения издержек фирмы и риска банкротства.

Анализ может характеризовать различные стороны объекта. Тогда в состав анализа будут входить следующие его виды.

1. Коммерческий.
2. Технический.
3. Организационный.
4. Социальный.
5. Экологический.
6. Экономический.

Эти виды должны обязательно присутствовать при анализе новой продукции. Они позволяют увидеть ее с различных сторон и позиций. Например:

- ♦ со стороны возможности сбыта и потребности в ней рынка;
- ♦ с позиции ее технических преимуществ или технической новизны и выгоды по сравнению с аналогами;
- ♦ с точки зрения возможности организационного осуществления производства;

- ♦ с позиции социальной значимости для данного предприятия, потребителя, региона, отрасли и государства в целом;
- ♦ со стороны экологических последствий осуществления данного проекта для региона, в котором располагается предприятие-изготовитель, или потребителей новой продукции;
- ♦ с точки зрения экономической выгоды для производителя и потребителя.

Подобный анализ проводится с помощью количественных и качественных, формальных и неформальных методов и приемов, свойственных каждому конкретному его виду.

В организационном, социальном и экологическом направлениях широко используются качественный подход и неформальные методы. Это не исключает применения расчетных приемов для вычисления необходимых показателей и графического метода.

Коммерческий и технический виды анализа базируются на сочетании качественного и количественного подходов с применением неформальных и формальных методов, а также графического метода.

В экономическом анализе, основанном преимущественно на методах количественного анализа, широко используется качественный подход, т.е. в нем сочетаются как формальные, так и неформальные методы с преимуществом первых. Для иллюстрации результатов и в качестве средства сравнительного анализа широко применяется графический метод.

Наличие и сочетание подходов и методов зависят от ряда причин. Основными из них являются:

- ♦ цели и задачи анализа;
- ♦ наличие и особенности информационной базы анализа;
- ♦ наличие технической базы и программного обеспечения.

Виды проектного анализа новой продукции и соответствующие им методы представлены в табл. 9.21.

Знание особенностей методического обеспечения анализа позволит до его начала подобрать персонал соответствующего профессионального уровня, подготовить техническую базу, ее программное обеспечение и иной инструментарий, без которого невозможна всесторонняя разработка нового качествен-

ного, особенно сложного в техническом отношении инновационного изделия, и его технико-экономического обоснования.

Таблица 9.21. Виды и методы проектного анализа новой продукции

Виды анализа	Методы анализа			
	Формальные		Неформальные	
	А	Б	А	Б
Коммерческий		+		+
Технический		+		+
Организационный			+	
Социальный			+	
Экологический			+	
Экономический	+			+

А — вариант преимущественного использования методов данной группы;

Б — частичное или сочетательное использование методов данной группы.

Рассмотрим приемы обоснования решения о производстве новой продукции. Предлагается принять решение о производстве скарификатора «Скат».

♦ *Общая характеристика изделия*

Скарификатор «Скат» — прибор, предназначенный для бесконтактной перфорации кожи пациента при взятии клинического анализа крови. Данный способ забора крови обеспечивается конструктивной особенностью скарификатора «Скат» при одновременной возможности визуального контроля фокусировки лазера на поверхность кожи, что отличает его от существующих и производимых другими предприятиями аналогов.

Использование лазерного скарификатора позволяет решить острую на сегодняшний день проблему стерильного способа перфорации кожи при взятии клинических проб крови у пациента.

♦ *Коммерческий анализ*

Цель коммерческого анализа заключается по сути в оценке предназначенной рынку продукции конечными потребителями.

Решаемые при этом задачи можно свести к следующим:
маркетинг;
источники и условия ресурсного обеспечения сбыта;
условия сбыта;
возможность обратной связи с потребителем продукции.

Обычно характер информации позволяет провести как качественный, так и количественный коммерческий анализ. Учитывая назначение и общую потребительскую характеристику изделия, можно предположить, что его потенциальными потребителями являются медицинские учреждения.

Наибольший интерес оно может представлять для таких зон с повышенной эпидемической активностью и числом инфекционных заболеваний, как наиболее крупные города России и СНГ, Поволжье, Среднеазиатский и Закавказский регионы и некоторые другие.

Можно также ожидать проявление интереса к скарификатору «Скат» со стороны таких регионов дальнего зарубежья, как Ближневосточный, страны Юго-Восточной Азии, Латинской Америки, Африки. Позитивными в отношении прогноза сбыта факторами здесь являются следующие: низкий уровень жизни; повышенная распространенность инфекционных заболеваний в связи с климатическими условиями и действием первого фактора; традиционная ориентация этих регионов на внешнеторговое партнерство с российскими предпринимателями.

В число медицинских учреждений — пользователей прибора могут войти: стационары, поликлиники, санатории, косметические лечебницы, передвижные медицинские лаборатории.

Понижающими факторами сбыта данного изделия являются: стереотип пользования традиционными иглами; несопоставимо высокая стоимость прибора по сравнению с ручными иглами; одноразовость последних, которая, как и скарификатор, позволяет избежать инфицирования; большие объемно-весовые характеристики скарификатора «Скат».

Одновременно следует отметить развивающуюся в данной области конкуренцию. Уже в 1996 г. в Миннауки поступили пять предложений от предприятий-конкурентов, ведущих работы по созданию лазерных скарификаторов. Поэтому при решении вопроса о запуске изделия в производство временной фактор должен приниматься во внимание в числе первых.

Завоевание ниши на рынке медицинской технологии подобного назначения возможно за счет выпуска изделий с малыми габаритно-весовыми параметрами, оригинальным дизайном и доступной ценой. В полной мере этим требованиям соответствует внешнее оформление скариффикатора. Для пользователя важна потребляемая данным изделием мощность (табл. 9.22), по которой оно является более конкурентоспособным по сравнению с аналогами. Сравнительный анализ двух других характеристик будет рассмотрен ниже.

Продвижение изделия будет сопряжено с затратами на рекламу, которая должна способствовать изменению сложившегося у медработников и пациентов стереотипа проведения процедуры забора крови.

Для более точного прогноза сбыта можно реализовать пробную партию прибора, проведя его предварительную сертификацию.

Сделать прогноз сбыта приборов на внешнем рынке не представляется возможным из-за отсутствия информации.

◆ Технический анализ

Для проведения технического анализа необходимо изучить альтернативы по существующим, возможным для производства на данном предприятии, или альтернативным приборам, произведенным на других предприятиях. Он включает в себя следующие направления:

- ◆ сравнение весовых параметров прибора;
- ◆ сравнение габаритных параметров прибора;
- ◆ сравнение мощности, потребляемой изделием;
- ◆ сравнение иных технических характеристик изделия;
- ◆ доступность и достаточность источников сырья, рабочей силы, комплектующих и других потребляемых ресурсов;
- ◆ сроки и этапы производства изделия.

Проведем технический анализ скариффикатора «Скат», разработанного производственным объединением «Красногорский завод имени С.А. Зверева», по данным табл. 9.22.

Из-за отсутствия данных по второй (длина волны) и четвертой (размеры зоны перфорации) позициям сравнение по аналогам можно проводить по шести техническим показателям.

Неустойчивость лазерного излучения у «Эрмен-303» и «Квазара» делает предпочтительными «Скат» и «Зенит» с одинаковым значением показателя, равным 0,3 — 1,0.

Таблица 9.22. Технические характеристики скарификаторов

Показатель	Название прибора и производитель			
	«Скат» г. Красногорск	«Эрмек-303» г. Зеленоград	«Квазар» г. Тула	«Зенит» г. Калуга
1. Энергия лазерного излучения, Дж	0,3 – 1,0	0,05 – 1,2	0,08 – 1,1	0,3 – 1,0
2. Длина волны, Мкм	2,94	—	—	—
3. Длительность импульса, мкс	150	100 – 250	120 – 230	200
4. Размеры зоны перфорации, мм	2 · 0,1	—	—	—
5. Потребляемая мощность, Вт	8	10	20	15
6. Напряжение питания, В	220 (от сети)	220	220	220
7. Габаритные размеры, мм	320 · 190 · 110	175 · 255 · 400	350 · 350 · 650	120 · 210 · 325
8. Масса, кг	4	13	15	6

Длительность импульса у «Ската» также наилучшая, поскольку она не только близка к наименьшему значению, но и отличается от «Эрмея-303» и «Квазара» стабильностью.

Потребляемая мощность красногорского скарификатора в 1,25 — 2,5 раза меньше, чем у аналогов, что также выдвигает его на первое место.

Показатель напряжения одинаков у всех приборов — 220 В.

Габаритные размеры отличаются большим разбросом. Для удобства их сравнения целесообразно провести четыре операции (табл. 9.23).

1. Последовательное ранжирование размеров каждого прибора.
2. Ранжирование приборов по упорядоченным размерам.
3. Расчет объемных характеристик приборов.
4. Упорядочение ряда приборов по объемному показателю.

Таблица 9.23. Сравнение габаритных размеров скарификаторов

Номер и название операции	Наименование прибора			
	«Скат»	«Зенит»	«Эрмея-303»	«Квазар»
1. Ранжирование размеров каждого прибора	320 · 190 · 110	325 · 210 · 120	400 · 255 · 175	650 · 350 · 350
2. Ранжирование приборов по размерам	1	2	3	4
3. Объемные характеристики приборов	6 688 000	8 190 000	17 850 000	79 625 000
4. Ранжирование ряда приборов по объемному показателю	1	2	3	4

Таким образом, ранжирование как по размеру приборов, так и по их объему позволяет, определив минимальные и максимальные параметры «Ската» и его конкурентов, выдвинуть «Скат» на первое место и отдать ему предпочтение.

По показателю веса скарифikator Красногорского завода также может быть поставлен на первое место благодаря его малому весу и значительному отличию этого показателя от аналогичного у конкурентов: превышение веса аналогов составляет от 1,5 до 3,75 раз по сравнению с весом «Ската».

Ранжировав все сопоставимые показатели, представим их в табл. 9.24.

Таблица 9.24. Ранги приборов по сопоставимому кругу показателей

Показатель	Ранг показателя для прибора			
	«Скат»	«Эрмея-303»	«Квазар»	«Зенит»
1. Энергия лазерного излучения (1) ¹	1,5 ²	4	3	1,5
2. Длительность импульса (3)	1	4	3	2
3. Потребляемая мощность (5)	1	2	4	3
4. Габаритные размеры (7)	1	3	4	2
5. Масса (8)	1	3	4	2
6. Напряжение питания	1	1	1	1
Итоговый ранг:	1,08 $\approx$ 1	2,83 $\approx$ 3	3,2 $\approx$ 3	1,9 $\approx$ 2

¹ Номер показателя из табл. 9.22.

² Методика определения рангов.

Изобразим результаты, приведенные в табл. 9.24, графически (рис. 9.15)

Итоговый ранг
скарификатора



Рис. 9.15. Итоговые ранги скарификаторов

Аналогичную диаграмму можно построить по рангам показателей, участвующих в техническом анализе (рис. 9.16).

В ряде стран в процессе технического анализа делаются попытки установить уровни непредвиденных расходов. Так, в США этот уровень колеблется от 5 % для простых, стандартных проектов до 15 % для сложных, уникальных проектов.

Для нашего примера можно сделать вывод, что скарификатор «Скат» Красногорского завода имеет явные преимущества по сравнению с аналогами, готовящимися к производству, у его отечественных конкурентов.

◆ Экономический анализ

Предварительный экономический анализ внедряемого в производство проекта имеет большое значение для предупреждения возникновения хозяйственного, а в дальнейшем и финансового риска.

В процессе его проведения определяются источники финансирования, затраты на внедрение, эффективность реализации проекта, точка безубыточности производства и зона безопасности.

Ранг показателей,
баллы

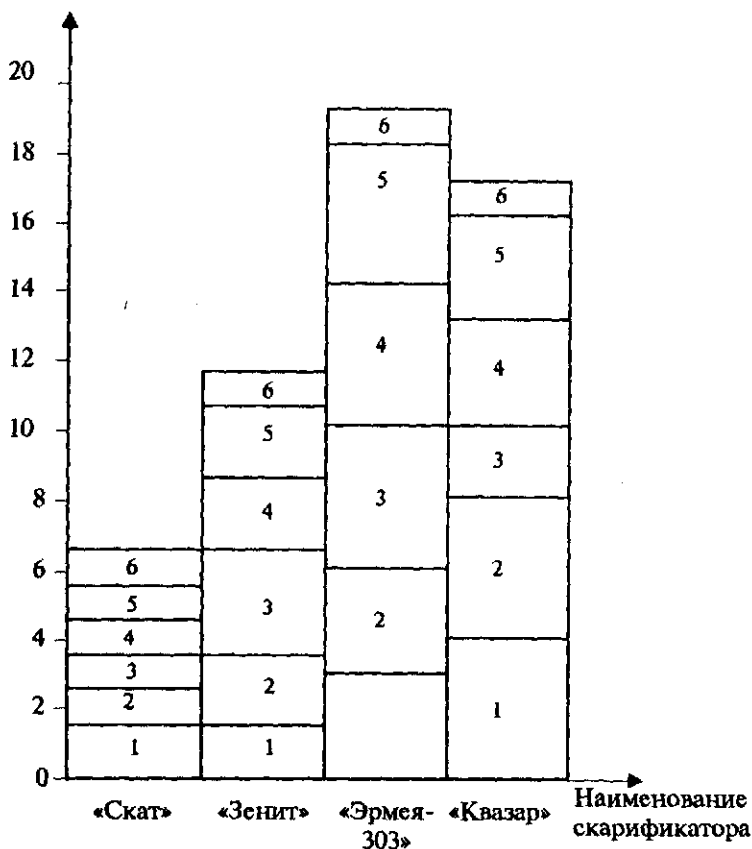


Рис. 9.16. Соотношение рангов показателей (технических характеристик скарификаторов)

Финансирование производства скарификатора «Скат» планируется осуществлять за счет собственных средств предприятия без привлечения кредитных ресурсов или каких-либо иных внешних источников.

В табл. 9.25 приведена смета затрат на производство данного изделия.

Таблица 9.25. Сметная калькуляция на изделие
«Скарификатор»¹

№ п/п	Статья	Сумма, руб. (на 01.12.96)	Структура затрат, %
1	2	3	4
1	Сырье и основные материалы	471 702	6,8
2	Покупные и комплектующие изделия	1 309 611	18,8
3	Основная заработная плата производственных рабочих	815 544	11,7
4	Дополнительная заработная плата производственным рабочим	86 448	1,2
5	Отчисления на социальное страхование	347 267	5,0
6	Возмещение износа инструментов и приспособлений	—	—
7	Общепроизводственные расходы	2 405 610	34,5
8	Общехозяйственные расходы	1 508 756	21,7
9	Итого:	6 944 938	99,7
10	Заводская себестоимость	6 944 938	99,7
11	Внепроизводственные расходы	22 918	0,3
12	Полная себестоимость	6 967 856	100,0
13	Плановые накопления (5 %)	348 393	—
14	Оптовая цена	7 316 249	—
15	Отпускная цена	7 316 249	—
	Отпускная цена в долларах США по курсу 5000 руб.	\$ 1463	—

¹ Калькуляция приведена в неденоминированных рублях в ценах и по курсу доллара, действовавших в 1996 г.

Следует обратить внимание на величину общехозяйственных расходов, составляющих 18,5 % к основной заработной плате производственных рабочих. Менеджеру следует раскрыть данную статью и попытаться найти резервы снижения себестоимости за счет ее уменьшения. Одновременно обращает на себя внимание то, что данный источник не содержит сведений

о величине дополнительных капитальных вложений, связанных с производством новой для предприятия продукции, и о затратах на его подготовку и освоение.

Полезно проанализировать структуру полной себестоимости продукции (гр.4 табл. 9.25). Довольно высокий удельный вес в ней занимают покупные изделия и полуфабрикаты — 18,8 %, что в случае роста цен на них повлечет за собой повышение затрат на изделие. Тогда предприятие попадает в ситуацию риска, поскольку при плановых накоплениях, равных 5 %, оно может остаться без прибыли или будет вынуждено повысить отпускную цену, что также создает ситуацию риска за счет снижения конкурентоспособности изделия по цене и угрозы потери рыночного сегмента. Необходимо рассмотреть выгодность и возможность замены покупных и комплектующих изделий полностью или частично.

В составе калькуляционных статей две статьи (общепроизводственные и хозяйственные расходы), относящиеся к накладным расходам, занимают удельный вес (56,2 %), превышающий в сумме все остальные основные затраты. Менеджеру необходимо обратить на это внимание и дать рекомендации по их сокращению.

При этом почти отсутствуют коммерческие расходы, связанные с реализацией товара. Их доля равна 0,003 от полной себестоимости продукции, что свидетельствует о недооценке рыночной ситуации.

Таким образом, можно сделать вывод, что при завышении сметной калькуляции по одним статьям и наличии за счет этого резервов снижения себестоимости одновременно в ней не отражены затраты, необходимые для производства и реализации продукции или даже понесенные предприятием в связи с ним. Это свидетельствует о возникновении хозяйственного риска, связанного с уровнем квалификации управленческого персонала, документальным подтверждением чему является сметная калькуляция на изделие «Скарификатор».

Эффективность данного прибора можно охарактеризовать величиной его рентабельности. Она заложена в сметную калькуляцию, равную 5%. Учитывая же дополнительные капитальные вложения на разработку и внедрение, реальный показатель рентабельности продукции, исчисляемый как отношение прибыли от ее реализации к полной себестоимости этой продукции, будет еще ниже.

К такому же выводу приводит и расчет показателя рентабельности продаж. Его рассчитывают как отношение прибыли от реализации к выручке от реализации одноименной продукции.

Тогда на изделие:

$$R_{\text{продаж}} = \frac{\text{Прибыль от реализации продукции}}{\text{Выручка от реализации продукции}} \cdot 100\% = \\ = \frac{348393}{4316249} \cdot 100\% = 4,76\%$$

Как и предыдущий, данный показатель должен быть скорректирован на величину дополнительных капвложений в сторону его понижения, что еще раз подтверждает наличие экономического риска.

На этапе подготовки производства целесообразно применение анализа безубыточности (на базе маржинальной концепции), который основывается на зависимости между выручкой от реализации, издержками и прибылью. В основе этого метода лежит деление совокупных затрат по снабжению, производству и реализации продукции на постоянные и переменные.

Математическая зависимость между прибылью, объемом производства и затратами будет следующей:

Прибыль = Количество проданных единиц продукции × Цена реализации единицы продукции – (Совокупные постоянные затраты + Переменные затраты на единицу продукции × Количество проданных единиц продукции).

Или

$$NP = pq - (c + vq),$$

где NP — прибыль, ден. ед.;

p — цена единицы продукции;

q — количество проданных единиц продукции, шт.;

c — совокупные постоянные затраты, ден. ед.;

v — переменные затраты на единицу продукции, ден. ед.

Тогда, произведя необходимые преобразования, определим критический объем продаж ($q_{кр}$), т.е. такой объем продукции, при реализации которого выручка покрывает совокупные затраты, или

$$pq = c + vq,$$

откуда

$$q_{кр} = \frac{c}{p - v}.$$

Поскольку применяемая на отечественных предприятиях система учета затрат не позволяет непосредственно выделить постоянные и переменные затраты, рассчитаем их с некоторой погрешностью по имеющимся данным. В данном случае к постоянным будут относиться общепроизводственные расходы, общехозяйственные расходы и внепроизводственные расходы. Статьи затрат приведены в сметной калькуляции на одно изделие. Условно предположим, что их годовая величина в 100 раз больше. В этом случае

$$c = (2405610 + 1508756 + 22918) \cdot 100 = 393728400 \text{ руб.}$$

Переменные затраты на одно изделие можно определить как разность между полной себестоимостью и суммой постоянных затрат или как сумму статей переменных затрат. Для нашего примера

$v = \text{Сырье и основные материалы} + \text{Покупные и комплектующие изделия} + \text{Основная заработная плата производственных рабочих} + \text{Дополнительная заработная плата производственных рабочих} + \text{Отчисления на социальное страхование}$

или

$$v = 6967856 - 3937284 = 3030572 \text{ руб.,}$$

или

$$v = 471702 + 1309611 + 815544 + 86448 + 347267 = 3030572 \text{ руб.}$$

Отсюда

$$q_{кр} = \frac{393728400}{7316249 - 3030572} = 91,87 \approx 92 \text{ шт.}$$

Таким образом, для покрытия затрат необходимо реализовать 92 скарификатора. Меньший объем их производства будет убыточным для предприятия. С учетом же фактического объема постоянных затрат, включающего амортизационные отчисления, заработную плату управленческого персонала, рекламный бюджет, критический объем продаж или точка безубыточности будет еще больше.

В то же время по предварительному прогнозу спрос на скарификаторы «Скат» составит на год 100 штук. Следовательно, риск его производства весьма высок.

Зона безопасности (кромка, порог безопасности), представляющая собой разницу между плановым ($q_{пл}$) и критическим объемами реализации, для нашего примера составляет всего 8 изделий ($100 - 92 = 8$).

Кроме абсолютного можно вычислить и относительный уровень безопасности. Он равен величине зоны безопасности, деленной на плановый объем реализации, и обычно исчисляется в процентах.

$$\text{Зона безопасности} = q_{пл} - q_{кр}$$

$$\text{Уровень безопасности} = \frac{q_{пл} - q_{кр}}{q_{пл}} \cdot 100\%.$$

Для производства скарификаторов на Красногорском заводе им. С.А. Зверева он составляет:

$$\frac{8}{100} \cdot 100\% = 8\%.$$

Следовательно, если фактический объем реализации окажется меньше запланированного более чем на 8%, то предприятие перешагнет порог безопасности, наступит ситуация риска и оно понесет убыток.

Таким образом, экономический анализ позволяет сделать вывод о том, что несмотря на высокую конкурентоспособность скарификатора «Скат» малые объемы производства несут в себе высокий уровень хозяйственного риска. Для его снижения необходимо рассмотреть возможность собственного производства комплектующих узлов и деталей, снизить накладные расходы и путем работы с потребителями воздействовать на увеличение спроса на данное изделие.

◆ Организационный анализ

Организационный анализ выполняется для оценки внутренних и внешних условий реализации нового инновационного проекта.

К внутренним относятся условия, зависящие от деятельности самого предприятия, в частности:

- ◆ особенности управления;
- ◆ организационные структуры;
- ◆ планирование;
- ◆ комплектование и обучение персонала;
- ◆ координация деятельности;
- ◆ информационное обеспечение.

К внешним относятся политическая, правовая, общеэкономическая и научно-техническая (потенциал, потребность и т.п.) обстановка в обществе и регионе.

Основными задачами организационного анализа являются:

1. Определение задач и действий участников проекта относительно политической и правовой обстановки.
2. Оценка управления и организационных структур предприятия с позиций их соответствия задачам проекта.
3. Анализ обеспеченности проекта ресурсами и необходимости перестройки этого обеспечения, повышения квалификации персонала.
4. Выбор оптимальных управленческих решений при выявлении негативных организационных условий реализации инновационного проекта.

Организационный анализ в условиях рыночной экономики существенно отличается от анализа организации внедрения в производство изделия в условиях директивной экономики.

Эти отличия обусловлены изменившимися политическими, правовыми и экономическими условиями. Предприятие самостоятельно может формировать систему управления, организационные структуры, планы и т.п.

В этом смысле риск деятельности предприятия существенно возрастает. Однако внутренний риск Красногорского завода им. С.А. Зверева весьма невысок. Это связано, прежде всего, со стабильностью его юридического статуса (государственное предприятие, не подлежащее приватизации), длительностью существования, постоянством организационных структур. Для реализации нового проекта не требуется их перестройки или создания новых научно-производственных подразделений.

Кадровая проблема благодаря высокому профессиональному уровню отсутствует. Данный проект не требует переподготовки кадров.

Таким образом, негативные организационные условия реализации данного проекта на этапе предынвестиционного анализа не выявлены.

◆ Социальный анализ

Целью социального анализа является определение пригодности проекта для его потребителей. С помощью социального анализа должна быть обеспечена возможность взаимодействия

между производителем и пользователем продукции в целях продвижения данного товара и расширения объема его производства в перспективе.

Социальный анализ сосредоточивает свое внимание на четырех основных объектах:

1. Социокультурные и демографические характеристики населения, затрагиваемого проектом.

2. Организация населения в районе действия проекта, наличие рабочей силы.

3. Приемлемость проекта для местной культуры (научного потенциала).

4. Стратегия обеспечения необходимых обязательств групп населения и организаций, пользующихся данным проектом (его результатами).

Социальный анализ проводится с использованием качественного подхода.

В процессе социального анализа были выявлены негативные тенденции относительно демографических характеристик населения. На предприятии изменился возрастной состав персонала в сторону увеличения старших возрастных групп. Образовательный и профессиональный уровень молодежи в регионе дислокации предприятия снижается из-за общего ухудшения социально-экономического положения в стране и отраслевой миграции трудовых ресурсов из производственной сферы в торговлю. Это означает, что резерв рабочих кадров уменьшился.

◆ *Экологический анализ*

Задачами экологического анализа являются установление потенциального ущерба окружающей среде, наносимого производством и эксплуатацией продукции, а также определение мер, необходимых для предотвращения или смягчения этого ущерба.

Этот прибор не наносит вреда окружающей среде ни в процессе его производства, ни в процессе эксплуатации. Более того, его эксплуатация не требует утилизации отходов и полимерных соединений, в которые устанавливается медицинский инструментарий для забора крови традиционным способом.

Таким образом, скарификатор «Скат» является более экологичным прибором по сравнению с заменяемой продукцией.

Проделанный анализ позволяет прийти к выводу, что благодаря наличию технологических преимуществ скарификатор «Скат» является более конкурентоспособной продукцией по сравнению с предлагаемыми отечественными образцами и может быть предъявлен рынку.

Недостаточный уровень рентабельности данной продукции, связанный, однако, с невысоким плановым уровнем прибыли за счет небольшой ценовой надбавки, что является положительным моментом, тем не менее свидетельствует об экономической эффективности данной продукции.

Критический объем продаж не противоречит производственным возможностям предприятия и свидетельствует о наличии перспектив для получения прибыли.

Изделие является экологически безопасным и социально значимым.

Все это позволяет рекомендовать Красногорскому заводу запускать данное изделие в производство.

Выводы

- ◆ Экономический риск — это возможность (вероятность) потерь, возникающих при принятии и реализации экономических решений.
- ◆ Риск невостребованности продукции — это вероятность потерь для предприятия-изготовителя вследствие возможного отказа потребителя от продукции.
- ◆ Высшим уровнем классификации экономических рисков предприятия является предметно-целевой.
- ◆ Блочный принцип построения классификации рисков предполагает выделение их категорий, видов, областей, групп и подгрупп в соответствии с поставленной целью и предметом анализа.
- ◆ Существуют внешние, внутренние и смешанные категории риска.
- ◆ Выделение групп риска по признаку факторов производства является универсальным для всех предприятий.

- ◆ Степень детализации классификации экономических рисков зависит от целей и задач исследования, а также основания классификации и ее уровней.
- ◆ Блочный принцип построения классификации экономических рисков позволяет анализировать не только их систему в целом, но и группы рисков, синтезируя или детализируя их при необходимости, сокращая время и средства на проведение анализа и одновременно углубляя его по сравнению с анализом, проводимым по единой классификации.
- ◆ Риск невостребованности продукции характеризуется величиной возможного экономического и морального ущерба, понесенного фирмой по данной причине из-за падения спроса на ее продукцию.
- ◆ Риск невостребованности продукции относится к категории смешанных экономических рисков, и его факторы лежат как внутри предприятия, так и за его пределами.
- ◆ Ущерб от наступления риска невостребованности продукции увеличивается по мере ее продвижения по этапам производственного цикла.
- ◆ Управленческие решения по минимизации риска и последствий его наступления зависят от времени обнаружения, объема ущерба и факторов риска.
- ◆ Несоответствие квалификации рабочих и сложности выполняемых ими работ ведет к возникновению риска невостребованности продукции.
- ◆ Чем ближе к единице индекс соответствия, тем меньше риск невостребованности продукции.
- ◆ При наступлении риска невостребованности продукции из-за действия фактора «труд» возможны снижение качества продукции, повышение затрат на производство, снижение объема реализации и запланированной суммы прибыли.
- ◆ Большое значение для снижения риска невостребованности продукции посредством правильности учета и от-

ражения затрат на материалы имеет учетная политика, принятая на предприятии.

- ◆ Анализ экономического риска осуществляется поэтапно.
- ◆ Критериями оценки риска управленческого решения являются: вероятность получения предполагаемого результата и отрицательного отклонения от него, затраты на реализацию выбранного варианта решения и время его реализации.
- ◆ Для выбора наименее рискованного решения возможно применение различных аналитических методов, например построение «дерева возможностей», экспертного метода, средних и др.
- ◆ Показателями рискованных зон проекта в научно-производственной сфере могут служить их опасность, вероятность и важность.
- ◆ Риск характеризуется абсолютными и относительными показателями.
- ◆ Колеблемость результатов хозяйственной деятельности позволяет выделить области экономического риска предприятия.

Практикум к гл. 9

◆ Вопросы

1. Какие области внутреннего экономического риска можно выделить по центрам ответственности?

2. Какие структурные подразделения предприятия могут быть накопителями его расходов? Что еще может выступать основой для распределения затрат?

3. Почему факторы производства предпочтительнее в качестве признака для выделения групп риска, чем, например, ассортимент продукции, при проведении сравнительного анализа экономического риска двух предприятий?

4. Какую ситуацию характеризует индекс соответствия, равный 1,1?

5. Какое управленческое решение и почему вы примете при индексе соответствия, равном 1,1, в отношении цены произве-

ленной продукции? Каковы возможные последствия несет ваше решение для предприятия?

6. Почему при индексе соответствия, равном 0,85, могут увеличиться затраты на производство и снизиться качество продукции?

7. Почему и какую часть производственного времени при наступлении риска невостребованности продукции правильнее относить к потерям, чем к полезно затраченному труду?

8. Может ли инфляция быть причиной риска невостребованности продукции?

9. Почему риск невостребованности продукции относится к категории смешанных рисков?

10. Можно ли риск невостребованности продукции отнести к внутриотраслевому?

11. Почему цена является и внутренним, и внешним фактором спроса на продукцию предприятия?

12. Почему увеличение числа потребителей продукции предприятия снижает риск ее невостребованности, а увеличение числа каналов сбыта повышает его?

13. За счет чего обнаружение риска в процессе изготовления продукции принесет предприятию более высокие потери по сравнению с этапом ее освоения?

14. Правильным ли будет управленческое решение о прекращении производства продукции, пользующейся ограниченным спросом из-за высокой цены? Каковы в этом случае составляющие экономических потерь, которые понесет фирма?

15. Назовите основные этапы кругооборота материальных оборотных средств предприятия?

16. Если предприятие в отчетном периоде заменило одни виды материальных ресурсов другими, в каких единицах измерения можно исчислить общее изменение его материальных затрат?

17. Если при замене материала ухудшилось качество готовой продукции, за счет чего может снизиться прибыль предприятия?

18. Какой способ учета материалов позволяет в отчетном периоде минимизировать прибыль?

19. Какой способ учета материалов позволяет более точно определить величину материальных затрат на производство и их запасов?

20. Осуществляется ли в процессе диагностики риска его оценка?

21. На каком этапе принятия управленческого решения и почему дается интегральная качественная оценка его риска?

22. Если управленческое решение имеет два пути по критерию затрат, а время на его реализацию одинаково в обоих случаях, то чем будет определяться выбор единственного решения?

23. Как связаны между собой показатели вероятности, опасности и важности риска?

24. В какую группу абсолютных или относительных показателей вы включите показатель «ожидаемая выручка от реализуемой продукции»? Почему?

25. Чем различаются объективный и субъективный методы исчисления вероятности наступления какого-либо события? В чем их преимущества и недостатки?

26. Свидетельствует ли возможное снижение объема продаж на 5 % о наступлении ситуации риска и почему?

◆ *Задачи*

Задача 1. Оцените по следующим характеристикам деятельность финансовых служб предприятия в соответствии с типом его внешней среды.

<i>Тип внешней среды</i>	<i>Возможность участия и сложность в финансовом прогнозировании</i>	<i>Постоянство или колебания цен на продукцию</i>	<i>Стабильность уровней продаж</i>	<i>Стабильность уровней прибыльности</i>
А: Простая/стабильная				
Б: Сложная/стабильная				
В: Простая/нестабильная				
Г: Сложная/нестабильная				

Наметьте пути минимизации риска предприятия.

Задача 2. Используя приведенную ниже схему для каждого фактора воздействия внешней среды, приведите перечень угроз и возможностей текстильного предприятия, работающего на отечественном сырье.

Фактор воздействия	Угрозы	Возможности
1. Поставщики		
2. Покупатели		
3. Технология		
4. Рынок капитала		
5. Правительство		

Например:

Рынок рабочей силы	1. Забастовки	1. Своевременная выплата заработной платы
	2. Недостаток квалифицированных рабочих	2. Мобильность трудовых ресурсов.

Перечень угроз

1. Колебание курса ценных бумаг
2. Законы о конкуренции
3. Технический прогресс
4. Уменьшение числа поставщиков сырья
5. Уменьшение числа покупателей готовой продукции
6. Девальвация национальной валюты
7. Устаревание патента на используемую технологию
8. Изменение налоговых льгот
9. Картельные соглашения
10. Наличие закона о правах потребителей

Перечень возможностей

1. Свободное движение валюты
2. Правительственные субсидии на исследования и разработки
3. Поставщики, гарантирующие качество
4. Ускорение процесса производства
5. Приверженность торговой марке
6. Уменьшение периода поставок материалов.
7. Снижение процентных ставок
8. Роботизация и автоматизация технологического процесса
9. Наличие большой денежной массы
10. Закон о недобросовестной конкуренции

Задача 3. Для решения вопроса о включении художника-модельера А.П. Иванова в состав экспертной группы при формировании перспективной коллекции по 10-балльной шкале была проведена оценка его деловых качеств.

На основе полученных данных сделайте вывод о пригодности данного специалиста к работе в качестве эксперта.

<i>Характеристики специалиста</i>	<i>Фактическая оценка харак- теристики, балл</i>	<i>Весовая ха- рактеристика значимости вопроса</i>
1. Специалист в области текстильного и швейного производства	4	6
2. Коммуникабельность	4	3
3. Организатор производства	4	5
4. Политические взгляды	0	1
5. Знание общеэкономической ситуации	5	2
6. Художественный вкус и знание моды	8	10
7. Понимание женской психологии	6	8
8. Знание рынка сбыта швейной продукции	4	7
9. Перспективность и новаторство мышления	6	9
10. Опыт работы в данной области	3	4

Задача 4. Постройте блок-схему для выявления хозяйственного риска на складе сырья химического предприятия.

Задача 5. Разработайте схему анализа хозяйственного риска предприятия по типу произведенной им продукции, учитывая, что оно выпускает станки для предприятий текстильной промышленности, запасные части для них, а также бытовые шерсточесальные машинки и ручные ткацкие станки.

Задача 6. Выявите возможные виды внешнего и внутреннего риска предприятия, производящего шерстяные стеганные изделия (одеяла, куртки, комбинезоны и т.п.). Постройте блок-схему анализа его хозяйственного риска и дайте предложения по минимизации возможного внутреннего экономического риска данного предприятия.

Задача 7. Постройте классификацию основных факторов риска не востребоваемости продукции ювелирного и радиотехнического заводов.

Объясните имеющиеся различия в путях минимизации последствий при наступлении риска в случае падения спроса на продукцию обоих предприятий.

Задача 8. Вследствие стихийного бедствия шерсточесальная фабрика должна временно перейти на режим работы в две с половиной смены. Перечислите причины и факторы потенциального хозяйственного риска, который может при этом возникнуть. Как его избежать или минимизировать?

Задача 9. Предположим, что в 1998 г. розничный товарооборот предприятия характеризовался следующими величинами темпов роста в процентах к предыдущему периоду:

январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
87	91	105	101	98	100	101	102	102	100	100	111

Индекс потребительских цен за то же время составил соответственно, %:

104,1 102,8 102,8 102,2 101,6 101,2 100,7 99,8 100,3 101,2 101,9 101,4

С помощью графического метода анализа выявите периоды, которые характеризуются наступлением ситуации риска не востребоваемости продукции.

Задача 10. Обувное предприятие осваивает две модели женских осенних сапог, выручка от реализации которых составит 564 ден. ед. Одновременно снимается с производства устаревшая модель войлочных полуботинок на сумму 200 ден. ед.

Рынку предлагается новая модель зимних полусапожек, объем продаж которых равен 600 ден. ед. Второй год предприятие производит осенние женские полуботинки и зимние женские сапоги, объем реализации которых составляет соответственно 880 ден. ед. и 1 560 ден. ед. Основная часть продукции предприятия выпускается в течение трех лет: женские осенние сапоги 12 артикулов на сумму 14 200 ден. ед. и зимние сапоги 8 артикулов на сумму 20 400 ден. ед.

Проанализируйте экономический хозяйственный риск обувного предприятия: причины и возможность его возникновения и убыток в случае наступления ситуации риска.

Задача 11. По имеющимся данным охарактеризуйте качество производственного потенциала предприятия и оцените связанную с ним возможность возникновения риска неустойчивости продукции.

Возрастной состав парка оборудования приводится в таблице.

Группы оборудования	Количество единиц установленного оборудования, шт	В том числе по срокам службы			
		до 5 лет	от 5 до 10 лет	от 10 до 15 лет	свыше 15 лет
1. Металлорежущее	844	212	140	480	12
2. Кузнечно-прессовое	70	—	—	42	28
3. Деревообрабатывающее	24	8	16	—	—
4. Литейное и сушильное	62	12	26	16	8
5. Прочее	1220	286	364	422	148
Всего:	2220	518	546	960	196

Справка: средний срок морального старения техники составляет в настоящее время 5 — 7 лет.

Задача 12. Проанализируйте и оцените социально-демографический состав персонала предприятия с точки зрения

возможности возникновения риска невостребованности продукции по фактору «труд».

Исходные данные для анализа:

Показатель	Фактически в предыдущем году	В отчетном году	
		по плану	фактически
1. Состав работников основной деятельности по полу, чел.:			
а) мужчины	1356	1454	1321
в том числе рабочие	1160	1270	1089
б) женщины	1096	1050	1159
в том числе рабочие	910	848	1005
2. Возрастной состав специалистов, чел.:			
а) до 22 лет	30	36	30
б) от 22 до 30 лет	122	124	124
в) от 30 до 50 лет	184	190	180
г) свыше 50 лет	18	12	20
3. Возрастной состав основных производственных рабочих, чел.:			
а) до 18 лет	112	110	110
б) от 18 до 30 лет	406	456	432
в) от 30 до 50 лет	596	600	612
г) свыше 50 лет	956	952	940
4. Основные производственные рабочие по стажу работы, по специальности, чел.:			
а) до 1 года	222	220	220
б) от 1 до 2 лет	282	340	328
в) от 2 до 5 лет	718	718	626
г) свыше 5 лет	848	840	920

Кроме того, известно фактическое распределение основных производственных рабочих по квалификации в соответствии со сложностью выполняемых ими работ.

Соответствие квалификации рабочих сложности работ приводится в таблице.

<i>Разряд рабочих (x)</i>	<i>Разряд работ (y)</i>					
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
1-й	20	44				
2-й	20	126	16			
3-й		84	218	68		
4-й			4	414	84	8
5-й				10	540	130
6-й				4	10	294

Задача 13. Среди нижеперечисленных показателей выделите характеризующие возможность возникновения риска невосребованности продукции, связанного с качеством производственных основных фондов предприятия. Выделенные показатели объедините в группы по уровню их производительности, техническому состоянию, интенсивности использования, обновления, достаточности.

1. Наличие основных фондов на определенный период.
2. Коэффициент износа.
3. Среднегодовая стоимость активной части промышленно-производственных основных фондов.
4. Время нахождения в плановом ремонте.
5. Фондовооруженность рабочих.
6. Фондоемкость продукции.
7. Среднегодовая стоимость промышленно-производственных фондов.
8. Коэффициент обновления.
9. Коэффициент годности.

10. Средний возраст оборудования.
11. Коэффициент сменности работы оборудования.
12. Коэффициент выбытия.
13. Коэффициент ликвидности.
14. Коэффициент интенсивности обновления.
15. Фондоотдача.
16. Число часов фактического простоя оборудования.
17. Доля фактически работавшего оборудования в установленном.
18. Коэффициент использования оборудования по мощности.
19. Коэффициент использования оборудования по времени.
20. Коэффициент сменности рабочих.
21. Число внеплановых остановок оборудования.

Задача 14. Оцените рискованность замены материала и ее финансовые последствия для предприятия.

Деталь	Расход на одну деталь, кг		Стоимость обработки одной детали, ден. ед		Выпуск изделия за отчетный период, шт
	цветного металла	пластмассы	из цветного металла	из пластмассы	
06.100	1,8	0,8	1,0	0,6	8000
06.101	3,2	2,2	0,8	0,4	2400

Справка: оптовая цена 1 кг цветного металла — 24 ден. ед., пластмассы — 10 ден. ед.

Задача 15. На основе данных таблицы сравните технологии производства.

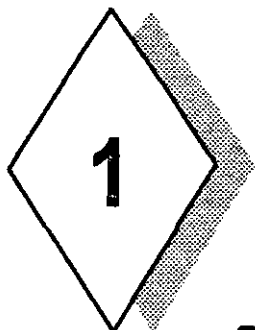
В первом варианте предприятие приобретает дополнительное оборудование и осуществляет весь цикл производства.

Во втором — оно приобретает комплектующие изделия и полуфабрикаты и осуществляет сборку готовой продукции.

Показатель	Условное обозначение для расчета	Вариант	
		1	2
1. Цена единицы продукции, ден. ед.	p	100	100
2. Максимальная мощность предприятия, шт.	$Q_{\max}$	2 000	2 000
3. Переменные затраты на единицу продукции, ден. ед.	v	40	68
4. Постоянные затраты, ден. ед.	c	370 000	480 000
5. Планируемый объем продаж, шт.	$Q_{\text{пл}}$	8 600	10 000

Часть 2

Исследование операций в производственном менеджменте



Глава

Задачи линейного программирования в производственном менеджменте

1.1. Составление линейных математических моделей

Задача линейного программирования является достаточно распространенной задачей принятия оптимальных решений в производственном менеджменте. Общая задача линейного программирования (ОЗЛП) математически может быть сформулирована следующим образом:

Найти значения переменных $X_1, X_2, \dots, X_n$, максимизирующих (минимизирующих) линейную форму

$$F(\bar{X}) = c_1 \cdot X_1 + c_2 \cdot X_2 + \dots + c_n \cdot X_n \quad (1.1)$$

при условиях

$$\left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, h \right. \quad (1.2)$$

$$\left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j = b_i, \quad i = h+1, \dots, m \right. \quad (1.3)$$

$$X_j \geq 0, j = 1, \dots, p, (p \leq n). \quad (1.4)$$

Соотношения (1.2)—(1.3) называются функциональными ограничениями, а (1.4) — прямым.

Пример 1. Металлургическому заводу требуется уголь с содержанием фосфора не более 0,03% и с долей зольных примесей не более 3,25%. Завод закупает три сорта угля А, В, С с известным содержанием

примесей. В какой пропорции нужно смешивать исходные продукты А, В, С, чтобы смесь удовлетворяла ограничениям на содержание примесей и имела минимальную цену?

Содержание примесей и цена исходных продуктов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Сорт угля	Содержание, %		Цена 1 т., руб.
	фосфора	зола	
А	0,06	2,0	30
В	0,04	4,0	30
С	0,02	3,0	45

Построим математическую модель.

Обозначим:

X_1 — количество угля сорта А в тонне смеси;

X_2 — количество угля сорта В в тонне смеси (переменные);

X_3 — количество угля сорта С в тонне смеси.

$F(\bar{X}) = 30 \cdot X_1 + 30 \cdot X_2 + 45 \cdot X_3$ — стоимость 1 т смеси (целевая функция),

$0,06 \cdot X_1 + 0,04 \cdot X_2 + 0,02 \cdot X_3 \leq 0,03$ (%) — ограничение на содержание фосфора в смеси,

$2 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 3 \cdot X_3 \leq 3,25$ (%) — ограничение на содержание зольных примесей,

$X_1 + X_2 + X_3 = 1$ (т) — ограничение на состав 1 т смеси.

Окончательно математическая модель имеет вид.

Определить количество угля сортов А, В, С (X_1, X_2, X_3) в тонне смеси, при котором достигается

$$F(\bar{X}) = 30 \cdot X_1 + 30 \cdot X_2 + 45 \cdot X_3 \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$0,06 \cdot X_1 + 0,04 \cdot X_2 + 0,02 \cdot X_3 \leq 0,03$$

$$2 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 3 \cdot X_3 \leq 3,25$$

$$X_1 + X_2 + X_3 = 1$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0.$$

Пример 2. Бройлерное хозяйство птицеводческой фермы насчитывает 20 000 цыплят, которые выращиваются до 8-недельного возраста

и после соответствующей обработки поступают в продажу. Недельный расход корма в среднем (за 8 недель) составляет $500\text{г} = 0,5\text{ кг}$.

Для того чтобы цыплята достигли к 8-й неделе необходимого веса, кормовой рацион должен удовлетворять определенным требованиям по питательности. Этим требованиям могут соответствовать смеси различных видов кормов, или ингредиентов.

В табл. 1.2 приведены данные, характеризующие содержание (по весу) питательных веществ в каждом из ингредиентов и удельную стоимость каждого ингредиента. Смесь должна содержать:

- ♦ не менее 0,8% кальция;
- ♦ не менее 22% белка;
- ♦ не более 5% клетчатки
(от общего веса смеси).

Требуется определить количество (кг) каждого из трех ингредиентов, образующих смесь минимальной стоимости, при соблюдении требований к общему расходу кормовой смеси и ее питательности.

Таблица 1.2

Ингредиент	Содержание питательных веществ (кг/ингредиента)			Стоимость, руб./кг
	Кальций	Белок	Клетчатка	
Известняк	0,38	—	—	0,04
Зерно	0,001	0,09	0,02	0,15
Соевые бобы	0,002	0,50	0,08	0,40

Математическая формулировка задачи

Введем следующие обозначения:

X_1 — содержание известняка в смеси, кг;

X_2 — содержание зерна в смеси, кг;

X_3 — содержание соевых бобов в смеси, кг.

Общий вес смеси, еженедельно расходуемый на кормление цыплят:

$$20\,000 \cdot 0,5 = 10\,000\text{ кг}.$$

Ограничения, связанные с содержанием кальция, белка и клетчатки в кормовом рационе, имеют вид:

$$0,38 \cdot X_1 + 0,001 \cdot X_2 + 0,002 \cdot X_3 \geq 0,008 \cdot 10\,000,$$

$$0,09 \cdot X_2 + 0,50 \cdot X_3 \geq 0,22 \cdot 10\,000,$$

$$0,02 \cdot X_2 + 0,08 \cdot X_3 \leq 0,05 \cdot 10\,000.$$

Окончательный вид математической формулировки задачи:

$$F(\bar{X}) = 0,04 \cdot X_1 + 0,15 \cdot X_2 + 0,40 \cdot X_3 \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$X_1 + X_2 + X_3 = 10\,000$$

$$0,38 \cdot X_1 + 0,001 \cdot X_2 + 0,002 \cdot X_3 \geq 80$$

$$0,09 \cdot X_2 + 0,50 \cdot X_3 \geq 2200$$

$$0,02 \cdot X_2 + 0,08 \cdot X_3 \leq 500$$

$$X_j \geq 0, j = 1, 2, 3.$$

Пример 3. В отделе технического контроля (ОТК) некоторой фирмы работают контролеры 1-го и 2-го разрядов. Норма выработки ОТК за 8-часовой рабочий день составляет не менее 1 800 изделий. Контролер 1-го разряда проверяет 25 изделий в час, причем не ошибается в 98% случаев. Контролер 2-го разряда проверяет 15 изделий в час; его точность составляет 95%.

Заработная плата контролера 1-го разряда равна 4 руб. в час, контролер 2-го разряда получает 3 руб. в час. При каждой ошибке контролера фирма несет убыток в размере 2 руб. Фирма может использовать восемь контролеров 1-го и десять 2-го разрядов. Руководство фирмы хочет определить оптимальный состав ОТК, при котором общие затраты на контроль будут минимальными.

Математическая формулировка задачи

Пусть X_1 и X_2 обозначают количество контролеров 1-го и 2-го разрядов соответственно. Число контролеров каждого разряда ограничено, т.е. имеются следующие ограничения:

$$X_1 \leq 8 \text{ (1-й разряд)}$$

$$X_2 \leq 10 \text{ (2-й разряд)}$$

Ежедневно необходимо проверять не менее 1800 изделий. Поэтому выполняется неравенство

$$8 \cdot 25 \cdot X_1 + 8 \cdot 15 \cdot X_2 = 200 \cdot X_1 + 120 \cdot X_2 \geq 1800,$$

или

$$5 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 \geq 45.$$

При построении целевой функции следует иметь в виду, что расходы фирмы, связанные с контролем, включают две составляющие:

- 1) зарплату контролеров,
- 2) убытки, вызванные ошибками контролеров.

Расходы на одного контролера 1-го разряда в час составляют

$$4 \text{ руб.} + 2 \cdot 25 \cdot 0,02 \text{ руб.} = 5 \text{ руб.}$$

Расходы на одного контролера 2-го разряда в час составляют
 $3 \text{ руб.} + 2 \cdot 15 \cdot 0,05 \text{ руб.} = 4 \text{ руб.} 50 \text{ коп.}$

Следовательно, минимизируемая целевая функция, выражающая ежедневные расходы на контроль, имеет вид:

$$8 \cdot (5 \cdot X_1 + 4,5 \cdot X_2) = 40 \cdot X_1 + 36 \cdot X_2.$$

Теперь можно сформулировать следующую задачу ЛП:

$$F(\bar{X}) = 40 \cdot X_1 + 36 \cdot X_2 \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$X_1 \leq 8$$

$$X_2 \leq 10$$

$$5 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 \geq 45$$

$$X_1, X_2 \geq 0.$$

Пример 4. Промышленная фирма производит изделие, представляющее собой сборку из трех различных узлов. Эти узлы изготавливаются на двух заводах. Из-за различий в составе технологического оборудования производительность заводов по выпуску каждого из трех видов узлов неодинакова. В табл. 1.3 содержатся исходные данные, характеризующие как производительность заводов по выпуску каждого из узлов, так и максимальный суммарный ресурс времени, которым располагает каждый из заводов для производства этих узлов.

Таблица 1.3

Завод	Максимальный недельный фонд времени, час	Производительность, узел/час		
		Узел 1	Узел 2	Узел 3
1	100	8	5	10
2	80	6	12	4

Идеальной является такая ситуация, когда производственные мощности обоих заводов используются таким образом, что в итоге обеспечивается выпуск одинакового количества каждого из видов узлов. Однако этого трудно добиться из-за различий в производительности заводов. Более реальная цель состоит, по-видимому, в том, чтобы максимизировать выпуск изделий, что по существу эквивалентно минимизации дисбаланса, возникающего вследствие некомплектности поставки по одному или двум видам узлов.

Требуется определить еженедельные затраты времени (в часах) на производство каждого из трех видов узлов на каждом заводе, обеспечивающие максимальный выпуск изделий.

Математическая формулировка задачи

Возможный объем производства каждого из трех видов узлов зависит от того, какой фонд времени выделяет каждый завод для их изготовления. Это послужит для нас исходным моментом при идентификации переменных.

Пусть x_{ij} — недельный фонд времени (в часах), выделяемый на заводе i для производства узлов вида j . Тогда объемы производства каждого из трех комплектующих узлов равны:

$$\text{узел 1: } 8 \cdot x_{11} + 6 \cdot x_{21},$$

$$\text{узел 2: } 5 \cdot x_{12} + 12 \cdot x_{22},$$

$$\text{узел 3: } 10 \cdot x_{13} + 4 \cdot x_{23}.$$

Так как в конечной сборке каждый из комплектующих узлов представлен в одном экземпляре, количество конечных изделий должно быть равно количеству комплектующих узлов, объем производства которых минимален. Если, например, объем производства двух заводов составляет 100, 112 и 108 соответствующих узлов, то количество конечных изделий будет равно $\min \{100, 112, 108\} = 100$. Поэтому количество конечных изделий можно выразить через число комплектующих узлов следующим образом:

$$\min \{8 \cdot x_{11} + 6 \cdot x_{21}, 5 \cdot x_{12} + 12 \cdot x_{22}, 10 \cdot x_{13} + 4 \cdot x_{23}\}.$$

Условия рассматриваемой задачи устанавливают ограничения только на фонд времени, которым располагает каждый завод. Таким образом, математическую модель можно представить в следующем виде:

$F(\bar{X}) = \min \{8 \cdot x_{11} + 6 \cdot x_{21}, 5 \cdot x_{12} + 12 \cdot x_{22}, 10 \cdot x_{13} + 4 \cdot x_{23}\} \rightarrow \max$
при ограничениях

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 100 \text{ (завод 1);}$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 80 \text{ (завод 2);}$$

$$x_{ij} \geq 0, i=1, 2; j=1, 2, 3.$$

Данная модель не является линейной, но ее можно привести к линейной форме с помощью простого преобразования. Пусть y — количество изделий равно

$$\min \{8 \cdot x_{11} + 6 \cdot x_{21}, 5 \cdot x_{12} + 12 \cdot x_{22}, 10 \cdot x_{13} + 4 \cdot x_{23}\}.$$

Этому выражению с математической точки зрения эквивалентна следующая формулировка:

$$y \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$8 \cdot x_{11} + 6 \cdot x_{21} \geq y$$

$$5 \cdot x_{12} + 12 \cdot x_{22} \geq y$$

$$10 \cdot x_{13} + 4 \cdot x_{23} \geq y$$

$$y \geq 0.$$

Можно убедиться в том, что максимизация y будет приводить к равенству этой переменной наименьшей из левых частей трех введенных ограничений, а это как раз и требуется.

Таким образом, окончательно математическую модель можно записать в виде

$$y \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$8 \cdot x_{11} + 6 \cdot x_{21} - y \geq 0$$

$$5 \cdot x_{12} + 12 \cdot x_{22} - y \geq 0$$

$$10 \cdot x_{13} + 4 \cdot x_{23} - y \geq 0$$

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 100$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 80$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2; j = 1, 2, 3, y \geq 0.$$

Пример 5. Фирма выпускает три вида продукции (изделий). В процессе производства используются три технологические операции. На рис. 1.1 показана технологическая схема производства изделий 1-го, 2-го и 3-го видов. При изготовлении изделия 2 технологическая операция 2 не выполняется, а при производстве изделия 3 используются только технологические операции 1 и 2. В прямоугольниках на рис. 1.1 указана длительность технологических операций при изготовлении изделия каждого вида.

Так как эти технологические операции используются фирмой и для других производственных целей, фонд рабочего времени, в течение которого операции 1, 2 и 3 могут быть применены для производства рассматриваемых изделий, ограничен следующими предельными значениями (в сутки):

для операции 1 — 430 мин,

для операции 2 — 460 мин,

для операции 3 — 420 мин.

Изучение рынка сбыта показало, что ожидаемая прибыль от продажи одного изделия 1-, 2- и 3-го видов составляет 3, 2 и 5 руб. соответственно.

Каков наиболее выгодный суточный объем производства каждого вида изделия?

Как уже было показано, построение математической модели следует начинать с идентификации управляемых переменных (искомых величин). После этого определяются целевая функция и ограничения через соответствующие переменные.

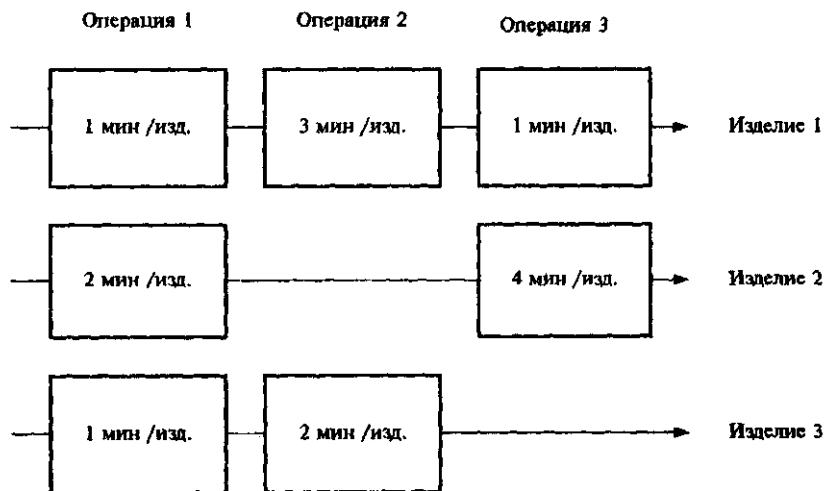


Рис. 1.1. Технологическая схема производства изделий 1-, 2- и 3-го видов

Пусть

X_1 — количество производимых изделий 1-го вида,

X_2 — количество производимых изделий 2-го вида,

X_3 — количество производимых изделий 3-го вида.

При использовании этих обозначений математическая формулировка задачи принимает вид:

$$F(\bar{X}) = 3 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2 + 5 \cdot X_3 \rightarrow \max \quad \begin{array}{l} \text{(целевая функция)} \\ \text{(величина прибыли за сутки)} \end{array}$$

при ограничениях

$$\begin{array}{ll} \text{для операции 1: } 1 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2 + 1 \cdot X_3 \leq 430 & \text{(предельное время} \\ \text{для операции 2: } 3 \cdot X_1 + 0 \cdot X_2 + 2 \cdot X_3 \leq 460 & \text{использования операций} \\ \text{для операции 3: } 1 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 0 \cdot X_3 \leq 420 & \text{в течение суток)} \end{array}$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0.$$

1.2. Геометрическая интерпретация задачи производственного планирования

Задачи производственного менеджмента во многих случаях оказываются ассоциированными с задачами распределительного типа, т.е. с задачами, в которых требуется распределить ограниченные ресурсы по нескольким видам производственной деятельности.

Рассмотрим следующую ситуацию, получившую название задачи производственного планирования. Пусть из технологических соображений известен перечень продуктов, которые предприятие может производить без дополнительных капиталовложений. Кроме того, известны вид и количество ресурсов, отпущенных предприятию для производственного потребления, и структура материальных затрат и доходов. В этих условиях перед предприятием стоит задача выбора плана производства, обеспечивающего получение максимальной прибыли.

Перейдем к построению математической модели рассмотренной ситуации. Будем считать, что предприятие может производить n различных продуктов ($j = 1, \dots, n$). Количество j -го продукта выпускаемого по плану, обозначим через X_j . В этом случае план производства может быть описан с помощью вектора $(\bar{X}) = (X_1, X_2, \dots, X_n)$. Предположим, что предприятие располагает для организации производственного процесса m видами различных ресурсов ($i = 1, \dots, m$). Количество ресурса i -го вида, отпущенное предприятию для потребления, обозначим через b_i . Количество ресурса i -го вида, расходуемое предприятием на производство единицы j -го продукта, обозначим через a_{ij} , а прибыль, от производства единицы продукции j -го вида через c_j .

Тогда, в принятых нами обозначениях, задача выбора плана производства, обеспечивающего получение максимальной прибыли, может быть сформулирована как математическая задача в следующем виде:

Найти вектор-план $\bar{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, удовлетворяющий системе ограничений

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot X_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$X_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n,$$

при котором целевая функция задачи

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n c_j \cdot X_j$$

имеет максимальное значение.

Пример 1. Предприятие производит два вида продукции A_1, A_2 , используя сырье трех типов: S_1, S_2, S_3 . Нормы расхода сырья каждого типа на единицу продукции, их наличие в распоряжении предприятия, а также прибыль от реализации единицы продукции приведены в табл. 1.4. Требуется составить такой план выпуска продукции, при котором прибыль предприятия от ее реализации является максимальной.

Таблица 1.4

Вид сырья	Норма расхода сырья на единицу продукции		Наличие сырья
	A_1	A_2	
S_1	1	1	5
S_2	2	1	9
S_3	1	2	7
Прибыль от единицы продукции	3	4	

Математическая модель данной задачи может быть записана следующим образом:

Определить объемы производства продукции вида A_1 и A_2 , при которых достигается максимум целевой функции

$$F(\bar{X}) = 3 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2$$

при ограничениях

$$X_1 + X_2 \leq 5 \quad (1)$$

$$2 \cdot X_1 + X_2 \leq 9 \quad (2)$$

$$X_1 + 2 \cdot X_2 \leq 7 \quad (3)$$

$$X_1, X_2 \geq 0, \quad (4)$$

где X_1 и X_2 — количество единиц продукции вида A_1 и A_2 .

С формальных позиций данная модель является линейной потому, что все входящие в нее функции линейные. Так как модель содержит только две переменные, задачу можно решить графически.

Первый шаг при использовании графического метода, заключается в геометрическом представлении допустимых решений, т.е. построении области, в которой одновременно выполняются все ограничения модели. Искомая область (пространство) решений показана на рис. 1.2.

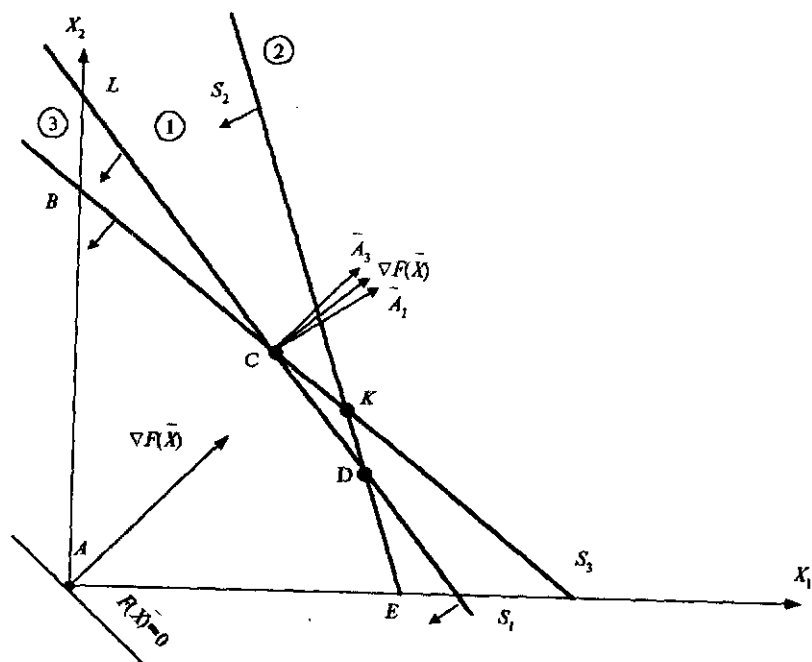


Рис. 1.2. Графический метод решения задачи

Пространство решений содержит бесконечное число точек. Известно, что направление возрастания целевой функции модели определяется вектором-градиентом, т.е. вектором с координатами

$$(3;4) - \left[\nabla F(\bar{X}) = \left\{ \frac{\partial F}{\partial x_1}; \frac{\partial F}{\partial x_2} \right\} = \{3,4\} \right].$$

На рис. 1.2 это направление показано стрелкой. Чтобы найти оптимальное решение, следует перемещать прямую, характеризующую прибыль (линию уровня целевой функции) в направлении вектора-

градиента до тех пор, пока она не сместится в область недопустимых решений. Из рис. 1.2. видно, что оптимальному решению соответствует точка C с координатами $(3;2)$. Полученное решение означает, что объем производства продукции A_1 равен трем единицам, а продукции A_2 — двум единицам. Прибыль от реализации составит 17 денежных единиц. Заметим, что оптимальному решению всегда может быть поставлена в соответствие одна из допустимых угловых точек пространства решений (на рис. 1.2 это точки A, B, C, D, E). Какая из этих точек окажется оптимальной, зависит от наклона линии уровня целевой функции, т.е. от коэффициентов целевой функции.

Основы анализа на чувствительность (анализ модели после нахождения оптимального решения)

После того как оптимальное решение получено, выявляется его чувствительность к определенным изменениям исходной модели. В нашей задаче, например, могут представить интерес вопросы о том, как повлияют на оптимальное решение изменение запасов сырья и изменение прибыли от единицы продукции.

В связи с этим представляется логичным выяснить:

1. На сколько можно увеличить запас некоторого вида сырья для улучшения полученного оптимального значения целевой функции?
2. На сколько можно снизить запас некоторого вида сырья при сохранении полученного оптимального значения целевой функции?
3. Увеличение объемов какого вида сырья наиболее выгодно?
4. Каков диапазон изменения того или иного коэффициента целевой функции, при котором не происходит изменения оптимального решения?

Прежде чем ответить на первые два вопроса, классифицируем ограничения на активные и неактивные. Прямая, представляющая активное ограничение, должна проходить через оптимальную точку. В противном случае соответствующее ограничение будет неактивным. На рис. 1.2 активными ограничениями являются (1) и (3), т.е. те, которые лимитируют запасы сырья S_1 и S_3 .

Если некоторое ограничение является активным, логично отнести соответствующее сырье к разряду дефицитных, так как оно расходуется полностью. Сырье, с которым ассоциируется

неактивное ограничение, следует отнести к разряду недефицитных, так как оно имеется в некотором избытке. В нашей задаче используемое сырье S_1 и S_3 является дефицитным.

Рассмотрим вначале сырье S_1 (ограничение (1)). Из рис. 1.2 видно, что при увеличении запаса этого вида сырья прямая (1) (отрезок CD) перемещается вверх параллельно самой себе, постепенно стягивая в точку треугольник CKD . В точке K становятся активными ограничения (2) и (3). Оптимальному решению при этом будет соответствовать точка K , в которой ограничение (1) становится неактивным. Поэтому дальнейший рост запаса сырья S_1 не следует увеличивать сверх того предела, когда ограничение становится неактивным (избыточным).

Этот предельный уровень определяется путем подстановки координат точки K ($11/3; 5/3$) в левую часть ограничения (1). В результате получим

$$1 \cdot 11/3 + 1 \cdot 5/3 = 16/3,$$

$$F(K) = 3 \cdot 11/3 + 4 \cdot 5/3 = 53/3.$$

Аналогично рассматривается вопрос о целесообразности увеличения запаса дефицитного сырья S_3 . Из рис. 1.2 видно, что при увеличении этого вида сырья прямая (3) (отрезок BC) перемещается вверх параллельно самой себе. В точке L ограничение (3) становится неактивным, поэтому объем сырья S_3 не следует увеличивать сверх этого предела. Этот предельный уровень определяется путем подстановки координат точки L ($0; 5$) в левую часть ограничения (3). В результате получим

$$1 \cdot 0 + 2 \cdot 5 = 10,$$

$$F(L) = 3 \cdot 0 + 4 \cdot 5 = 20.$$

Рассмотрим теперь вопрос об уменьшении запаса недефицитного сырья S_2 (ограничение (2)). Из рис. 1.2 видно, что, не изменяя оптимального решения, прямую (2) (отрезок KE) можно перемещать параллельно самой себе до пересечения с точкой C . Уменьшение запаса сырья S_2 до величины 8 ($2 \cdot 3 + 1 \cdot 2 = 8$) никак не повлияет на оптимальность полученного ранее решения.

Результаты проведенного анализа помещены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Сырье	Тип сырья	Максимальное изменение запаса	Максимальное изменение прибыли
S_1	Дефицитное	$16/3 - 5 = 1/3$	$53/3 - 51/3 = 2/3$
S_2	Недефицитное	$9 - 8 = 1$	$17 - 17 = 0$
S_3	Дефицитное	$10 - 7 = 3$	$20 - 17 = 3$

Для ответа на третий вопрос введем характеристики ценности каждой дополнительной единицы сырья. Обозначим ценность дополнительной единицы i -го вида сырья через Y_i , где

$Y_i = \{\text{максимальное приращение } F(\bar{X}) / \text{максимальное изменение запаса сырья } S_i\} = \frac{\Delta F(\bar{X})}{\Delta S_i}, \quad i = 1, \dots, 3.$

Тогда

$$Y_1 = 2, \quad Y_2 = 0, \quad Y_3 = 1.$$

Полученные результаты свидетельствуют о том, что дополнительные вложения в первую очередь следует направлять на закупку сырья S_1 и лишь затем — на закупку сырья S_3 .

При выяснении вопроса относительно величины диапазона изменения того или иного коэффициента целевой функции, в котором не происходит изменения оптимального решения, опять обратимся к рис.1.2. Из него видно, что при небольшом изменении коэффициентов целевой функции c_1 и c_2 прямая $F(\bar{X}) = 17$ вращается вокруг точки C . Таким образом, точка C будет оставаться оптимальной до тех пор, пока прямая $F(\bar{X})$ не выйдет за пределы, определяемые первым и третьим ограничениями {пока вектор $\nabla F(\bar{X})$ будет находиться между нормальными к первому и третьему ограничениям}.

Определим сначала диапазон изменения коэффициента c_1 при фиксированном коэффициенте c_2 ($c_2 = 4$). Тангенсы углов наклона для векторов $\nabla F(\bar{X})$, $\bar{A}_1$, $\bar{A}_3$, соответственно равны:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = c_2/c_1, \quad \operatorname{tg}(\alpha_1) = 1, \quad \operatorname{tg}(\alpha_3) = 2.$$

Поэтому диапазон изменения коэффициента c_1 в целевой функции определится из соотношения $1 \leq c_2/c_1 \leq 2$, т.е. $2 \leq c_1 \leq 4$.

Диапазон изменения коэффициента c_2 при фиксированном c_1 ($c_1 = 3$) определяется аналогично, т.е. $3 \leq c_2 \leq 6$.

1.3. Симплекс-метод решения задачи производственного планирования

Все точные методы решения общей задачи линейного программирования (ОЗЛП) косвенные, т.е. решаются не непосредственно, а через некоторую другую задачу, и на основе ее делаем вывод о решении ОЗЛП. Такой косвенной задачей в ЛП является каноническая задача линейного программирования (КЗЛП).

Канонической задачей линейного программирования будем называть следующую задачу:

$$F(\bar{X}) = (\bar{C}, \bar{X}) \rightarrow \max (\min); \quad (1.5)$$

$$A\bar{X} = \bar{b}; \quad (1.6)$$

$$\bar{X} \geq \bar{0}; \quad (1.7)$$

$$\text{rang}(A) = m < n, \quad (1.8)$$

где

$$\bar{C} = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T, \quad \bar{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)^T,$$

$$A = (a_{ij})_{m,n} = (\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_n), \quad \bar{b} = (b_1, b_2, \dots, b_m)^T, \quad \bar{b} \geq \bar{0}.$$

Если целевая функция имеет конечный экстремум, то по крайней мере одно оптимальное решение является базисным (вершиной допустимого множества). Это означает, что при поиске оптимального решения в допустимой области можно ограничиться базисными допустимыми решениями.

В вычислительной схеме симплекс-метода реализуется вычислительный процесс, при котором, начиная с некоторой допустимой вершины (обычно начала координат), осуществляют последовательные переходы от одной допустимой вершины к другой до тех пор, пока не будет найдена точка, соответствующая оптимальному плану.

Канонический вид, рассмотренной в п. 1.2 задачи производственного планирования, будет следующим:

$$F(\bar{X}) = 3 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2 + 0 \cdot X_3 + 0 \cdot X_4 + 0 \cdot X_5 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{aligned}
 X_1 + X_2 + X_3 &= 5 \\
 2 \cdot X_1 + X_2 + X_4 &= 9 \\
 X_1 + 2 \cdot X_2 + X_5 &= 7 \\
 X_j &\geq 0, j = 1, \dots, 5.
 \end{aligned}$$

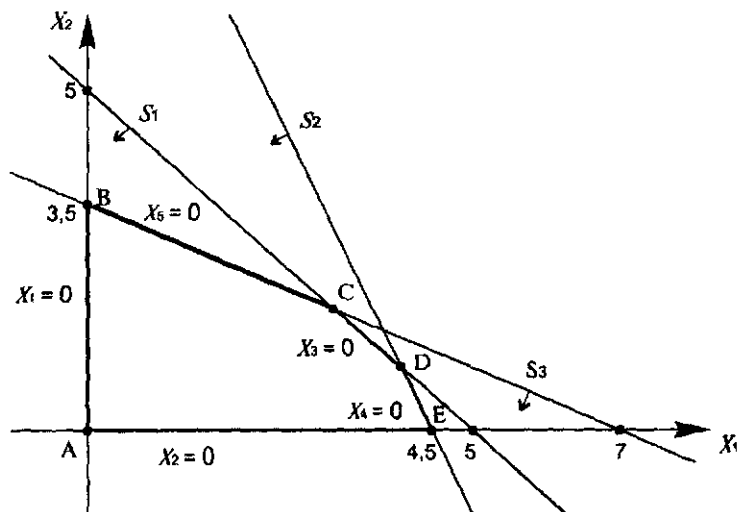


Рис. 1.3. Пространство решений канонической задачи

Каждую точку пространства решений можно определить с помощью переменных X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 . Увеличение переменных X_3, X_4, X_5 будет соответствовать смещению допустимых точек с границ пространства решений в его внутреннюю область. Нас интересует прежде всего алгебраическое представление вершин допустимого множества. Анализируя рис. 1.3, можно записать:

Вершина	Нулевые переменные (свободные)	Ненулевые переменные (базисные)
A	x_1, x_2	x_3, x_4, x_5
B	x_1, x_5	x_2, x_3, x_4
C	x_3, x_5	x_1, x_2, x_4
D	x_3, x_4	x_1, x_2, x_5
E	x_2, x_4	x_1, x_3, x_5

Смежные вершины (крайние точки) отличаются только одной переменной в каждой группе свободных и базисных переменных. Все допустимые вершины определяются, как все неотрицательные базисные решения системы линейных уравнений (1.6).

Расширенную матрицу системы линейных уравнений, которая определяет неотрицательное базисное решение исходной системы, будем называть K -матрицей.

Пусть $B_{\bar{N}^{(s)}} = (\bar{A}_{N_1^{(s)}}, \bar{A}_{N_2^{(s)}}, \dots, \bar{A}_{N_m^{(s)}})$ — базисная подматрица, т.е. матрица, составленная из столбцов $(N_1^{(s)}, N_2^{(s)}, \dots, N_m^{(s)})$ матрицы $\tilde{A}$, образующих на s -й итерации симплекс-метода единичную подматрицу.

Матрица $K^{(s)}$ может быть получена следующим образом:

$$K^{(s)} = \left(B_{\bar{N}^{(s)}}^{-1} \right) \cdot \tilde{A}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} \Delta_j^{(s)} &= (\bar{C}_{\bar{N}^{(s)}}^T, \bar{A}_j^{(s)}) - C_j = (\bar{C}_{\bar{N}^{(s)}}^T, (B_{\bar{N}^{(s)}}^{-1}) \cdot \bar{A}_j) - C_j = \\ &= (B_{\bar{N}^{(s)}}^{-1})^T \cdot \bar{C}_{\bar{N}^{(s)}}^T, \bar{A}_j) - C_j. \end{aligned}$$

В нашей задаче

$$\tilde{A} = \left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 5 \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 0 & 9 \\ 1 & 2 & 0 & 0 & 1 & 7 \end{array} \right) = K^{(0)},$$

$$\bar{N}^{(0)} = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix}, \quad \bar{X}_{\bar{N}^{(0)}} = \begin{pmatrix} 5 \\ 9 \\ 7 \end{pmatrix}, \quad \bar{C}_{\bar{N}^{(0)}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

$K^{(0)}$ определяет исходный опорный план. Это вершина A на рис. 1.3. Приведем решение рассмотренной выше задачи в симплекс-таблице (табл. 1.6)

Таблица 1.6

Номер ите- рации	$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_{\bar{N}}^{(s)}$	$\frac{3}{A_1}$	$\frac{4}{A_2}$	$\frac{0}{A_3}$	$\frac{0}{A_4}$	$\frac{0}{A_5}$	$\bar{X}_{\bar{N}}^{(s)} = \bar{b}^{(s)}$
0	3	0	1	1	1	0	0	5
	4	0	2	1	0	1	0	9
	5	0	1	2	0	0	1	7
	Δ_j		-3	-4	0	0	0	$F(X) = 0$
1	3	0	1/2	0	1	0	-1/2	3/2
	4	0	3/2	0	0	1	-1/2	11/2
	2	4	1/2	1	0	0	1/2	7/2
	Δ_j		-1	0	0	0	2	$F(X) = 14$
2	1	3	1	0	2	0	-1	3
	4	0	0	0	-3	1	1	1
	2	4	0	1	-1	0	1	2
	Δ_j		0	0	2	0	1	$F(X) = 17$

Из последней итерации симплекс-таблицы можно получить информацию относительно оптимального плана, статуса сырья, ценности сырья, чувствительности базиса к изменению запасов сырья и вариациям коэффициентов целевой функции.

1. *Оптимальное решение.* Используя данные симплекс-таблицы, основные результаты можно представить в следующем виде:

$$\bar{X}^* = (3, 2, 0, 1, 0),$$

$X_1 = 3$ — объем производства продукции вида A_1 ,

$X_2 = 2$ — объем производства продукции вида A_2 ,

$F(\bar{X}^*) = 17$ — прибыль от реализации продукции.

2. *Статус видов сырья.* Сырье S_1 — дефицитное, так как значение остаточной переменной X_3 равно нулю. Сырье S_2 — недефицитное, так как значение остаточной переменной X_4 равно единице. Положительное значение остаточной переменной указывает на неполное использование соответствующего вида сырья. Сырье S_3 — дефицитное, так как значение остаточной переменной X_5 равно нулю. Увеличение запасов сырья S_1 и S_3 позволит улучшить найденное решение.

3. *Ценность сырья.* Ценность различных видов сырья характеризуется величиной улучшения оптимального значения $F(\bar{X}^*)$, приходящегося на единицу прироста соответствующего вида сырья:

$$Y_i = \frac{\Delta F(\bar{X})}{\Delta S_i}, i = 1, \dots, m.$$

Как следует из теории линейного программирования, ценность видов сырья можно определить по формуле:

$$Y_i = \Delta_{N_i^{(0)}}^* + C_{N_i^{(0)}}, i = 1, \dots, m,$$

где $N_i^{(0)}$ — номер единичного столбца с единицей на i -м месте в матрице $K^{(0)}$,

$C_{N_i^{(0)}}$ — коэффициент при переменной $X_{N_i^{(0)}}$ в целевой функции,

$\Delta_{N_i^{(0)}}^*$ — симплексная разность при переменной $X_{N_i^{(0)}}$ в последней итерации.

В нашем примере:

$$Y_1 = \Delta_3^* + C_3 = 2 + 0 = 2;$$

$$Y_2 = \Delta_4^* + C_4 = 0 + 0 = 0;$$

$$Y_3 = \Delta_5^* + C_5 = 1 + 0 = 1.$$

4. *Чувствительность базиса к изменению запасов сырья.* Предположим, что запас первого вида сырья изменился на Δ_1 , т.е. теперь он составляет $5 + \Delta_1$ единиц. Введение Δ_1 скажется только на правой части симплекс-таблицы. Все же изменения правой части можно непосредственно определить по данным симплекс-таблицы. А именно, коэффициенты при Δ_1 в правых частях ограничений будут равны коэффициентам при первой остаточной переменной, т.е. при переменной X_3 . Так как изменение запаса сырья может повлиять на допустимость базисного решения, то величина Δ_1 должна быть ограничена решением системы неравенств:

$$\begin{cases} 3 + 2 \cdot \Delta_1 \geq 0 \\ 1 - 3 \cdot \Delta_1 \geq 0 \Rightarrow -3/2 \leq \Delta_1 \leq 1/3 \text{ или } \left(3\frac{1}{2} \leq b_1 \leq 5\frac{1}{3} \right). \\ 2 - 1 \cdot \Delta_1 \geq 0 \end{cases}$$

В данном диапазоне изменения запаса сырья S_1 переменные X_1 , X_4 , X_2 остаются базисными и определяют оптимальное базисное решение. В этом случае остаются неизменными виды производственной деятельности.

При исследовании чувствительности базиса к изменению запасов сырья S_2 и S_3 поступим аналогично. Соответственно получим:

$$\begin{cases} 3 + 0 \cdot \Delta_2 \geq 0 \\ 1 + 1 \cdot \Delta_2 \geq 0, \\ 2 + 0 \cdot \Delta_2 \geq 0 \end{cases} \quad \begin{cases} 3 - 1 \cdot \Delta_3 \geq 0 \\ 1 + 1 \cdot \Delta_3 \geq 0 \\ 2 + 1 \cdot \Delta_3 \geq 0 \end{cases}$$

$$\Delta_2 \geq -1, \quad -1 \leq \Delta_3 \leq 3$$

$$8 \leq b_2, \quad 6 \leq b_3 \leq 10.$$

Так как изменение запасов сырья может повлиять только на допустимость решения, то интервалы изменения запасов сырья в общем случае определяются из соотношений:

$$\bar{b}^* = B_N^{-1} \cdot \bar{b} = \begin{pmatrix} 2 & 0 & -1 \\ -3 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 5 + \Delta_1 \\ 9 + \Delta_2 \\ 7 + \Delta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 + 2 \cdot \Delta_1 - \Delta_3 \\ 1 - 3 \cdot \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \\ 2 - \Delta_1 + \Delta_3 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3 + 2 \cdot \Delta_1 - \Delta_3 \geq 0 \\ 1 - 3 \cdot \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \geq 0. \\ 2 - \Delta_1 + \Delta_3 \geq 0 \end{cases}$$

5. *Чувствительность оптимального плана к вариациям коэффициентов целевой функции.* Так как любые изменения коэффициентов целевой функции оказывают влияние на симплексные разности, то такие изменения могут сделать полученное решение неоптимальным. Предположим, что коэффициент C_1 изменился на δ_1 , а коэффициент C_2 остался без изменения, т.е.

$$F(\bar{X}) = (3 + \delta_1) \cdot X_1 + 4 \cdot X_2.$$

Симплексные разности при базисных переменных X_1 , X_4 , X_2 останутся равными нулю. Коэффициенты при δ_1 в симплексных разностях небазисных переменных X_3 и X_5 будут равны коэффициентам при этих переменных в уравнении, соответствующем базисной переменной X_1 , так как именно при этой переменной изменился коэффициент. Таким образом получим

$$\begin{cases} 2 + 2 \cdot \delta_1 \geq 0 \\ 1 - \delta_1 \geq 0 \end{cases} \Rightarrow -1 \leq \delta_1 \leq 1, \quad 2 \leq C_1 \leq 4.$$

Аналогично для случая

$$F(\bar{X}) = 3 \cdot X_1 + (4 + \delta_2) \cdot X_2$$

получим

$$\begin{cases} 2 - \delta_2 \geq 0 \\ 1 + \delta_2 \geq 0 \end{cases} \Rightarrow -1 \leq \delta_2 \leq 2, \quad 3 \leq C_2 \leq 6.$$

Любое изменение коэффициента целевой функции при небазисной переменной приводит лишь к тому, что в заключительной симплексной таблице изменяется только симплексная разность соответствующей этой переменной. В таком случае необходимо требовать $\Delta_k - \delta_k \geq 0$, если изменился коэффициент при k -й переменной.

Изменение коэффициентов целевой функции оказывает влияние на оптимальность полученного ранее решения. Поэтому допустимые интервалы изменения коэффициентов целевой функции в общем случае определяются из следующих соотношений:

$$\Delta_j = (\bar{Y}^*, \bar{A}_j) - C_j = \left((B_N^{-1})^T \cdot \bar{C}_N^*, \bar{A}_j \right) - C_j \geq 0.$$

$$(B_N^{-1})^T \cdot \bar{C}_N^* = \begin{pmatrix} 2 & -3 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 + \delta_1 \\ 0 \\ 4 + \delta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \\ 0 \\ 1 - \delta_1 + \delta_2 \end{pmatrix}.$$

$$\Delta_1^* = \begin{pmatrix} 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \\ 0 \\ 1 - \delta_1 + \delta_2 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} - 3 - \delta_1 = 0 \geq 0,$$

$$\Delta_2^* = \begin{pmatrix} 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \\ 0 \\ 1 - \delta_1 + \delta_2 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix} - 4 - \delta_2 = 0 \geq 0,$$

$$\Delta_3^* = \begin{pmatrix} 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \\ 0 \\ 1 - \delta_1 + \delta_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - 0 = 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \geq 0,$$

$$\Delta_4^* = \begin{pmatrix} 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \\ 0 \\ 1 - \delta_1 + \delta_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} - 0 = 0 \geq 0,$$

$$\Delta_5^* = \begin{pmatrix} 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \\ 0 \\ 1 - \delta_1 + \delta_2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} - 0 = 1 - \delta_1 + \delta_2 \geq 0,$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2 + 2 \cdot \delta_1 - \delta_2 \geq 0 \\ 1 - \delta_1 + \delta_2 \geq 0 \end{cases}$$

Альтернативные оптимальные решения

Когда гиперплоскость, представляющая целевую функцию, параллельна гиперплоскости, соответствующей связывающему ограничению (которое в точке оптимума выполняется как точное равенство), целевая функция принимает одно и то же оптимальное значение в некоторой совокупности точек пространства решений. Такие решения называются *альтернативными оптимальными решениями*.

Приводимый ниже пример рассматриваемой ситуации показывает, что при этом обычно существует бесконечное множество альтернативных решений.

Пример

$$F(\bar{X}) = 2 \cdot x_1 + 4 + x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 5 \text{ (ресурс 1);}$$

$$x_1 + x_2 \leq 4 \text{ (ресурс 2);}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0.$$

Рис.1.4 иллюстрирует условия данной задачи ЛП, особенность которой состоит в том, что прямая, представляющая целевую функцию, параллельна прямой, соответствующей одному из связывающих ограничений.

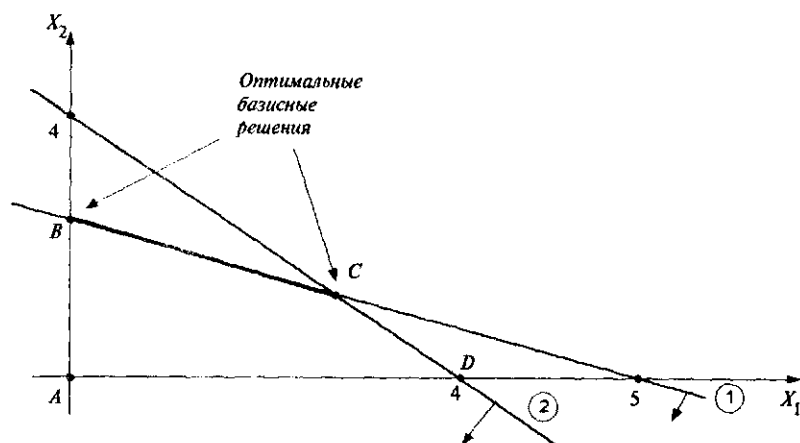


Рис. 1.4. Графическое представление условий задачи

Это обуславливает наличие альтернативных оптимальных решений. Любая точка отрезка BC представляет собой альтернативный оптимум, причем в каждой из этих точек целевая функция имеет одно и то же оптимальное значение. Приведем решение задачи в симплекс-таблице (табл. 1.7).

Таблица 1.7

$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_{\bar{N}}^{(s)}$	$\frac{2}{\bar{A}_1}$	$\frac{4}{\bar{A}_2}$	$\frac{0}{\bar{A}_3}$	$\frac{0}{\bar{A}_4}$	$\bar{X}\bar{N}^{(s)} = \bar{b}^{(s)}$
3	0	1	2	1	0	5
4	0	1	1	0	1	4
Δ_j		-2	-4	0	0	$F(\bar{X}) = 0$
2	4	1/2	1	1/2	0	5/2
4	0	1/2	0	-1/2	1	3/2
Δ_j		0	0	2	0	$F(\bar{X}) = 10$
2	4	0	1	1	-1	1
1	2	1	0	-1	2	3
Δ_j		0	0	2	0	$F(\bar{X}) = 10$

Каким образом по результатам итерации можно узнать о наличии альтернативных решений?

Нулевое значение симплексной разности у небазисной переменной свидетельствует о том, что ее включение в базис не изменит значения целевой функции, но приведет к изменению других переменных.

Любое решение, соответствующее точке $(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2)$, принадлежащей отрезку BC , можно определить как положительно-взвешенное среднее двух полученных оптимальных базисных решений, соответствующих точкам B и C . Поэтому, используя координаты точек B и C

$$B: x_1 = 0; x_2 = 5/2;$$

$$C: x_1 = 3; x_2 = 1;$$

и полагая $0 \leq a \leq 1$, можно выразить координаты любой точки отрезка BC следующим образом:

$$\tilde{x}_1 = (1 - a) \cdot 0 + a \cdot 3 = 3 \cdot a,$$

$$\tilde{x}_2 = (1 - a) \cdot 5/2 + a \cdot 1 = 5/2 - 3 \cdot a.$$

Информация о наличии альтернативных оптимумов дает возможность выбора альтернативного варианта, в наибольшей степени отвечающего сложившейся производственной ситуации.

Метод искусственного базиса

Часто после приведения ОЗЛП к каноническому виду расширенная матрица системы линейных уравнений (СЛУ) не является К-матрицей (нет начального опорного плана), и, следовательно, решать такую задачу симплекс-методом нельзя. Суть метода искусственного базиса состоит в следующем: строится такая вспомогательная каноническая задача с заранее известным опорным планом, по решению которой либо определяется начальный опорный план исходной задачи, либо устанавливается, что ее множество планов пусто.

Дано:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j = b_i, \quad i = 1, \dots, m, \text{ rang}(A) = m < n, \quad b_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad x_j \geq 0.$$

Найти: К-матрицу (начальный опорный план).

Построим следующую ВКЗЛП:

$$\Phi(\bar{X}_M) = -\sum_{i=1}^m y_i \rightarrow \max \quad \left(\sum_{i=1}^m y_i \rightarrow \min \right)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j + y_i = b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n,$$

$y_i \geq 0, i = 1, \dots, m, y_i$ — искусственные переменные.

Очевидно, начальный опорный план ВКЗЛП имеет вид:

$$\bar{X}_M^{(0)} = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0, y_1^0, y_2^0, \dots, y_m^0) = (0, 0, \dots, 0, b_1, b_2, \dots, b_m),$$

$$\bar{N}^{(0)} = (n+1, n+2, \dots, n+m).$$

Применяя симплекс-метод, находят

$$\bar{X}_M^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*, y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) \text{ — решение ВКЗЛП.}$$

Замечание: ВКЗЛП всегда разрешима, так как множество ее планов не пусто, а целевая функция ограничена.

Теорема: Если $\Phi(\bar{X}_M^*) = 0$, то $\bar{X}^{(0)} = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ — начальный опорный план исходной КЗЛП. Если $\Phi(\bar{X}_M^*) < 0$, то множество планов исходной КЗЛП пусто и, следовательно, она неразрешима.

Пример

$$F(X) = 5 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + 4 \cdot x_3 - x_4 \rightarrow \max;$$

$$x_1 + 3 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + 2 \cdot x_4 = 3;$$

$$2 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + x_3 + x_4 = 3;$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, 4.$$

$$\tilde{A} = \left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 3 & 2 & 2 & 3 \\ 2 & 2 & 1 & 1 & 3 \end{array} \right) \neq K.$$

$$\Phi(\bar{X}_M) = -y_1 - y_2 \rightarrow \max ;$$

$$x_1 + 3 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + 2 \cdot x_4 + y_1 = 3;$$

$$x_1 + 3 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + 2 \cdot x_4 + y_2 = 3;$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, 4, y_{1,2} \geq 0.$$

$$\bar{X}_M^{(0)} = (x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0, y_1^0, y_2^0) = (0, 0, 0, 0, 3, 3),$$

$$\bar{N}^{(0)} = (5, 6), \quad \bar{X}_N^{(0)} = (3, 3), \quad \bar{C}_N^{(0)} = (-1, -1).$$

Решение задачи приведено в табл. 1.8.

Таблица 1.8

$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_{\bar{N}}^{(s)}$	$\frac{0}{\bar{A}_1}$	$\frac{0}{\bar{A}_2}$	$\frac{0}{\bar{A}_3}$	$\frac{0}{\bar{A}_4}$	$\frac{-1}{\bar{A}_5}$	$\frac{-1}{\bar{A}_6}$	$\bar{X}_{\bar{N}}^{(s)} = \bar{b}^{(s)}$
5	-1	1	3	2	2	1	0	3
6	-1	2	2	1	1	0	1	3
Δ_j		-3	-5	-3	-3	0	0	$F(\bar{X}) = -6$
2	0	1/3	1	2/3	2/3		0	1
6	-1	4/3	0	-1/3	-1/3		1	1
Δ_j		-4/3	0	1/3	1/3		0	$F(\bar{X}) = -1$
2	0	0	1	3/4	3/4			3/4
1	0	1	0	-1/4	-1/4			3/4
Δ_j		0	0	0	0			$F(\bar{X}) = 0$

Замечание. По мере выхода искусственных переменных из базиса вычисления в соответствующих клетках симплекс-таблицы не проводятся.

В результате получили оптимальный опорный план решения вспомогательной задачи:

$$\bar{X}_M^* = (3/4, 3/4, 0, 0, 0, 0), \quad \varphi(\bar{X}_M^*) = 0, \quad \bar{X}^{(0)} = (3/4, 3/4, 0, 0).$$

Теперь решаем симплекс-методом исходную задачу (табл. 1.9):

$$F(X) = 5 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + 4 \cdot x_3 - x_4 \rightarrow \max;$$

$$x_2 + 3/4 \cdot x_3 + 3/4 \cdot x_4 = 3/4;$$

$$x_1 - 1/4 \cdot x_3 - 1/4 \cdot x_4 = 3/4;$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, 4.$$

Таблица 1.9

$\overline{N}^{(s)}$	$\overline{C_N}^{(s)}$	$\frac{5}{\overline{A}_1}$	$\frac{3}{\overline{A}_2}$	$\frac{4}{\overline{A}_3}$	$\frac{-1}{\overline{A}_4}$	$\overline{X_N}^{(s)} = \overline{b}^{(s)}$
2	3	0	1	3/4	3/4	3/4
1	5	1	0	-1/4	-1/4	3/4
Δ_j		0	0	-3	2	$F(\overline{X}) = 6$
3	4	0	4/3	1	1	1
1	5	1	1/3	0	0	1
Δ_j		0	4	0	5	$F(\overline{X}) = 9$

$$\overline{X}^{(*)} = (1, 0, 1, 0), \quad F(\overline{X}^*) = 9.$$

Анализ решаемых задач

Математическая модель является хорошим средством получения ответов на широкий круг самых разнообразных вопросов, возникающих при принятии оптимальных решений. Например, на этапе постановки задачи часто производится анализ с целью ответа на вопросы: «что будет, если...?» и/или «что надо, чтобы...?». Анализ с целью ответа на первый вопрос называется вариантным анализом; на второй — решениями по заказу. Для задач распределения ресурсов большой интерес представляет решение задачи минимизации используемых ресурсов при заданном результате.

Рассмотрим следующую исходную задачу

Первая постановка:

$$F(\overline{X}) = 4 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 + 6 \cdot X_3 + 7 \cdot X_4 \rightarrow \max \text{ (прибыль)}$$

при ограничениях на ресурсы

$$2 \cdot X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 280 \quad (\text{трудовые})$$

$$X_1 + X_3 + X_4 \leq 80 \quad (\text{сырье})$$

$$X_1 + 2 \cdot X_2 + X_3 \leq 250 \quad (\text{финансы})$$

$$X_j \geq 0, j = 1, \dots, 4.$$

Решив задачу получим: $\overline{X}^{(*)} = (0, 125, 0, 80)$, где

$X_1 = 0$ — объем производства продукции вида 1;

$X_2 = 125$ — объем производства продукции вида 2;

$X_3 = 0$ — объем производства продукции вида 3;

$X_4 = 80$ — объем производства продукции вида 4.

$F(\bar{X}^*) = 935$ — прибыль от реализации продукции.

Вторая постановка:

$$F(\bar{X}) = 4 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 + 6 \cdot X_3 + 7 \cdot X_4 \rightarrow \max \text{ (прибыль)}$$

при ограничениях на ресурсы

$$\begin{aligned} 2 \cdot X_1 + X_2 + X_3 + X_4 &\leq 280 && \text{(трудовые);} \\ X_1 + X_3 + X_4 &\leq 80 && \text{(сырье);} \\ X_1 + 2 \cdot X_2 + X_3 &\leq 250 && \text{(финансы);} \\ X_1 \geq 10, X_2 \leq 100, &&& \text{(дополнительные} \\ X_3 \geq 25, &&& \text{ограничения на} \\ X_4 \leq 50 &&& \text{выпуск продукции).} \\ X_j \geq 0, j = 1, \dots, 4. \end{aligned}$$

В результате решения получим: $\bar{X}^{(*)} = (10, 100, 25, 45)$, $F(X^*) = 805$.

Третья постановка:

$$F(\bar{X}) = Y_1 + Y_2 + Y_3 \rightarrow \max \text{ (минимизация используемого ресурса)}$$

$$\begin{aligned} 2 \cdot X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + Y_1 &= 280 && \text{(трудовые);} \\ X_1 + X_3 + X_4 + Y_2 &= 80 && \text{(сырье);} \\ X_1 + 2 \cdot X_2 + X_3 + Y_3 &= 250 && \text{(финансы);} \\ X_1 \geq 10, X_2 \geq 20 &&& \text{(задаваемый} \\ X_3 \geq 25, X_4 \geq 40 &&& \text{результат);} \\ Y_1, Y_2, Y_3 \geq 0 &&& \text{(неиспользованный ресурс).} \end{aligned}$$

Решив задачу, получим: $\bar{X}^{(*)} = (10, 20, 25, 40)$, $\bar{Y}^* = (175, 5, 175)$.

При решении по заказу пользователь задает значения тех величин, которые он хочет иметь в оптимальном решении. Такие задачи могут быть трех видов:

- 1) назначение величины целевой функции;
- 2) назначение величин искомых переменных;
- 3) назначение величин используемых ресурсов.

Следует иметь в виду, что во всех этих случаях возможно появление несовместного решения. Рассмотрим такую ситуацию на нашем примере.

Четвертая постановка:

$$F(\bar{X}) = 4 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 + 6 \cdot X_3 + 7 \cdot X_4 \rightarrow \max \text{ (прибыль);}$$

при ограничениях на ресурсы

$$\begin{aligned}
 2 \cdot X_1 + X_2 + X_3 + X_4 &\leq 280 && \text{(трудовые);} \\
 X_1 + X_3 + X_4 &\leq 80 && \text{(сырье);} \\
 X_1 + 2 \cdot X_2 + X_3 &\leq 250 && \text{(финансы);} \\
 X_1 &\geq 100, X_2 \leq 100 && \text{(дополнительные} \\
 X_3 = 30, X_4 = 70 &&& \text{ограничения на выпуск} \\
 &&& \text{продукции).} \\
 X_j &\geq 0, j = 1, \dots, 4.
 \end{aligned}$$

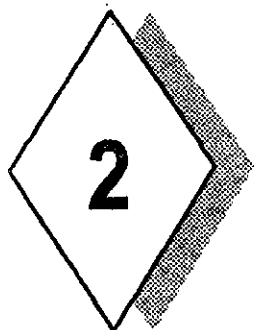
Очевидно, что для выпуска такого количества продукции располагаемых ресурсов будет недостаточно. Найдем минимальные значения дополнительных необходимых ресурсов каждого вида, позволяющих удовлетворить ограничениям задачи.

Пятая постановка:

$$F(\bar{X}) = t_1 + t_2 + t_3 \rightarrow \min \text{ (минимизация необходимого дополнительного ресурса)}$$

$$\begin{aligned}
 2 \cdot X_1 + X_2 + X_3 + X_4 - t_1 &= 280 && \text{(трудовые);} \\
 X_1 + X_3 + X_4 - t_2 &= 80 && \text{(сырье);} \\
 X_1 + 2 \cdot X_2 + X_3 - t_3 &= 250 && \text{(финансы);} \\
 X_1 &\geq 100, X_2 \leq 100 && \text{(задаваемый результат);} \\
 X_3 = 30, X_4 = 70 &&& \\
 t_1, t_2, t_3 &\geq 0 && \text{(дополнительный ресурс).}
 \end{aligned}$$

Решив задачу, получим: $\bar{X}^{(*)} = (100, 60, 30, 70), \bar{t}^* = (80, 120, 0)$.



Специальные задачи линейного программирования в производственном менеджменте

Глава

2.1. Задачи дробно-линейного программирования

Общая задача дробно-линейного программирования состоит в определении экстремального значения функции

$$F = \frac{\sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j}{\sum_{j=1}^n d_j \cdot x_j} = \frac{F_1}{F_2} \quad (2.1)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, i = 1, \dots, m, \quad (2.2)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, n, \quad (2.3)$$

где c_j , d_j , b_i и a_{ij} — некоторые числа,

причем $\sum_{j=1}^n d_j \cdot x_j > 0$ в области допустимых решений.

Такое условие не нарушает общности задачи, поскольку в том случае, когда эта величина отрицательна, знак «минус» можно отнести к числителю. Как и в случае основной задачи линейного программирования, экстремальное значение целевая функция (2.1) принимает в одной из вершин допустимого многогранника (естественно, при условии, что эта задача имеет оптимальный план).

Рассмотрим несколько содержательных примеров на составление математической модели.

Пример 1. Для производства n видов изделий предприятие использует m типов взаимозаменяемого оборудования. Каждый из видов изделий необходимо изготовить в количестве b_j единиц ($j = 1, \dots, n$), причем каждый из типов оборудования может быть занят изготовлением этих изделий не больше чем a_i часов ($i = 1, \dots, m$). Время изготовления одного изделия j -го вида на i -м типе оборудования равно a_{ij} часам, а затраты, связанные с производством одного изделия на данном типе оборудования, равны c_{ij} рублей. Определить, сколько изделий каждого вида на каждом из типов оборудования следует произвести так, чтобы себестоимость одного изделия была минимальной.

Пусть x_{ij} — количество изделий j -го вида, изготавливаемых на оборудовании i -го типа. Тогда получим

$$F = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}} \rightarrow \min \quad (\text{себестоимость одного изделия});$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_{ij} \leq a_i, (i = 1, \dots, m) \quad (\text{ограничения на время});$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, (j = 1, \dots, n) \quad (\text{ограничения на выпуск изделий});$$

$$x_{ij} \geq 0, (i = 1, \dots, m), (j = 1, \dots, n) \quad (\text{условия неотрицательности}).$$

Пример 2. Для выполнения n различных работ могут быть использованы рабочие m квалификационных групп. При выполнении j -й работы i -й группой рабочих выработка в единицу времени равна c_{ij} ($i = 1, \dots, m$), ($j = 1, \dots, n$) рублей. Общий фонд времени, в течение которого i -я группа рабочих может быть занята выполнением работ, не превышает b_i единиц времени, а объем j -й работы равен a_j рублей. Составить такой план выполнения работ, при котором производительность труда является максимальной.

Пусть x_{ij} — время, выделяемое рабочими i -й квалификационной группы на j -ю работу. Тогда

$$F = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}} \rightarrow \max \quad (\text{производительность труда});$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_i, (i = 1, \dots, m) \quad (\text{ограничения на время});$$

$$\sum_{i=1}^m c_{ij} \cdot x_{ij} = a_j, (j = 1, \dots, n) \quad (\text{ограничения на объем работы});$$

$$x_{ij} \geq 0, (i = 1, \dots, m), (j = 1, \dots, n) \quad (\text{условия неотрицательности}).$$

Сформулированная выше задача (2.1)–(2.3) может быть сведена к задаче линейного программирования. Для этого следует обозначить

$$y_0 = \left\{ \sum_{j=1}^n d_j \cdot x_j \right\}^{-1} \quad (2.4)$$

и ввести новые переменные

$$y_j = y_0 \cdot x_j, (j = 1, \dots, n). \quad (2.5)$$

Тогда исходную задачу (2.1)–(2.3) можно записать в виде

$$F = \sum_{j=1}^n c_j \cdot y_j \quad (2.6)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot y_j - b_i \cdot y_0 \leq 0, (i = 1, \dots, m), \quad (2.7)$$

$$\sum_{j=1}^n d_j \cdot y_j = 1, \quad (2.8)$$

$$y_j \geq 0, \quad (j = 1, \dots, n), \quad y_0 \geq 0.$$

Задача (2.6) — (2.8) является задачей линейного программирования и, следовательно, ее решение можно найти известными методами. Зная оптимальный план этой задачи, на основе соотношений (2.5) получим оптимальный план исходной задачи (2.1) — (2.3).

Пример 3.

$$F = \frac{8 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + x_4}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4} \rightarrow \max$$

$$2 \cdot x_1 + x_2 + x_3 + 3 \cdot x_4 \leq 300,$$

$$x_1 + 2 \cdot x_3 + x_4 \leq 70,$$

$$x_1 + 2 \cdot x_2 + x_3 \leq 340,$$

$$x_j \geq 0, (j = 1, \dots, 4).$$

Сведем данную задачу к задаче линейного программирования. Для этого обозначим $\{x_1 + x_2 + x_3 + x_4\}^{-1}$ через y_0 и введем новые переменные

$$y_j = y_0 \cdot x_j, (j = 1, \dots, 4).$$

В результате приходим к следующей задаче:

$$F = 8 \cdot y_1 + 3 \cdot y_2 + 2 \cdot y_3 + y_4 \rightarrow \max$$

$$2 \cdot y_1 + y_2 + y_3 + 3 \cdot y_4 - 300 \cdot y_0 \leq 0,$$

$$y_1 + 2 \cdot y_3 + y_4 - 70 \cdot y_0 \leq 0,$$

$$y_1 + 2 \cdot y_2 + y_3 - 340 \cdot y_0 \leq 0,$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 1,$$

$$y_0, y_j \geq 0, (j = 1, \dots, 4).$$

Решив данную задачу, получим:

$$\bar{Y}^* = (y_0, y_1, y_2, y_3, y_4) = (1/70, 1, 0, 0, 0)$$

Используя соотношения $y_j = y_0 \cdot x_j$, определяем оптимальный план исходной задачи

$$\bar{X}^* = (x_1, x_2, x_3, x_4) = (70, 0, 0, 0), F(\bar{X}^*) = 8.$$

2.2. Задачи целочисленного программирования

Значительная часть задач производственного менеджмента, относящихся к задачам линейного программирования, требует целочисленного решения. К ним относятся задачи, у которых переменные величины означают количество единиц неделимой продукции.

Целочисленное программирование ориентировано на решение задач, в которых все или некоторые переменные должны принимать только целые значения. Задача называется полностью целочисленной, если условие целочисленности наложено на все ее переменные; когда это условие относится лишь к некоторым переменным, задача называется частично целочисленной.

Математическая модель линейной целочисленной задачи может быть записана следующим образом:

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \rightarrow \max(\min), \quad (2.9)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, \quad b_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.10)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad x_j - \text{целые}. \quad (2.11)$$

Существует эвристический подход к решению задач целочисленного программирования (ЗЦП), основанный на решении ЗЦП как задачи ЛП. Использование процедур округления нецелочисленного оптимального решения задачи ЛП дает возможность получать приближенное оптимальное целочисленное решение. Например, если в оптимальном решении двумерной задачи ЛП значения переменных x_1 и x_2 оказались равными 3,5 и 4,4 соответственно, то в качестве кандидатов на роль приближенного целочисленного оптимального решения необходимо рассмотреть точки (3;4), (4;4), (4;5), (3;5), полученные в результате округления. Заметим, однако, что истинное оптимальное целочисленное решение может не совпадать ни с одним из четырех, указанных выше.

Пример

$$F(\bar{X}) = x_1 - 3 \cdot x_2 + 3 \cdot x_3 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$2 \cdot x_1 + x_2 - x_3 \leq 4;$$

$$4 \cdot x_1 - 3 \cdot x_2 \leq 2;$$

$$-3x_1 + 2 \cdot x_2 + x_3 \leq 3;$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0, \text{ целые}.$$

Игнорируя условия целочисленности, получим $\bar{X}^* = (1/2; 0; 9/2)$. Никакое округление компонентов этого плана не дает допустимого решения, так как искомое целочисленное решение $\bar{X}^* = (2; 2; 5)$. Таким образом, для решения целочисленных задач необходимы специальные методы.

Точные методы решения задач целочисленного программирования можно классифицировать как методы отсечений и комбинаторные методы.

Название «методы отсечений» связано с тем обстоятельством, что вводимые дополнительные ограничения отсекают некоторые области многогранника допустимых решений, в которых отсутствуют точки с целочисленными координатами. Метод отсекающих плоскостей, разработанный Р. Гомори, используется при решении полностью целочисленных задач.

В основе комбинаторных методов лежит идея перебора всех допустимых целочисленных решений. Разумеется, на первый план здесь выдвигается проблема разработки процедур, позволяющих непосредственно рассматривать лишь относительно небольшую часть указанных решений, а остальные допустимые решения учитывать некоторым косвенным образом. Наиболее известным комбинаторным методом является метод ветвей и границ.

2.2.1. Дробный алгоритм решения полностью целочисленных задач

Необходимым условием применения данного алгоритма является целочисленность всех коэффициентов и правых частей ограничений исходной задачи. Например, ограничение $x_1 + (1/3) \cdot x_2 \leq 13/2$ записывается в виде $6 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 39$, в котором дроби отсутствуют.

На первом шаге решается задача с ослабленными ограничениями, которая возникает в результате исключения требования целочисленности переменных. Если полученное оптимальное решение оказывается целочисленным, то оно является также решением исходной задачи. В противном случае следует ввести дополнительные ограничения, порождающие (вместе с исходными ограничениями) новую задачу линейного программирования, решение которой оказывается целочисленным и совпадает с оптимальным решением исходной целочисленной задачи.

Пусть последняя симплексная таблица задачи с ослабленными ограничениями имеет следующий вид:

Базисные перемен- ные	x_1	...	x_i	...	x_m	ω_1	...	ω_j	...	ω_n	Ре- ше- ние
x_1	1	...	0	...	0	α_{11}		α_{1j}		α_{1n}	β_1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
x_i	0	...	1	...	0	α_{i1}	...	α_{ij}	...	α_{in}	β_i
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
x_m	0	...	0	...	1	α_{m1}	...	α_{mj}	...	α_{mn}	β_m
Δ_j	0	...	0	...	0	Δ_1	...	Δ_j	...	Δ_n	

Через x_i ($i = 1, \dots, m$) обозначены базисные переменные, а через ω_j ($j = 1, \dots, n$) — небазисные переменные.

Рассмотрим i -ю строку симплексной таблицы, которой соответствует нецелое значение базисной переменной x_i , и выразим x_i через небазисные переменные:

$$x_i = \beta_i - \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot \omega_j, \quad \beta_i - \text{нецелое.}$$

Каждую строку симплексной таблицы, порождающую аналогичное равенство, будем называть производящей строкой.

Пусть

$$\beta_i = [\beta_i] + f_i, \quad \alpha_{ij} = [\alpha_{ij}] + f_{ij},$$

Отсюда следует, что

$$0 < f_i < 1, \quad 0 \leq f_{ij} < 1.$$

Пример

α	$[\alpha]$	f_i
3/2	1	1/2
-7/3	-3	2/3
-1	-1	0

Теперь наше уравнение принимает следующий вид:

$$f_i - \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \omega_j = x_i - [\beta_i] + \sum_{j=1}^n [\alpha_{ij}] \cdot \omega_j,$$

Поскольку все переменные x_i и ω_j принимают целые значения, правая часть уравнения должна быть целочисленной, откуда следует, что левая часть уравнения также должна принимать целые значения. Далее, так как $f_{ij} \geq 0$ и $\omega_j \geq 0$ для всех i и j , то $\sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \omega_j \geq 0$.

Следовательно, выполняется неравенство $f_i - \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \omega_j \leq f_i$.

Это означает, что

$$f_i - \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \omega_j < 1, \text{ поскольку } f_i < 1.$$

Так как левая часть рассматриваемого неравенства должна принимать целые значения, можно записать необходимое условие ее целочисленности в следующем виде:

$$f_i - \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \omega_j \leq 0.$$

Последнее ограничение перепишем в виде равенства

$$s_i = \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \omega_j - f_i,$$

где s_i — неотрицательная дополнительная переменная, которая по определению должна принимать целые значения.

Такое ограничение-равенство определяет отсечение Гомори для полностью целочисленной задачи.

Из симплексной таблицы следует, что $\omega_j = 0$, и, таким образом, $s_i = -f_i$, т.е. данная компонента решения не является допустимой. Это означает, что полученное ранее решение не удовлетворяет новому ограничению. В такой ситуации следует использовать двойственный симплекс-метод, реализация которого обеспечивает отсечение некоторой области многогранника

решений, не содержащей точек с целочисленными координатами.

Преобразуем исходную таблицу путем приписывания к ней строки и столбца, соответствующих построенному отсечению Гомори для полностью целочисленной задачи.

Получим новую таблицу:

Бази- сные пере- мен- ные	x_1	...	x_j	...	x_m	ω_1	...	ω_j	...	ω_n	s_l	Ре- ше- ние
x_1	1	...	0	...	0	α_{11}		α_{1j}		α_{1n}	0	β_1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		...
x_j	0	...	1	...	0	α_{j1}	...	α_{jj}	...	α_{jn}	0	β_j
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...		...
x_m	0	...	0	...	1	α_{m1}	...	α_{mj}	...	α_{mn}	0	β_m
s_l	0	...	0	...	0	$-f_{l1}$	...	$-f_{lj}$	...	$-f_{ln}$	1	$-f_l$

Если в результате применения двойственного симплекс-метода решение оказывается целочисленным, то процесс решения исходной задачи завершен. В противном случае необходимо ввести новое отсечение на базе полученной таблицы и вновь воспользоваться двойственным симплекс-методом. Если на некоторой итерации при использовании двойственного симплекс-метода обнаружится отсутствие допустимого решения, то рассматриваемая задача не имеет допустимого целочисленного решения.

Название «дробный алгоритм» связано с тем обстоятельством, что все ненулевые коэффициенты введенного отсечения меньше единицы. Общее число ограничений порожденной задачи не может превышать $(m + n)$.

Процесс определения оптимального плана методом Гомори включает следующие этапы:

1. Используя симплекс-метод, находят решение задачи без учета требований целочисленности переменных.

2. Составляют дополнительное ограничение для переменной, которая в оптимальном плане имеет максимальное дробное значение, а должна быть целочисленной.

3. Используя двойственный симплекс-метод, находят решение задачи, получающейся в результате присоединения дополнительного ограничения.

4. В случае необходимости составляют еще одно дополнительное ограничение и продолжают процесс.

Пример

$$F(\bar{X}) = 7x_1 + 9x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} -x_1 + 3x_2 &\leq 6; & -x_1 + 3x_2 + x_3 &= 6; \\ 7x_1 + x_2 &\leq 35; & 7x_1 + x_2 + x_4 &= 35; \\ x_1, x_2 &\geq 0, \text{ целые.} & x_1, \dots, x_4 &\geq 0, \text{ целые.} \end{aligned}$$

Решение представлено в табл. 2.1.

Таблица 2.1

$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_N^{(s)}$	$\frac{7}{A_1}$	$\frac{9}{A_2}$	$\frac{0}{A_3}$	$\frac{0}{A_4}$	$\bar{X}_N^{(s)} = \bar{b}^{(s)}$
3	0	-1	3	1	0	6
4	0	7	1	0	1	35
Δj		-7	-9	0	0	0
2	9	-1/3	1	1/3	0	2
4	0	22/3	0	-1/3	1	33
Δj		-10	0	3	0	18
2	9	0	1	7/22	1/22	7/2
1	7	1	0	-1/22	3/22	9/2
Δj		0	0	28/11	15/11	63

Так как полученное решение не является целочисленным, следует расширить данную таблицу путем введения некоторого отсечения. В качестве производящей строки можно выбрать любую строку таблицы. Обычно выбирается строка, соответствующая $\max_i \{f_i\}$. Сейчас $f_1 = f_2 = 1/2$. Строке с базисной пе-

ременной x_2 соответствует равенство $x_2 + 7/22 \cdot x_3 + 1/22 \cdot x_4 = 7/2$.

Следовательно, уравнение отсечения Гомори имеет вид:

$$-7/22 \cdot x_3 - 1/22 \cdot x_4 + s_1 = -1/2.$$

В результате получаем новую таблицу (табл. 2.2):

Таблица 2.2

$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_{\bar{N}}^{(s)}$	$\frac{7}{A_1}$	$\frac{9}{A_2}$	$\frac{0}{A_3}$	$\frac{0}{A_4}$	$\frac{0}{S_1}$	$\bar{X}_{\bar{N}}^{(s)} = \bar{b}^{(s)}$
2	9	0	1	7/22	1/22	0	7/2
1	7	1	0	-1/22	3/22	0	9/2
5	0	0	0	-7/22	-1/22	1	-1/2
Δj		0	0	28/11	15/11	0	63
2	9	0	1	0	0	1	3
1	7	1	0	0	1/7	-1/7	32/7
3	0	0	0	1	1/7	-22/7	11/7
Δj		0	0	0	1	8	59

Так как решение опять не является целочисленным, необходимо продолжить процесс введения отсечений. Строке с базисной переменной x_1 соответствует ограничение:

$$-1/7 \cdot x_4 - 6/7 \cdot s_1 + s_2 = -4/7.$$

Таблица 2.3

$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_{\bar{N}}^{(s)}$	$\frac{7}{A_1}$	$\frac{9}{A_2}$	$\frac{0}{A_3}$	$\frac{0}{A_4}$	$\frac{0}{S_1}$	$\frac{0}{S_2}$	$\bar{X}_{\bar{N}}^{(s)} = \bar{b}^{(s)}$
2	9	0	1	0	0	1	0	3
1	7	1	0	0	1/7	-1/7	0	32/7
3	0	0	0	1	1/7	-22/7	0	11/7
6	0	0	0	0	-1/7	-6/7	1	-4/7
Δj		0	0	0	1	8	0	59
2	9	0	1	0	0	1	0	3
1	7	1	0	0	0	-1	1	4
3	0	0	0	1	0	-4	1	1
4	0	0	0	0	1	6	-7	4
Δj		0	0	0	0	2	7	55

В результате получили оптимальное целочисленное решение исходной задачи (табл. 2.3):

$$x_1 = 4, x_2 = 3, F(\bar{X}^*) = 55.$$

Дадим геометрическую интерпретацию задачи. На рис. 2.1 показано, что введение двух ограничений позволяет получить новую экстремальную точку с координатами (4;3), в которой достигается оптимум исходной целочисленной задачи.

1-е отсечение:

$$-7/22 \cdot x_3 - 1/22 \cdot x_4 + S_1 = -1/2$$

или

$$-7/22 \cdot x_3 - 1/22 \cdot x_4 \leq -1/2.$$

Тогда из табл. 2.1 получим

$$-7/22 \cdot (x_1 - 3 \cdot x_2 + 6) - 1/22 \cdot (-7 \cdot x_1 - x_2 + 35) \leq -1/2 \Rightarrow$$

$$7 \cdot (x_1 - 3 \cdot x_2 + 6) + (-7 \cdot x_1 - x_2 + 35) \geq 11 \Rightarrow x_2 \leq 3.$$

2-е отсечение:

$$-1/7 \cdot x_4 - 6/7 \cdot S_1 + S_2 = -4/7$$

или

$$-1/7 \cdot x_4 - 6/7 \cdot S_1 \leq -4/7.$$

Теперь из табл. 2.1 и 2.2 получим

$$-1/7 \cdot (-7 \cdot x_1 - x_2 + 35) - 6/7 \cdot (7/22 \cdot x_3 + 1/22 \cdot x_4 - 1/2) \leq -4/7 \Rightarrow$$

$$-1/7 \cdot (-7 \cdot x_1 - x_2 + 35) - 6/7 \cdot [7/22 \cdot (x_1 - 3 \cdot x_2 + 6) + 1/22 \cdot (-7 \cdot x_1 - x_2 +$$

$$+ 35) - 1/2] \leq -4/7 \Rightarrow x_1 + x_2 \leq 7.$$

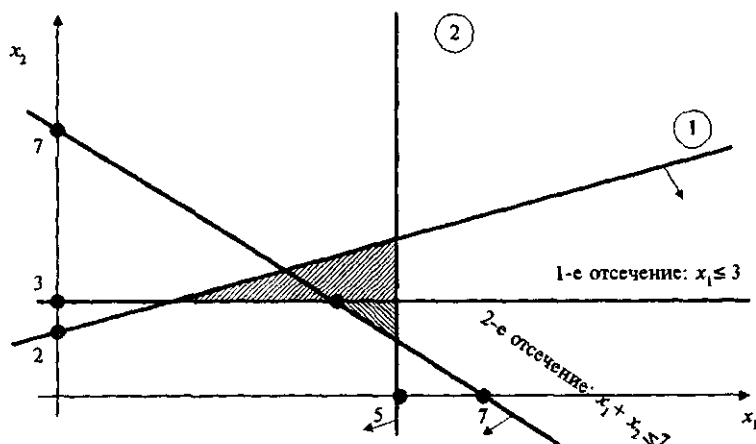


Рис. 2.1. Геометрическая интерпретация отсечений

2.2.2. Метод ветвей и границ

Метод ветвей и границ наиболее широко используется на практике для решения как полностью целочисленных, так и смешанных задач ЦЛП. По существу метод ветвей и границ представляет собой эффективную процедуру перебора всех целочисленных допустимых решений.

Пример

$$F(\bar{X}) = 3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$x_1 + x_2 \leq 3,5$$

$$x_1 \leq 2$$

$$x_2 \leq 2$$

$$x_1, x_2 \geq 0, \text{ целые.}$$

Начальный шаг решения этой задачи состоит в нахождении решения задачи ЛП, получаемой при отбрасывании условия целочисленности x_1 и x_2 . Обозначим эту задачу через ЛП-1. На рис. 2.2 представлено графическое решение задачи ЛП-1.

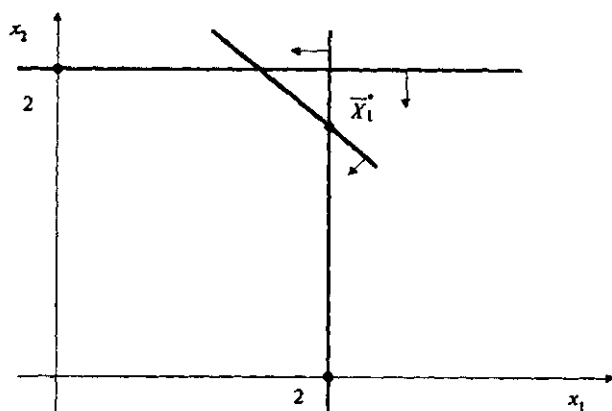


Рис. 2.2. Решение задачи ЛП-1

Оптимальное решение задачи ЛП-1 имеет вид: $x_1 = 2$, $x_2 = 1,5$, оптимальное значение целевой функции $F(\bar{X}_1^*) = 9$. Поскольку x_2 принимает дробное значение, найденное решение не может быть оптимальным решением исходной задачи ЦЛП. Но найденное значение $F(\bar{X}_1^*)$ представляет собой верхнюю границу истинного оптимального целочисленного значения, поскольку при выполнении требования целочисленности x_2 значение $F(\bar{X})$ может лишь уменьшиться.

Следующий шаг метода ветвей и границ состоит в просмотре целочисленных значений x_2 , больших или меньших 1,5. Это делается путем добавления к задаче ЛП-1 либо ограничения $x_2 \leq 1$, либо $x_2 \geq 2$. Таким образом, из задачи ЛП-1 получаются две задачи следующего вида (ЛП-2 и ЛП-3):

ЛП-2

$$F(\bar{X}) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$x_1 + x_2 \leq 3,5;$$

$$x_1 \leq 2;$$

ЛП-3

$$F(\bar{X}) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$x_1 + x_2 \leq 3,5;$$

$$x_1 \leq 2;$$

$$\begin{aligned}x_2 &\leq 2; \\x_2 &\leq 1; \\x_1, x_2 &\geq 0.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_2 &\leq 2; \\x_2 &\geq 2; \\x_1, x_2 &\geq 0.\end{aligned}$$

На рис. 2.3 и 2.4 изображены допустимые области задач ЛП-2 и ЛП-3 соответственно. (Заметим, что допустимая область задачи ЛП-3 представляет собой просто отрезок AB).

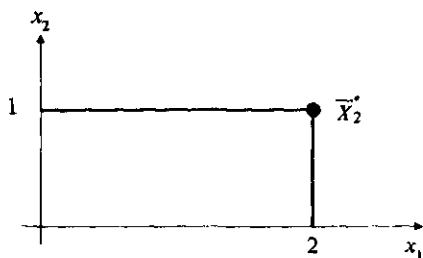


Рис. 2.3. Решение задачи ЛП-2

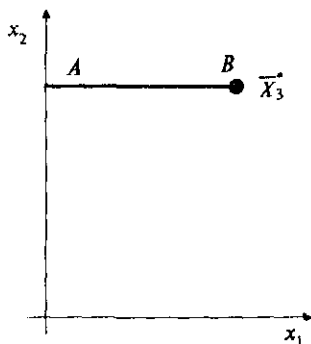


Рис. 2.4. Решение задачи ЛП-3

Оптимальное решение задачи ЛП-2 (рис. 2.3) — точка $x_1 = 2$, $x_2 = 1$, где $F(\bar{X}_2^*) = 8$. Таким образом, получено допустимое (целочисленное) решение исходной задачи ЦЛП. Зафиксируем это целочисленное решение. Пусть $z_0 = 8$. Даже если ЛП-2 имеет другие целочисленные решения, значение целевой функции в них не может быть больше 8. Таким образом значение $z_0 = 8$ представляет собой текущую нижнюю границу максимального значения $F(\bar{X})$. Поскольку ранее была получена верхняя граница, равная 9, нельзя утверждать, что решение ЛП-2 оптимально для исходной задачи. Следовательно, необходимо также рассмотреть задачу ЛП-3.

Оптимальное значение задачи ЛП-3 (рис. 2.4) — $x_1 = 1,5$, $x_2 = 2$; $F(\bar{X}_3^*) = 8,5$. Для исходной задачи ЦЛП это решение недопустимо, поскольку x_1 принимает дробное значение. Оптимальное значение $F(\bar{X}_3^*) = 8,5$ задачи ЛП-3 больше ранее по-

лученной нижней границы $Z_0 = 8$, поэтому необходимо проверить существование в допустимой области задачи ЛП-3 целочисленного решения, дающего значение целевой функции $F(\bar{X}) \geq 8$. Для этого рассматриваются задачи ЛП-4 и ЛП-5, получающиеся при добавлении к ЛП-3 ограничений $x_1 \leq 1$ и $x_1 \geq 2$ соответственно.

$$\text{ЛП-4} \\ F(\bar{X}) = 3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$x_1 + x_2 \leq 3,5;$$

$$x_1 \leq 2;$$

$$x_2 \leq 2;$$

$$x_2 \geq 2;$$

$$x_1 \leq 1;$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

$$\text{ЛП-5} \\ F(\bar{X}) = 3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$x_1 + x_2 \leq 3,5;$$

$$x_1 \leq 2;$$

$$x_2 \leq 2;$$

$$x_2 \geq 2;$$

$$x_1 \geq 2.$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

Допустимая область задачи ЛП-4 состоит из отрезка DE , показанного на рис. 2.5; задача ЛП-5 не имеет допустимых решений.

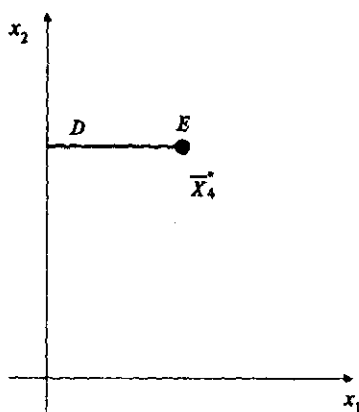


Рис. 2.5. Решение задачи ЛП-4

Оптимальное решение задачи ЛП-4 имеет вид: $x_1 = 1$, $x_2 = 2$; $F(\bar{x}_4^*) = 7$, следовательно, для любого целочисленного решения в допустимой области ЛП-3 значение целевой функции не превосходит 7. Так как $F(\bar{x}_4^*)$ меньше ранее полученной нижней границы, то $Z_0 = 8$ не изменяется. Таким образом точка, точка $x_1 = 2$, $x_2 = 1$ (решение задачи ЛП-2) представляет собой оптимальное целочисленное решение исходной задачи; оптимальное значение целевой функции в этой точке равно $Z_0 = 8$.

Удобно представить последовательность задач ЛП, возникающих при использовании процедуры метода ветвей и границ в виде сети или дерева, изображенного на рис. 2.6. Сеть или дерево состоит из множества вершин и соединяющих их дуг или ветвей.

Каждая вершина представляет собой либо начальную, либо конечную точку некоторой ветви. Вершина 1 на рис. 2.6 соответствует задаче ЛП-1, получаемой при отбрасывании требования целочисленности переменных. Ветвление в вершине 1, определяемое целочисленной переменной x_2 с помощью ограничения $x_2 \leq 1$, приводит к вершине 2 (ЛП-2). Поскольку задача ЛП-2 имеет оптимальное целочисленное решение, нет необходимости производить ветвление в вершине 2. В этом случае говорят, что рассматриваемая вершина прозондирована. Ветвление в вершине 1 по ограничению $x_2 \geq 2$ дает ЛП-3 (вершина 3). Поскольку оптимальное решение ЛП-3 является дробным и $F(\bar{x}_3^*) > z_0$, то происходит дальнейшее ветвление в вершине 3 по целочисленной переменной x_1 . Таким образом, появляются вершины 4 и 5. Эти вершины являются прозондированными, поскольку ЛП-4 обладает целочисленным решением, а задача ЛП-5 не имеет допустимых решений. Наилучшее решение из полученных в прозондированных вершинах представляет собой оптимальное решение исходной задачи.

Процесс ветвления и решения задач ЛП продолжается до получения целочисленного оптимального решения одной из задач ЛП. Значение z_0 в полученной точке представляет собой текущую нижнюю границу оптимального значения целевой функции исходной задачи ЦЛП. На этом этапе отбрасываются

все вершины (задачи ЛП), для которых оптимальное значение $F(\bar{X}^*)$ не превосходит полученной нижней границы. Протакые вершины также говорят, что они являются прозондированными, поскольку в соответствующих им допустимых областях нет целочисленных решений, лучших, чем уже полученное.

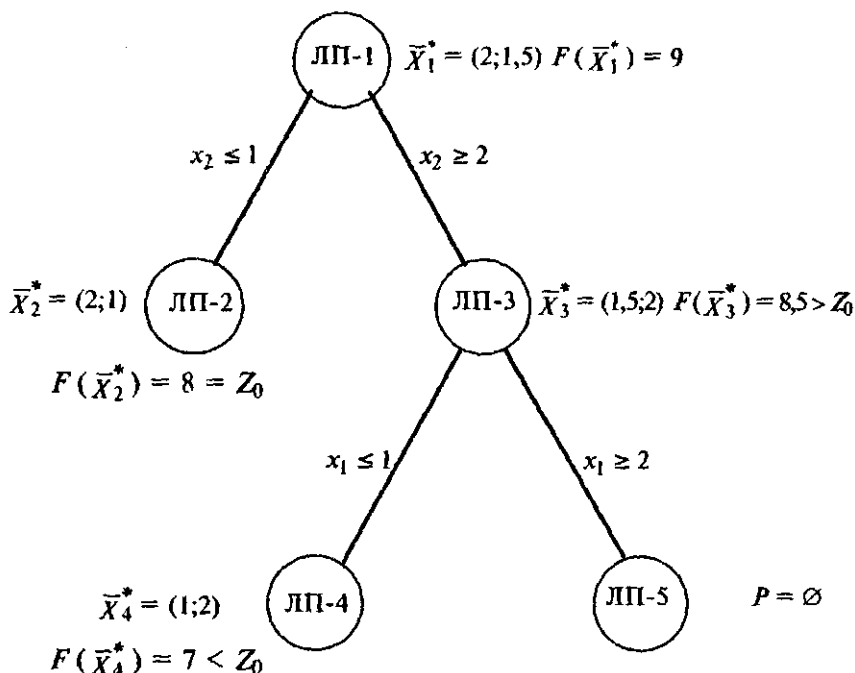


Рис. 2.6. Последовательность задач ЛП

Следовательно, промежуточная вершина (задача ЛП) является прозондированной (явным или неявным образом) в том случае, если она удовлетворяет хотя бы одному из следующих условий.

1. Оптимальное решение, соответствующее данной вершине, целочисленно.
2. Задача ЛП, соответствующая рассматриваемой вершине, не имеет допустимых решений.

3. Оптимальное значение $F(\bar{X}^*)$ соответствующей задачи ЛП не превосходит текущей нижней границы.

Дальнейшее ветвление можно производить только в вершинах, для которых $F(\bar{X}^*) \geq z_0$. Как только полученное допустимое целочисленное решение одной из задач ЛП окажется лучше имеющегося текущего значения z_0 , оно фиксируется вместо зафиксированного ранее (т.е. меняется значение z_0).

2.2.3. Транспортная модель

Транспортную модель используют при рассмотрении различных практических ситуаций, связанных: с составлением наиболее экономичного плана перевозок продукции, управлением запасами, назначением служащих на рабочие места, оборотом наличного капитала и многими другими. Кроме того, модель можно изменить, чтобы она учитывала перевозку нескольких видов продукции. В то же время транспортная модель и ее обобщения представляют собой частные случаи сетевых моделей.

Транспортная задача (ТЗ) по существу представляет собой задачу линейного программирования, которую можно решать симплекс-методом. Однако специфическая структура условий задачи позволяет использовать более эффективный вычислительный метод.

Постановка задачи и ее математическая модель

Некоторый однородный продукт, сосредоточенный у m поставщиков A_i в количестве a_i ($i = 1, \dots, m$), необходимо доставить n потребителям B_j в количестве b_j ($j = 1, \dots, n$). Известна стоимость c_{ij} перевозки единицы груза от i -го поставщика j -му потребителю. Необходимо составить план перевозок, имеющий минимальную стоимость. Основное предположение, используемое при построении модели, состоит в том, что величина транспортных расходов на каждом маршруте прямо пропорциональна объему перевозимой продукции.

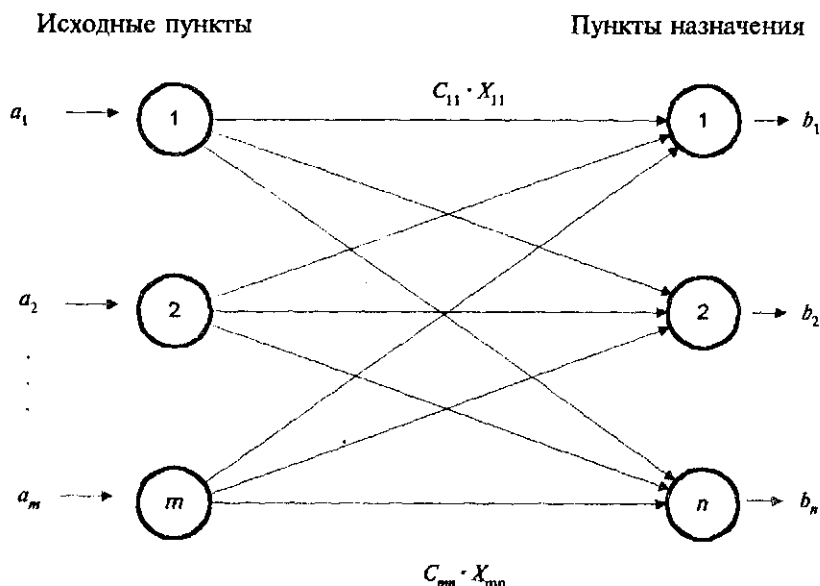


Рис. 2.7. Транспортная модель

На рис. 2.7 изображена транспортная модель в виде сети с m исходными пунктами и n пунктами назначения. Исходным пунктам и пунктам назначения соответствуют вершины. Дуга, соединяющая исходный пункт с пунктом назначения, представляет маршрут, по которому перевозится продукция. Количество продукции, производимой в пункте i , обозначено через a_i , а количество продукции, потребляемой в пункте j , — через b_j ; c_{ij} — стоимость перевозки единицы продукции из i в j .

Обозначим через x_{ij} количество единиц груза, запланированных к перевозке от i -го поставщика к j -му потребителю. Тогда математическая модель задачи линейного программирования транспортного типа формулируется следующим образом:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.12)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, \dots, m; \quad (2.13)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, \quad j = 1, \dots, n; \quad (2.14)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.15)$$

Ограничения (2.13) означают, что суммарный объем перевозок от i -го поставщика не может превышать имеющегося там количества продукта. Ограничения (2.14) означают, что суммарные перевозки продукта j -му потребителю должны полностью удовлетворить его спрос. Ограничения (2.15) исключают обратные перевозки.

Из представленной модели видно, что

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j.$$

Если

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2.16)$$

то модель называется сбалансированной транспортной моделью. В сбалансированной модели ограничения (2.13)–(2.14) имеют вид равенств. В реальных условиях не всегда объем производства равен спросу, однако транспортную модель всегда можно сбалансировать.

В случае превышения запаса над потребностью, т.е. если $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$, вводится фиктивный $(n+1)$ -й пункт назначения с потребностью

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j,$$

а соответствующие стоимости $C_{m+1,j}$ ($i = 1, \dots, m$) считаются равными нулю.

Аналогично, при $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$, вводится фиктивный

$(m+1)$ -й пункт отправления с запасом груза

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i,$$

а соответствующие стоимости $C_{m+1,j}$ ($j = 1, \dots, n$) считаются равными нулю.

Этим задача сводится к сбалансированной транспортной задаче (ТЗ), из оптимального плана которой, получается оптимальный план исходной задачи.

Замечание. Стремление сбалансировать ТЗ обусловлено возможностью применить в этом случае эффективный вычислительный метод.

Пример. На три базы A_1, A_2, A_3 поступил однородный груз в количествах, соответственно равных 140, 180, 160 единиц. Этот груз требуется перевезти в пять пунктов назначения B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 соответственно в количествах 60, 70, 120, 130, 100 единиц. Стоимости перевозки единицы груза с каждого из пунктов отправления в соответствующие пункты назначения указаны в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Пункты отправления	Пункты назначения					Запасы
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	
A_1	2 x_{11}	3 x_{12}	4 x_{13}	2 x_{14}	4 x_{15}	140
A_2	8 x_{21}	4 x_{22}	1 x_{23}	4 x_{24}	1 x_{25}	180
A_3	9 x_{31}	7 x_{32}	3 x_{33}	7 x_{34}	2 x_{35}	160
Потребности	60	70	120	130	100	480

Построим математическую модель для данной транспортной задачи:

$$F(X) = 2 \cdot x_{11} + 3 \cdot x_{12} + 4 \cdot x_{13} + \dots + 2 \cdot x_{35} \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 140 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 180 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} = 160 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} = 60 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} = 70 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} = 120 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} = 130 \\ x_{15} + x_{25} + x_{35} = 100 \end{cases}$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, 3; \quad j = 1, 2, 3, 4, 5.$$

Число переменных x_{ij} в ТЗ с m поставщиками и n потребителями равно $m \cdot n$, а число уравнений в системе (2.13) — (2.14) равно $m+n$. Так как мы предполагаем, что выполняется условие (2.16), то число линейно независимых уравнений равно $m+n-1$. Следовательно, опорный план ТЗ может иметь не более $m+n-1$ отличных от нуля неизвестных.

Существует несколько схем построения первоначального опорного плана: метод северо-западного угла, метод минимальной стоимости и др.

Построение опорного плана ТЗ методом северо-западного угла

В нашей задаче $m = 3$, $n = 5$, следовательно, опорный план должен иметь не более $m + n - 1 = 3 + 5 - 1 = 7$ отличных от нуля неизвестных. Следуя правилу северо-западного угла, начинают с того, что приписывают переменной x_{11} , расположенной в северо-западном углу таблицы, максимальное допустимое значение. После этого вычеркивают соответствующий столбец (строку), фиксируя этим, что остальные переменные вычеркнутого столбца (строки) полагаются равными нулю. Если ограничения, представляемые столбцом и строкой, выполняются одновременно, то вычеркивают либо столбец, либо строку. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут удовлетворены все потребители за счет запасов поставщиков. Применим эту процедуру к нашей задаче (табл. 2.5).

Таблица 2.5

2	3	4	2	4	(140)(80)
60	70	10	—	—	(10)
8	4	1	4	1	(180)
—	—	110	70	—	(70)
9	7	3	7	2	(160)(100)
—	—	—	60	100	
(60)	(70)	(120)	(130)	(100)	
		(110)	(60)		

В результате получили опорный план X_0 (семь занятых клеток).

$$X_0 = \begin{pmatrix} 60 & 70 & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 110 & 70 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 60 & 100 \end{pmatrix}.$$

Согласно полученному опорному плану перевозок общая стоимость перевозок составит

$$F(X_0) = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 70 + 4 \cdot 10 + 1 \cdot 110 + 4 \cdot 70 + 7 \cdot 60 + 2 \cdot 100 = 1380.$$

Замечание. Если одновременно и столбец и строка удовлетворяют ограничениям, очередная переменная, включаемая в базисное решение, обязательно имеет нулевое значение.

5	5	—	—	(10)(5)
—	5	0	—	(5)
—	—	8	7	(15)
(5)	(10)(5)	(8)	(7)	

Если вычеркивается столбец 2, то на следующем шаге переменная x_{23} становится базисной с нулевым значением, поскольку величина предложения в строке, 2 равна нулю. Если же вычеркивается строка 2, то x_{32} становится нулевой базисной переменной. Использование правила северо-западного угла всегда приводит к нужному числу базисных переменных.

Построение опорного плана ТЗ методом наименьшей стоимости.

Выбирается переменная, которой соответствует наименьшая стоимость во всей таблице, и ей придается возможно большее значение. Вычеркивается соответствующий столбец или строка. Если ограничения по столбцу и строке выполняются одновременно, то вычеркивается либо столбец, либо строка. После вычисления новых значений спроса и объема производства для всех невычеркнутых строк и столбцов процесс повторяется при возможно большем значении той переменной, которой соответствует наименьшая стоимость среди невычеркнутых. Процедура завершается, когда остается одна строка или один столбец (табл. 2.6).

Таблица 2.6

2	3	4	2	4	(140)
60	—	—	80	—	(80)
8	4	1	4	1	(180)
—	—	120	—	60	(60)
9	7	3	7	2	(160)
—	70	—	50	40	(120)
					(50)
(60)	(70)	(120)	(130)(50)	(100)(40)	

Согласно полученному опорному плану перевозок, общая стоимость перевозок составит $F(X_0) = 2 \cdot 60 + 2 \cdot 80 + 1 \cdot 120 + 1 \cdot 60 + 7 \cdot 70 + 7 \cdot 50 + 2 \cdot 40 = 1380$.

Для определения оптимального плана ТЗ ввиду специфики ограничений (каждая неизвестная входит лишь в два уравнения СЛУ (2.13)—(2.14), коэффициенты при неизвестных равны единице) разработаны специальные методы.

Определение оптимального плана ТЗ методом потенциалов

Теорема. Если для некоторого опорного плана ТЗ $X^* = (x_{ij}^*)_{m,n}$ существуют такие числа $u_1^*, u_2^*, \dots, u_m^*, v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*$, то

$u_i^* + v_j^* = c_{ij}$ для базисных переменных (занятых клеток),

$u_i^* + v_j^* \leq c_{ij}$ для остальных переменных (свободных клеток),

то $X^* = (x_{ij}^*)_{m,n}$ — оптимальный план ТЗ.

Доказательство

$$F(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} = a_i \quad i = 1, \dots, m \quad (2.17)$$

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{mj} = b_j \quad j = 1, \dots, n \quad (2.18)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n.$$

Рассмотрим двойственную задачу линейного программирования, которая получается по общей схеме. Ограничениям вида (2.17) поставим в соответствие переменные u_i , а ограничениям вида (2.18) поставим в соответствие переменные v_j . Тогда

$$G(\bar{U}, \bar{V}) = \sum_{i=1}^m a_i \cdot u_i + \sum_{j=1}^n b_j \cdot v_j \rightarrow \max. \quad (2.19)$$

$$u_i + v_j \leq c_{ij}, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.20)$$

В соответствии с теорией двойственности для оптимального плана решаемой на минимум задачи ЛП

$$\Delta_j^* = (\bar{Y}^*, \bar{A}_j) - c_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.21)$$

В нашем случае $\bar{Y}^* = (u_1^*, u_2^*, \dots, u_m^*, v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*)^T$,

$$\bar{A}_j = \bar{A}_{ij} = (0, 0, \dots, 1, 0, \dots, 0, 0, 0, \dots, 1, 0, \dots, 0)^T,$$

следовательно,

$$\Delta_{ij}^* = u_i^* + v_j^* - c_{ij} \leq 0, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.22)$$

Причем для базисных переменных получим

$$\Delta_{ij}^* = u_i^* + v_j^* - c_{ij} = 0. \quad (2.23)$$

Теорема доказана. Числа u_i^*, v_j^* называются потенциалами соответственно поставщиков и потребителей.

Доказанная теорема позволяет получить решение ТЗ. После нахождения опорного плана необходимо вычислить значения

потенциалов u_i и v_j . Так как система (2.23) содержит $m + n - 1$ уравнений с $m + n$ неизвестными, то одно из неизвестных можно приравнять к нулю и затем последовательно найти значения остальных неизвестных. Далее вычисляют симплексные разности для всех остальных переменных по формуле

$$\Delta_{ij} = u_i + v_j - c_{ij}.$$

Если среди них нет положительных, то найденный опорный план является оптимальным. В противном случае выбирают $\Delta_{lk} = \max\{\Delta_{ij}\}$ и переменную x_{lk} включают в базис. Для определения переменной исключаемой из базиса строят замкнутый цикл и перераспределяют поставки.

Определение. Циклом называется ломаная линия, вершины которой расположены в занятых клетках таблицы (рис. 2.8).

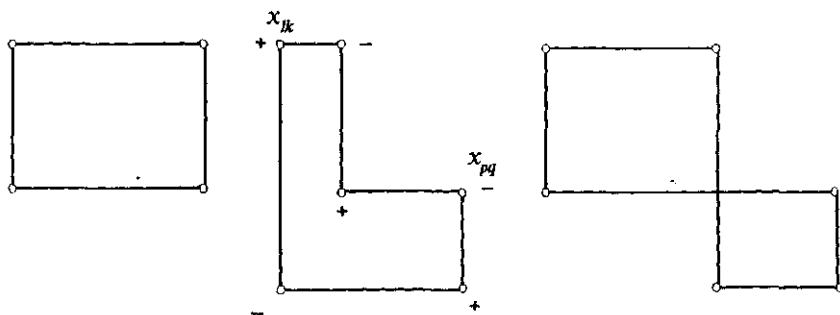


Рис. 2.8. Примеры циклов

Цикл начинается и заканчивается клеткой, соответствующей включаемой в базис переменной x_{lk} . Перемещение поставок в цикле производится по следующему правилу:

1. Заполняемой клетке, соответствующей переменной x_{lk} , приписывается знак «+», а всем остальным клеткам — поочередно знаки «-» и «+».

2. В заполняемую клетку переносят меньшее из чисел x_{ij} , стоящих в минусовых клетках. Одновременно это число прибавляют к соответствующим числам, стоящим в плюсовых клетках, и вычитают из чисел, стоящих в минусовых клетках.

3. Минусовая клетка, в которой стояло минимальное число, считается свободной, а соответствующая ей переменная x_{pq} исключается из базиса.

Замечание. Если минимальное число x_{pq} достигается более чем в одной клетке, то освобождают лишь одну из них, а остальные оставляют занятыми нулевыми поставками.

В результате определяется новый опорный план транспортной задачи. Процесс продолжается до тех пор, пока план не станет оптимальным.

Перейдем к определению оптимального плана рассматриваемой нами задачи.

Итерация 1. Пусть $u_1 = 0$, тогда

$$\Delta_{lk} = \max \{ \Delta_{ij} \} = \Delta_{14} = +5, x_{lk} = x_{14} = 10.$$

	$v_1 = 2$	$v_2 = 3$	$v_3 = 4$	$v_4 = 7$	$v_5 = 2$
$u_1 = 0$	2 60	3 70	4 10	2 +5	4 -2
$u_2 = -3$	8 -9	4 -4	1 110	4 70	1 -2
$u_3 = 0$	9 -7	7 -4	3 1	7 60	2 100

Итерация 2. Пусть $u_1 = 0$, тогда

$$\Delta_{lk} = \max \{ \Delta_{ij} \} = \Delta_{22} = 1, x_{lk} = x_{22} = 60.$$

	$v_1 = 2$	$v_2 = 2$	$v_3 = -1$	$v_4 = 2$	$v_5 = -3$
$u_1 = 0$	2 60	3 70	4 -5	2 10	4 -7
$u_2 = 2$	8 -4	4 1	1 120	4 60	1 -2
$u_3 = 4$	9 -2	7 1	3 1	7 60	2 100

Последняя итерация

	$v_1 = 2$	$v_2 = 2$	$v_3 = -1$	$v_4 = 2$	$v_5 = -2$
$u_1 = 0$	2 60	3 — -1	4 — -5	2 80	4 — -6
$u_2 = 2$	8 — -4	4 70	1 60	4 50	1 — -1
$u_3 = 4$	9 — -3	7 — -1	3 60	7 — -1	2 100

Получили оптимальный план

$$X^* = \begin{pmatrix} 60 & 0 & 0 & 80 & 0 \\ 0 & 70 & 60 & 50 & 0 \\ 0 & 0 & 60 & 0 & 100 \end{pmatrix}, \quad F(X^*) = 1000.$$

Определение оптимального плана транспортных задач, имеющих некоторые сложности в постановке

1. При некоторых реальных условиях перевозки груза из определенного пункта A_i в пункт назначения B_j не могут быть осуществлены. Для определения оптимальных планов таких задач предполагают, что стоимость перевозки единицы груза из пункта A_i в пункт B_j является сколь угодно большой величиной M и при этом условии известными методами находят решение транспортной задачи. Такой подход к нахождению решения ТЗ называется запрещением перевозок.

2. В отдельных ТЗ дополнительным условием является обеспечение перевозки по соответствующим маршрутам определенного количества груза. Пусть, например, из A_i в B_j требуется обязательно перевезти α_{ij} единиц груза. Тогда в соответствующую клетку таблицы, находящуюся на пересечении строки A_i и столбца B_j , записывают указанное число α_{ij} и в дальнейшем считают эту клетку свободной со сколь угодно большой стоимостью перевозки M . Для полученной таким об-

разом новой транспортной задачи находят оптимальный план, который определяет оптимальный план исходной задачи.

3. Иногда требуется найти решение ТЗ, при котором из A_i в B_j должно быть перевезено не менее заданного количества груза α_{ij} . Для определения оптимального плана такой задачи считают, что запасы A_i и потребности B_j меньше фактических на α_{ij} единиц. После этого находят оптимальный план новой ТЗ, на основании которого и определяют решение исходной задачи.

Замечание. При целых a_i ($i = 1, \dots, m$) и b_j ($j = 1, \dots, n$) из-за специфики ограничений ТЗ любое базисное допустимое решение является целочисленным.

2.2.4. Задача оптимального раскроя материалов

На предприятии производится раскрой m различных партий материалов соответственно в количестве b_i ($i = 1, 2, \dots, m$) единиц одинакового размера в каждой партии. Из материалов всех партий требуется изготовить максимальное число комплектов Z , в каждый из которых входит p различных видов деталей соответственно в количестве K_r ($r = 1, 2, \dots, p$) единиц, если известно, что каждую единицу материала можно раскроить на детали n различными способами, причем при раскрое единицы i -й партии j -м способом получается a_{ijr} деталей r -го вида.

Для составления математической модели задачи обозначим через x_{ij} число единиц материала i -й партии, которые будут раскроены j -м способом. Тогда из i -й партии при j -м способе раскроя получим $a_{ijr} \cdot x_{ij}$ деталей r -го вида. Из всей же i -й партии при применении к ней всех n способов раскроя получим $\sum_{j=1}^n a_{ijr} \cdot x_{ij}$ деталей r -го вида, а из всех m партий их будет получено

$$Z_r = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijr} \cdot x_{ij}.$$

В каждый комплект должно входить K_r деталей, поэтому отношения $\frac{Z_r}{K_r}$ ($r = 1, \dots, p$) определяют количество комплектов, которые можно составить из деталей r -го вида. Количество полных комплектов по всем видам деталей определится наименьшим из этих отношений и оно должно быть целым.

В случае полной комплектности выполняется равенство отношений: $\frac{Z_1}{K_1} = \frac{Z_2}{K_2} = \dots = \frac{Z_r}{K_r} = \dots = \frac{Z_p}{K_p}$, откуда $p-1$ отношений можно выразить через любое из них, например, через первое:

$$\frac{Z_r}{K_r} = \frac{Z_1}{K_1} \quad (r = 2, 3, \dots, p),$$

или

$$Z_r = \frac{K_r}{K_1} \cdot Z_1 \quad (r = 2, 3, \dots, p).$$

Заменяя Z_1 и Z_r их значениями, получаем $p-1$ ограничений по комплектности:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ijr} \cdot x_{ij} = \frac{K_r}{K_1} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij1} \cdot x_{ij}$$

или

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (a_{ijr} - \frac{K_r}{K_1} \cdot a_{ij1}) \cdot x_{ij} = 0 \quad (r = 2, 3, \dots, p).$$

Учитывая имеющееся количество единиц материала в партиях, получим m ограничений по ресурсам:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_i \quad (i = 1, \dots, m).$$

Таким образом, необходимо найти наибольшее значение функции

$$F(X) = \frac{1}{K_1} \cdot Z_1 = \frac{1}{K_1} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij1} \cdot x_{ij}$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (a_{ijr} - \frac{K_r}{K_1} \cdot a_{ij1}) \cdot x_{ij} = 0 \quad (r=2,3,\dots, p);$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_i \quad (i = 1, \dots, m);$$

$x_{ij} \geq 0$, x_{ij} — целые ($i = 1, \dots, m$), ($j = 1, \dots, n$).

Пример. Для изготовления комплектов из трех брусьев имеются две партии бревен. Первая партия содержит 99 бревен длиной 6,6 м каждое, вторая — 60 бревен по 4,8 м каждое. Комплект состоит из двух брусьев длиной 2,2 м и одного длиной 1,3 м.

Как распилить все бревна, чтобы получить максимальное число комплектов?

Решение. Определим все возможные способы распила, найдем величины a_{ijr} и запишем результаты в таблицу.

Партия	Размер брусков, м	Способы распила				
		1	2	3	4	
		Значения a_{ijr}				
1	2,2	3	2	1	0	z_1
	1,3	0	1	3	5	z_2
2	2,2	2	1	0	—	z_1
	1,3	0	2	3	—	z_2

Обозначим через x_{ij} ($i = 1, 2$); ($j = 1, \dots, 4$) количество бревен в i -й партии, распиленных по j -му способу. Так как $Z_1 = 2 \cdot Z_2$, то

$$\begin{aligned} & 3 \cdot x_{11} + 2 \cdot x_{12} + x_{13} + 2 \cdot x_{21} + x_{22} = \\ & = 2 \cdot (x_{12} + 3 \cdot x_{13} + 5 \cdot x_{14} + 2 \cdot x_{22} + 3 \cdot x_{23}) \end{aligned}$$

или

$$3 \cdot x_{11} - 5 \cdot x_{13} - 10 \cdot x_{14} + 2 \cdot x_{21} - 3 \cdot x_{22} - 6 \cdot x_{23} = 0.$$

Учитывая ограничения по материальным ресурсам, получим

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 99;$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 60.$$

Выражение для целевой функции примет вид

$$F(X) = x_{12} + 3 \cdot x_{13} + 5 \cdot x_{14} + 2 \cdot x_{22} + 3 \cdot x_{23} \rightarrow \max.$$

Таким образом получим

$$F(X) = x_{12} + 3 \cdot x_{13} + 5 \cdot x_{14} + 2 \cdot x_{22} + 3 \cdot x_{23} \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 99,$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 60,$$

$$3 \cdot x_{11} - 5 \cdot x_{13} - 10 \cdot x_{14} + 2 \cdot x_{21} - 3 \cdot x_{22} - 6 \cdot x_{23} = 0,$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ целые.}$$

Оптимальным является план

$$x_{11}^* = 90, \quad x_{14}^* = 9, \quad x_{22}^* = 60,$$

остальные

$$x_{ij}^* = 0.$$

$$F(X^*) = 165.$$

Таким образом, чтобы получить 165 комплектов бревен, необходимо 90 бревен по 6,6 м распилить по первому способу; 9 бревен по 6,6 м распилить по четвертому способу; 60 бревен по 4,8 м распилить по второму способу.

2.3. Задачи с булевыми переменными

Перейдем теперь к частному случаю задач целочисленного программирования. В этом частном случае искомая переменная x_j в результате решения может принимать не любое целое значение, а только одно из двух: либо 0, либо 1. Чтобы такие переменные отличать от обычных, будем их обозначать через δ_j . С помощью булевых переменных можно решать самые различные по содержанию задачи, в которых надо что-то выбирать из имеющихся различных вариантов.

Задача выбора вариантов

Будем считать, что для получения результата в виде прибыли необходимы два вида ресурсов: материальные и трудовые. Возможны четыре варианта расхода ресурсов и получения прибыли (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Вариант	1	2	3	4	Наличие
Прибыль	65	80	90	210	—
Ресурсы:					
материальные	200	180	240	250	800
трудовые	10	15	22	28	50

Требуется выбрать, какие варианты принять для реализации при условии, чтобы общее число принятых вариантов не превышало трех.

Для составления модели принимаем, что j -му варианту будет соответствовать δ_j ($j = 1, \dots, 4$). При этом

$$\delta_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й вариант принят,} \\ 0, & \text{если } j\text{-й вариант не принят.} \end{cases}$$

Математическая модель задачи будет иметь вид:

$$F(\delta) = 65 \cdot \delta_1 + 80 \cdot \delta_2 + 90 \cdot \delta_3 + 210 \cdot \delta_4 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$200 \cdot \delta_1 + 180 \cdot \delta_2 + 240 \cdot \delta_3 + 250 \cdot \delta_4 \leq 800;$$

$$10 \cdot \delta_1 + 15 \cdot \delta_2 + 22 \cdot \delta_3 + 28 \cdot \delta_4 \leq 50;$$

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 \leq 3;$$

$$0 \leq \delta_j \leq 1, \delta_j - \text{целые, } (j = 1, \dots, 4).$$

Результаты решения задачи приведены в первом столбце табл. 2.8.

Таблица 2.8

Дополнительное условие	Нет	$\delta_2 = \delta_4$	$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 3$
Прибыль	300	290	235
δ_1	0	0	1
δ_2	0	1	1
δ_3	1	0	1
δ_4	1	1	0

Из решения видно, что наибольшая прибыль $F(\delta) = 300$ будет получена в том случае, если будут приняты третий и четвертый варианты.

С помощью булевых переменных можно накладывать дополнительные различные логические условия связи между вариантами. Например, требуется, чтобы четвертый вариант был принят только в том случае, если принят второй. Если же второй вариант не принят, то и четвертый не должен быть принят. Это условие можно записать так: $\delta_2 = \delta_4$, или в форме записи ограничений $\delta_2 - \delta_4 = 0$. Результат решения задачи с учетом этого дополнительного условия также приведен в табл. 2.8.

Рассмотрим еще один вариант дополнительных условий. Допустим, нам надо, чтобы число принимаемых вариантов равнялось трем. Это условие записывается так: $\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 = 3$. Результат решения задачи с этим дополнительным условием приведен также в табл. 2.8. Заметим, что дополнительные условия приводят к снижению прибыли.

Задача о назначениях

Рассмотрим теперь ситуацию, когда требуется распределить n механизмов (работников) на n работ так, чтобы каждый механизм выполнял одну и только одну работу и чтобы при заданной производительности каждого механизма на каждой из работ суммарный эффект был максимальным (затраты минимальные). Обозначим через c_{ij} ($i, j = 1, \dots, n$) производительность i -го механизма на j -й работе. Пусть $\delta_{ij} = 1$, если i -й механизм назначен на j -ю работу и $\delta_{ij} = 0$, если он на эту работу не назначен.

Тогда получим

$$F(\delta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot \delta_{ij} \rightarrow \max$$

$$\sum_{j=1}^n \delta_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^n \delta_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$0 \leq \delta_{ij} \leq 1, \quad \delta_{ij} - \text{целые}, \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n.$$

Функциональные ограничения означают, что каждый механизм выполняет одну работу и каждая работа обеспечивается одним механизмом.

Пример. Имеются три механизма A1, A2, A3, каждый из которых может быть использован на каждом из трех видов работ B1, B2, B3 с производительностью (в условных единицах), заданной в виде табл. 2.9.

Таблица 2.9.

	B1	B2	B3
A1	1	2	3
A2	2	3	2
A3	2	4	5

Требуется так распределить механизмы по одному на каждую из работ, чтобы суммарная производительность всех механизмов была максимальной.

Обозначим через δ_{ij} переменную, равную единице, если механизм A_i назначен на работу B_j , и равную нулю, если механизм A_i не назначен на работу B_j . Тогда получим

$$F(\delta) = \delta_{11} + 2 \cdot \delta_{12} + 3 \cdot \delta_{13} + 2 \cdot \delta_{21} + 3 \cdot \delta_{22} + 2 \cdot \delta_{23} + 2 \cdot \delta_{31} + 4 \cdot \delta_{32} + 5 \cdot \delta_{33} \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13} = 1;$$

$$\delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{23} = 1;$$

$$\delta_{31} + \delta_{32} + \delta_{33} = 1;$$

$$\delta_{11} + \delta_{21} + \delta_{31} = 1;$$

$$\delta_{12} + \delta_{22} + \delta_{32} = 1;$$

$$\delta_{13} + \delta_{23} + \delta_{33} = 1;$$

$$0 \leq \delta_{ij} \leq 1, \delta_{ij} \text{ --- целые, } i = 1, \dots, 3, j = 1, \dots, 3.$$

В результате решения задачи было получено:

$$\delta^* = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad F(\delta^*) = 9.$$

Задача распределения капиталовложений

Рассматриваются пять проектов, которые могут быть осуществлены в течение последующих трех лет. Ожидаемые величины прибыли от реализации каждого из проектов и распределение необходимых капиталовложений по годам (в тыс. руб.) приводятся в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Проект	Распределение капиталовложений			Прибыль
	год 1	год 2	год 3	
1	5	1	8	20
2	4	7	10	40
3	3	9	2	20
4	7	4	1	15
5	8	6	10	30
Максимальный объем капиталовложений	25	25	25	

Требуется выбрать совокупность проектов, которой соответствует максимум суммарной прибыли.

Сформулируем задачу целочисленного программирования с булевыми переменными.

$$F(\bar{\delta}) = 20 \cdot \delta_1 + 40 \cdot \delta_2 + 20 \cdot \delta_3 + 15 \cdot \delta_4 + 30 \cdot \delta_5 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$5 \cdot \delta_1 + 4 \cdot \delta_2 + 3 \cdot \delta_3 + 7 \cdot \delta_4 + 8 \cdot \delta_5 \leq 25;$$

$$\delta_1 + 7 \cdot \delta_2 + 9 \cdot \delta_3 + 4 \cdot \delta_4 + 6 \cdot \delta_5 \leq 25;$$

$$8 \cdot \delta_1 + 10 \cdot \delta_2 + 2 \cdot \delta_3 + \delta_4 + 10 \cdot \delta_5 \leq 25;$$

$$\delta_j = \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, 5.$$

Решив ее получим

$$\bar{\delta}^* = (1, 1, 1, 1, 0), \quad F(\bar{\delta}^*) = 95.$$

Задача дискретного программирования

С помощью булевых переменных можно решать еще один очень важный класс практических задач оптимизации. Суть этого класса задач заключается в том, что решением задачи может быть не любое число в назначенных граничных условиях, а лишь такое, которое входит в заданный набор возможных вариантов значений данной искомой переменной.

Пример. Допустим, мебельная фабрика выпускает диваны, кресла и стулья. Требуется определить, сколько можно изготовить спинок диванов, подлокотников кресел и ножек стульев, если для их изготовления требуются ресурсы, приведенные в табл. 2.11, чтобы доход был максимальным.

Таблица 2.11

Наименование	Спинка дивана	Подлокотник кресла	Ножка стула	Наличие ресурса
Цена	20	6	8	—
Древесина	10	5	3	130
Трудовые ресурсы	2	7	4	90

При этом следует иметь в виду, что выпуск спинок диванов может принимать любое целое значение, подлокотники изготавливают парами, т.е. они должны быть кратны двум, а ножки стульев — четырем.

С учетом этих требований математическая модель задачи будет иметь следующий вид:

$$F(\bar{X}) = 20 \cdot X_1 + 6 \cdot X_2 + 8 \cdot X_3 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$10 \cdot X_1 + 5 \cdot X_2 + 3 \cdot X_3 \leq 130;$$

$$2 \cdot X_1 + 7 \cdot X_2 + 4 \cdot X_3 \leq 90;$$

$$X_2 - 2 \cdot \delta_{21} - 4 \cdot \delta_{22} - 6 \cdot \delta_{23} - 8 \cdot \delta_{24} = 0;$$

$$X_3 - 4 \cdot \delta_{31} - 8 \cdot \delta_{32} - 12 \cdot \delta_{33} = 0;$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0, \text{ целые, } 0 \leq \delta_{ij} \leq 1, \delta_{ij} - \text{целые.}$$

Введение дополнительных булевых переменных дает возможность обеспечить выпуск изделий в кратном заданном количестве.

В результате решения данной задачи было получено:

$\bar{X}^* = (8, 0, 16)$, $F(\bar{X}^*) = 288$; $\delta_{31}^* = \delta_{33}^* = 1$; остальные $\delta_{ij}^* = 0$. При этом оказались не полностью использованы ресурсы: резерв первого равен 2, а второго — 10. Такое положение является характерным для задач целочисленного программирования. Ресурс остается, но для использования на увеличение выпуска дискретного количества продукции его оказывается недостаточно.

Рассмотрим общий случай. Пусть в модели некоторая переменная x_j может принимать лишь любое значение из заданных: 4,35; 5,5; 6,75. Тогда соответствующие ограничения выглядят следующим образом:

$$x_j = 4,35 \cdot \delta_1 + 5,5 \cdot \delta_2 + 6,75 \cdot \delta_3.$$

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 1.$$

Задача с постоянными элементами затрат

Рассмотрим следующую задачу планирования производства. Предположим, что затраты на производство продукции вида j ($j = 1, \dots, n$) складываются из постоянных затрат в объеме K_j , не зависящем от количества произведенной продукции, и текущих издержек c_j на производство единицы продукции. Таким образом, если x_j — объем выпуска продукции вида j , функцию суммарных затрат можно записать следующим образом:

$$C_j(x_j) = \begin{cases} K_j + c_j \cdot x_j, & x_j > 0 \\ 0, & x_j = 0 \end{cases}.$$

Если теперь в качестве целевой функции рассмотреть

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n C_j(x_j) \rightarrow \min,$$

то можно заметить, что этот критерий не является линейным по x_j вследствие разрыва в начале координат. Введем дополнительные булевы переменные δ_j :

$$\delta_j = \begin{cases} 1, & x_j > 0 \\ 0, & x_j = 0 \end{cases}$$

и рассмотрим следующую задачу:

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n (c_j \cdot x_j + K_j \cdot \delta_j) \rightarrow \min. \quad (2.24)$$

$$0 \leq x_j \leq M \cdot \delta_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad (2.25)$$

$$\delta_j \in \{0, 1\}. \quad (2.26)$$

Рассмотрим подробнее ограничения (2.25). Здесь M достаточно большое положительное число, чтобы условие $x_j \leq M$ выполнялось для всех допустимых объемов выпуска продукции. При $x_j > 0$ имеем $\delta_j = 1$ и целевая функция включает постоянные затраты K_j . Если $x_j = 0$, то δ_j может принимать значения 0 или 1, однако поскольку $K_j > 0$ и $F(\bar{X})$, требуется минимизировать, переменная δ_j будет равна нулю. Заметим, что если исходная задача не имеет отношения к целочисленной, то преобразованная представляет собой целочисленную с булевыми переменными.

Пример. Пусть в задаче производственного планирования требуется изготовить 2000 единиц некоторой продукции на трех станках. Величины накладных расходов, затрат на производство единицы продукции и максимальной производительности для каждого из станков приведены в табл. 2.12.

Таблица 2.12

Станок	Накладные расходы	Затраты на производство единицы продукции	Максимальная производительность
1	100	10	600
2	300	2	800
3	200	5	1200

Требуется минимизировать суммарные затраты на производство указанного количества единиц продукции.

Сформулируем соответствующую задачу целочисленного программирования.

$$F(\bar{X}) = (10 \cdot x_1 + 100 \cdot \delta_1) + (2 \cdot x_2 + 300 \cdot \delta_2) + (5 \cdot x_3 + 200 \cdot \delta_3) \rightarrow \min$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 2000$$

$$0 \leq x_1 \leq 600 \cdot \delta_1$$

$$0 \leq x_2 \leq 800 \cdot \delta_2$$

$$0 \leq x_3 \leq 1200 \cdot \delta_3$$

$$\delta_j \in \{0,1\}.$$

В результате решения данной задачи было получено:

$$\bar{X}^* = (0, 800, 1200), \quad \bar{\delta}^* = (0,1,1), \quad F(\bar{X}^*) = 8100.$$

2.3.1. Задача о назначениях

Рассмотрим ситуацию, когда требуется распределить m работ (или исполнителей) по n станкам. Работа i ($i = 1, \dots, m$), выполняемая на станке j ($j = 1, \dots, n$), связана с затратами c_{ij} . Задача состоит в таком распределении работ по станкам (одна работа выполняется на одном станке), которое соответствует минимизации суммарных затрат.

Эту задачу можно рассматривать как частный случай транспортной задачи. Здесь работы представляют «исходные пункты», а станки — «пункты назначения». Предложение в каждом исходном пункте равно 1, т.е. $a_i = 1$ для всех i . Аналогично спрос в каждом пункте назначения равен 1, т.е. $b_j = 1$ для всех j . Стоимость «перевозки» (прикрепления) работы i к станку j равна c_{ij} . Если какую-либо работу нельзя выполнять на некотором станке, то соответствующая стоимость c_{ij} берется равной очень большому числу. Матрица стоимостей C определяется следующим образом:

		Станки				
		1	2	...	n	a_i
Виды работ	1	$\begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix}$				1
	2					1
	...					...
	m					1
		b_j	1	1	...	1

Прежде чем решать такую задачу, необходимо ликвидировать дисбаланс, добавив фиктивные работы или станки в зависимости от начальных условий. Поэтому без потери общности можно положить $m = n$.

Пусть $x_{ij} = 0$, если j -я работа не выполняется на i -м станке, $x_{ij} = 1$, если j -я работа выполняется на i -м станке.

Таким образом, решение задачи может быть записано в виде двумерного массива $X = (x_{ij})$. Допустимое решение называется назначением. Допустимое решение строится путем выбора ровно одного элемента в каждой строке матрицы $X = (x_{ij})$ и ровно одного элемента в каждом столбце этой матрицы. Для заданного значения n существует $n!$ допустимых решений.

Теперь задача будет формулироваться следующим образом:

$$F(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min ;$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n ;$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n ;$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}.$$

Ограничения первой группы необходимы для того, чтобы каждая работа выполнялась ровно один раз. Ограничения второй группы гарантируют, что каждому станку будет приписана ровно одна работа.

Для иллюстрации задачи о назначениях рассмотрим таблицу с тремя работами и тремя станками.

		Станки		
		1	2	3
Виды работ	1	5	7	9
	2	14	10	12
	3	15	13	16

Специфическая структура задачи о назначениях позволяет использовать эффективный метод для ее решения.

Замечание. Оптимальное решение задачи не изменится, если из любой строки или столбца матрицы стоимостей вычесть произвольную постоянную величину.

Приведенное замечание показывает, что если можно построить новую матрицу $\bar{C}$ с нулевыми элементами и эти нулевые элементы или их подмножество соответствуют допустимому решению, то такое решение будет оптимальным.

$$C = \begin{pmatrix} 5 & 7 & 9 \\ 14 & 10 & 12 \\ 15 & 13 & 16 \end{pmatrix} \begin{matrix} 5 \\ 10 \\ 13 \end{matrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ 4 & 0 & 2 \\ 2 & 0 & 3 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} (0) & 2 & 2 \\ 4 & 0 & (0) \\ 2 & (0) & 1 \end{pmatrix} = \bar{C}.$$

0 0 2

Оптимальное назначение:

$$x_{11}^* = 1, x_{23}^* = 1, x_{32}^* = 1, \text{ остальные } x_{ij}^* = 0,$$

$$F(X^*) = 5 + 12 + 13 = 30.$$

К сожалению, не всегда удастся определить решение так просто.

Венгерский алгоритм

Шаг 1. (Редукция строк и столбцов).

Цель данного шага состоит в получении максимально возможного числа нулевых элементов в матрице стоимостей. Для этого из всех элементов каждой строки вычитают минимальный элемент соответствующей строки, а затем из всех элементов каждого столбца полученной матрицы вычитают минимальный элемент соответствующего столбца. В результате получают редуцированную матрицу стоимостей и переходят к поиску назначений.

Шаг 2. (Определение назначений).

а) Найти строки, содержащие ровно один невычеркнутый нулевой элемент. В каждой такой строке произвести назначение, соответствующее невычеркнутому нулевому элементу. В каждом столбце, в котором было произведено назначение, вычеркнуть все невычеркнутые ранее нулевые элементы. Строки рассматриваются в порядке возрастания их номеров.

б) Найти столбцы, содержащие ровно один невычеркнутый нулевой элемент. В каждом таком столбце произвести назначе-

ние, соответствующее невычеркнутому нулевому элементу. В каждой строке, в которой было произведено назначение, вычеркнуть все невычеркнутые ранее нулевые элементы. Столбцы рассматриваются в порядке возрастания их номеров.

в) Выполнять пункты а) и б) до тех пор, пока не будет вычеркнуто максимально возможное число нулевых элементов. Если построенное назначение полное, то оно является оптимальным.

Если некоторые нули остались невычеркнутыми, то можно попытаться найти полное назначение.

Если нельзя найти полного назначения, то необходима дальнейшая модификация матрицы стоимостей, т.е. перейти к шагу 3.

Шаг 3. (Модификация редуцированной матрицы).

Для редуцированной матрицы стоимостей:

а) Вычислить число нулей в каждой невычеркнутой строке и каждом невычеркнутом столбце.

б) Вычеркнуть строку или столбец с максимальным числом нулей.

в) Выполнять пункты а) и б) до тех пор, пока не будут вычеркнуты все нули.

г) Из всех невычеркнутых элементов вычесть минимальный невычеркнутый элемент и прибавить его к каждому элементу, расположенному на пересечении двух линий.

Перейти к шагу 2.

Замечания:

1. Если число линий, необходимое для того чтобы вычеркнуть нулевые элементы, равно числу строк (столбцов), то существует полное назначение.

2. Если исходная задача является задачей максимизации, то все элементы матрицы стоимостей следует умножить на (-1) и сложить их с достаточно большим числом так, чтобы матрица не содержала бы отрицательных элементов. Затем задачу следует решать как задачу минимизации.

Покажем работу венгерского алгоритма на примере задачи о назначениях со следующей матрицей стоимостей:

Пример 1

$$C = (c_{ij}) = \begin{pmatrix} 2 & 10 & 9 & 7 \\ 15 & 4 & 14 & 8 \\ 13 & 14 & 16 & 11 \\ 4 & 15 & 13 & 19 \end{pmatrix}.$$

Итерация 1

Шаг 1. Редукция строк и столбцов.

Значения минимальных элементов строк 1, 2, 3 и 4 равны 2, 4, 11 и 4 соответственно. Вычитая из элементов каждой строки соответствующее минимальное значение, получим следующую матрицу:

$$\begin{pmatrix} 0 & 8 & 7 & 5 \\ 11 & 0 & 10 & 4 \\ 2 & 3 & 5 & 0 \\ 0 & 11 & 9 & 15 \end{pmatrix}.$$

Значения минимальных элементов столбцов 1, 2, 3 и 4 равны 0, 0, 5 и 0 соответственно. Вычитая из элементов каждого столбца соответствующее минимальное значение, получим следующую матрицу.

$$\bar{C} = \begin{pmatrix} 0 & 8 & 2 & 5 \\ 11 & 0 & 5 & 4 \\ 2 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 4 & 15 \end{pmatrix}.$$

Шаг 2. Поиск допустимого решения, для которого все назначения имеют нулевую стоимость.

а) Строки 1, 2 и 4 содержат по одному невычеркнутому нулю. Рассматривая эти строки в порядке возрастания их номеров, произведем вначале назначение, соответствующее элементу (1,1), и вычеркнем нулевой элемент (4,1). Затем произведем назначение, соответствующее элементу (2,2). Строка 4 не может быть использована, поскольку нулевой элемент (4,1) был вычеркнут.

б) Столбцы 3 и 4 содержат по одному невычеркнутому нулю. Рассматривая эти столбцы в порядке возрастания их номеров, мы можем произвести третье назначение, соответствующее элементу (3,3). В столбце 4 назначение невозможно, так как мы произвели назначение, соответствующее элементу (3,3). После выполнения данного шага матрица стоимостей имеет следующий вид:

$$\begin{pmatrix} (0) & 8 & 2 & 5 \\ 11 & (0) & 5 & 4 \\ 2 & 3 & (0) & 0 \\ 0 & 11 & 4 & 15 \end{pmatrix}.$$

Таким образом ни одно полное назначение не может быть получено, и необходимо провести дальнейшую модификацию редуцированной матрицы стоимостей.

Шаг 3. Модификация редуцированной матрицы.

$$\bar{C} = \begin{pmatrix} 0 & 8 & 2 & 5 \\ 11 & 0 & 5 & 4 \\ 2 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 4 & 15 \end{pmatrix}.$$

а) Число нулей в строках 1, 2, 3 и 4 равно 1, 1, 2 и 1 соответственно. Для столбцов соответствующие величины равны 2, 1, 1 и 1.

б) Максимальное число нулей, по два, содержат строка 3 и столбец 1. Выбираем строку 3 и вычеркиваем все ее элементы горизонтальной линией.

в) Число невычеркнутых нулей в строках 1, 2 и 4 равно 1, 1 и 1 соответственно. Для столбцов соответствующие значения равны 2, 1, 0, и 0. Поэтому мы должны выбрать столбец 1 и вычеркнуть его вертикальной линией. После этого останется только один невычеркнутый нуль — элемент (2,2). Поэтому можно вычеркнуть либо строку 2, либо столбец 2. Вычеркивая строку 2 горизонтальной линией, получаем следующую матрицу:

$$\begin{pmatrix} 0 & 8 & 2 & 5 \\ 11 & 0 & 5 & 4 \\ 2 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 11 & 4 & 15 \end{pmatrix}.$$

г) Значение минимального невычеркнутого элемента равно 2. Вычитая его из всех невычеркнутых элементов и складывая его со всеми элементами, расположенными на пересечении двух линий, получаем новую матрицу стоимостей:

$$\begin{pmatrix} 0 & 6 & 0 & 3 \\ 13 & 0 & 5 & 4 \\ 4 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 2 & 13 \end{pmatrix}.$$

Итерация 2

Шаг 2. Выполняя вновь процедуру построения допустимого решения нулевой стоимости, получаем следующее оптимальное решение:

$$\begin{pmatrix} 0 & 6 & (0) & 3 \\ 13 & (0) & 5 & 4 \\ 4 & 3 & 0 & (0) \\ (0) & 9 & 2 & 13 \end{pmatrix}.$$

Оптимальное назначение:

$$x_{13}^* = 1, x_{22}^* = 1, x_{34}^* = 1, x_{41}^* = 1, \text{ остальные } x_{ij}^* = 0,$$

$$F(X^*) = 9 + 4 + 11 + 4 = 28.$$

Пример 2 (Задача размещения производства)

Компания разрабатывает план выпуска трех новых видов продукции. Предположим, что компания владеет пятью предприятиями и что на трех из них должны производиться новые виды продукции — по одному виду на одно предприятие. Ниже указаны издержки производства и сбыта единицы продукции.

1. Издержки производства единицы продукции, руб.:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	20	23	38	15	35
	2	8	29	6	35	35
	3	5	8	3	4	7

2. Издержки сбыта единицы продукции, руб.:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	20	50	20	10	13
	2	7	90	8	35	60
	3	5	5	4	15	6

Плановый объем годового производства, который позволил бы удовлетворить спрос, и плановая стоимость единицы продукции каждого вида следующие:

Вид продукции	Плановый объем производства	Плановая стоимость, (руб.)
1	35000	55
2	160000	50
3	54000	30

Решение. Общие издержки на единицу продукции складываются из издержек производства и издержек сбыта. Поскольку продажная цена единицы каждого вида продукции известна, то можно вычислить прибыль на единицу продукции:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	15	-18	-3	30	7
	2	35	-69	36	-20	-45
	3	20	17	23	11	17

Умножая прибыль, приходящуюся на единицу продукции, на годовой объем сбыта, можно получить общую годовую прибыль, соответствующую каждой паре «вид продукции — предприятие». Данные величины (в тыс. руб.) приведены в следующей таблице:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	525	-630	-105	1050	245
	2	5600	-11040	5760	-3200	-7200
	3	1080	918	1242	594	918

Если прибыль рассматривать как отрицательные затраты, то исходная задача максимизации может быть сведена к минимизационной задаче о назначениях. Для того чтобы матрица стоимостей не содержала отрицательных элементов, сложим каждый элемент матрицы с числом 5760 и введем два вида фиктивной продукции (4 и 5), которой соответствует нулевая прибыль. В результате будут получены следующие матрицы:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	-525	630	105	-1050	-245
	2	-5600	11040	-5760	3200	7200
	3	-1080	-918	-1242	-594	-918

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	5235	6390	5865	4710	5515
	2	160	16800	0	8960	12960
	3	4680	4842	4518	5166	4842
	4	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0

$$\Rightarrow C = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 5235 & 6390 & 5865 & 4710 & 5515 \\ \hline 160 & 16800 & 0 & 8960 & 12960 \\ \hline 4680 & 4842 & 4518 & 5166 & 4842 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

Итерация 1

Шаг 1

$$\bar{C} = \begin{pmatrix} 525 & 1680 & 1155 & 0 & 805 \\ 160 & 16800 & 0 & 8960 & 12960 \\ 162 & 324 & 0 & 648 & 324 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Шаг 2

$$\begin{pmatrix} 525 & 1680 & 1155 & (0) & 805 \\ 160 & 16800 & (0) & 8960 & 12960 \\ 162 & 324 & 0 & 648 & 324 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Шаг 3

$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 525 & 1680 & 1155 & 0 & 805 \\ \hline 160 & 16800 & 0 & 8960 & 12960 \\ \hline 162 & 324 & 0 & 648 & 324 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array}.$$

Итерация 2

Шаг 2

Воспользуемся замечанием 1. Тогда получим:

$$\begin{pmatrix} 365 & 1520 & 1155 & (0) & 645 \\ (0) & 16640 & 0 & 8960 & 12800 \\ 2 & 164 & (0) & 648 & 164 \\ 0 & (0) & 160 & 160 & 0 \\ 0 & 0 & 160 & 160 & (0) \end{pmatrix}.$$

Оптимальное решение данной задачи следующее: производство первого вида продукции назначается предприятию 4, второго вида — предприятию 1, третьего вида — предприятию 3, четвертого вида — предприятию 2, пятого вида — предприятию 5. Очевидно, что два последних назначения являются фиктивными. Суммарная годовая прибыль, соответствующая данному решению, равна $1050 + 5600 + 1242 = 7892$ тыс. руб.

2.3.2. Аддитивный алгоритм решения задачи с булевыми переменными

$$F(\bar{X}) = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_n \cdot x_n \rightarrow \max, \quad (2.27)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.28)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.29)$$

Рассмотрим основные идеи алгоритма. Если учитывать только условия (2.29), то существует 2^n возможных наборов значений переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$. Ясно, что многие из них недопустимы из-за ограничений (2.28). Рассмотрим некоторое подмножество переменных x_j , в котором каждой переменной поставлено в соответствие определенное числовое значение 0 или 1. Такое подмножество называется *частичным решением*. Переменные x_j , не входящие в частичное решение, называются *свободными переменными*. Любой выбор числовых значений свободных переменных называется *дополнением* частичного решения. Если частичное решение содержит s переменных, то существует 2^{n-s} дополнений.

Формально процесс поиска искомого решения может быть представлен в виде некоторого дерева вариантов, где каждая вершина (не конечная) соответствует определенному частичному решению.

Допустим, что известна нижняя достигнутая оценка Z_0 оптимального значения $F(\bar{X})$ и зафиксировано допустимое решение, дающее эту оценку. Тогда, если для некоторого частичного решения каким-то образом можно доказать, что не существует допустимого дополнения, которое имеет значение $F(\bar{X})$, превышающее нижнюю оценку, то нет необходимости его продолжения (т.е. оно отсеивается). В этом случае говорят, что частичное решение прозондировано. При зондировании частичного решения, содержащего s переменных, неявным образом перебирается 2^{n-s} возможных значений. Существует несколько способов, которые можно применить, чтобы установить, имеется ли какое-либо дополнение, дающее значение целевой функции (ЦФ), превышающее текущую нижнюю оценку.

1. Если задача содержит ограничение

$$-x_1 + 2x_2 - 5x_3 + 4x_4 - 2x_5 \leq 0,$$

то не существует дополнительного частичного решения $x_1 = 1$, $x_3 = 0$, $x_4 = 1$, удовлетворяющего ограничению, так как $-1 + 2x_2 + 4 - 2x_5 \leq 0$, $2x_2 - 2x_5 \leq -3$.

2. Пусть $F(\bar{X}) = x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 3x_4 - x_5$ и $Z_0 = 8$.

Тогда, чтобы улучшить значение Z_0 , дополнение должно удовлетворять ограничению $x_1 + 2x_2 + 4x_3 + 3x_4 - x_5 \geq Z_0 + 1 = 9$. Но ни одно дополнение частичного решения $x_3 = 0$, $x_5 = 0$ не является допустимым, так как $x_1 + 2x_2 + 3x_4 < 9$.

Формализуем наши рассуждения следующим образом:

При заданном частичном решении $x_j = \delta_j$, $j \in I$ представим ограничение (2.28) в виде

$$\sum_{j \notin I} a_{ij} \cdot x_j \leq b_i - \sum_{j \in I} a_{ij} \cdot x_j, \quad i = 1, \dots, m,$$

где I — множество индексов переменных частичного решения.

Для $i = 0$ получим $\sum_j c_j \cdot x_j \geq Z_0 + 1$ или $\sum_j (-c_j) \cdot x_j \leq -Z_0 - 1$,

$$\sum_{j \notin I} (-c_j) \cdot x_j \leq -Z_0 - 1 - \sum_j (-c_j) \cdot x_j,$$

т.е. $b_0 = -Z_0 - 1$, $a_{0j} = -c_j$.

Тогда не существует допустимого дополнения, которому соответствует значение ЦФ, превосходящее нижнюю оценку, если

$$\sum_{j \notin I} \min\{a_{ij}, 0\} > b_i - \sum_{j \in I} a_{ij} \cdot x_j \quad (\text{при любом } i). \quad (2.30)$$

Левая часть — это сумма всех отрицательных коэффициентов при свободных переменных. Если эта сумма больше правой части неравенства, то даже полагая $x_j = 1$ для всех свободных переменных, для которых $a_{ij} < 0$, невозможно выполнить i -е ограничение (2.30).

Другим важным моментом является то, что при заданном частичном решении иногда удастся определить, какое значение должна иметь свободная переменная при любом допустимом дополнении в случае, когда значение ЦФ превосходит текущую нижнюю оценку.

В частности, для любой свободной переменной x_k в случае, когда

$$\sum_{j \notin I} \min\{a_{ij}, 0\} + |a_{ik}| > b_i - \sum_{j \in I} a_{ij} \cdot x_j \quad \text{при любом } i, \quad (2.31)$$

$x_k = 0$, если $a_{ik} > 0$ и $x_k = 1$, если $a_{ik} < 0$.

Пусть $2 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 + 3 \cdot x_3 - 2 \cdot x_4 \leq 0$.

При частичном решении $x_1 = 1$; $x_2 = 1$ в любом дополнении должно выполняться условие $x_3 = 0$, ибо только тогда будет выполняться ограничение.

$$2 - 2 + 3 \cdot x_3 - 2 \cdot x_4 \leq 0, \quad 3 \cdot x_3 - 2 \cdot x_4 \leq 0, \quad -2 + |3| > 0.$$

Проверки (2.30) можно применять также и к составным ограничениям.

Пусть

$$\begin{aligned}-x_1 - x_2 - 2x_3 &\leq -1, \\ 3x_2 - 3x_4 + 3x_5 &\leq 0, \\ 2x_3 + 3x_4 - 3x_5 &\leq 0.\end{aligned}$$

При частичном решении $x_1 = 0$ получим в составном ограничении $-x_1 + 2x_2 \leq -1$, $2x_2 \leq -1$, $\Rightarrow$ допустимого дополнения не существует.

Алгоритм

Пусть уже проведено k итераций и найдена текущая нижняя оценка оптимального решения Z_0 и список задач. Опишем $(k+1)$ -ю итерацию.

Шаг 1. Прекратить вычисления, если основной список пуст. В противном случае выбрать задачу из основного списка и вычеркнуть ее из него.

Шаг 2. Если можно найти свободные переменные, которые должны иметь определенные значения при любом дополнении, когда значение ЦФ превосходит Z_0 , то соответствующим образом расширить выбранное частичное решение.

Если можно установить, что не существует допустимого дополнения, у которого значение ЦФ превосходит Z_0 , то вернуться к первому шагу.

В противном случае перейти к шагу 3.

Шаг 3. Если расширенное частичное решение является полным (т.е. содержит все n переменных), зафиксировать его и изменить Z_0 , если оно оказалось меньше соответствующего значения ЦФ, то $Z_0 = \max \{ Z_0, F(x) \}$ и вернуться к шагу 1. В противном случае перейти к шагу 4.

Шаг 4. Выбрать любую свободную переменную x_j , не входящую в (расширенное) частичное решение. Внести две новые задачи в основной список. В одной из них положить $x_j = 0$, а в другой $x_j = 1$ и вернуться к шагу 1.

Пример. $3x_1 + 6x_2 + 3x_3 + 6x_4 + 13x_5 \rightarrow \max$
при ограничениях

$$\begin{aligned}-3x_1 - 6x_2 + 6x_3 + 12x_4 + 7x_5 &\leq 8 \\ 6x_1 + 12x_2 - 3x_3 - 6x_4 + 7x_5 &\leq 8 \\ x_j &= \{0, 1\}, j = 1, \dots, 5.\end{aligned}$$

Итерация 1

Шаг 1. Пусть $Z_0 = 0$. Это соответствует допустимому решению, в котором все $x_j = 0$. Предположим, что в основной список входит задача 1 с частичным решением $x_5 = 1$ и задача 2 с частичным решением $x_5 = 0$. Выберем из списка задачу 1.

Шаг 2. Найдем какие-либо свободные переменные ($x_j \neq x_5$), которые обязательно должны иметь определенные значения, чтобы удовлетворять ограничениям при условии $x_5 = 1$. Применим проверку (2.31) при $i = 1$ и $i = 2$. Тогда

$$-3 \cdot x_1 - 6 \cdot x_2 + 6 \cdot x_3 + 12 \cdot x_4 \leq 1 \Rightarrow -3 - 6 + |12| > 1$$

$$6 \cdot x_1 + 12 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 6 \cdot x_4 \leq 1 \Rightarrow -3 - 6 + |12| > 1$$

Поэтому $x_4 = x_2 = 0$. Далее при условии $x_4 = x_2 = 0$, $x_5 = 1$ вторичное применение (2.31) при $i = 1$ и $i = 2$ дает

$$-3 \cdot x_1 + 6 \cdot x_3 \leq 1 \Rightarrow x_3 = 0$$

$$6 \cdot x_1 - 3 \cdot x_3 \leq 1 \Rightarrow x_1 = 0.$$

Таким образом, получено полное решение, содержащее все переменные. Во второй части шага 2 проверяется допустимость этого решения при $i = 0, 1, 2$.

Шаг 3. Фиксируем решение $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0$, $x_5 = 1$, $F(x) = 13$.

Полагаем

$$Z_0 = \max \{ Z_0, F(x) \} = 13 \text{ и возвращаемся к шагу 1.}$$

Итерация 2

Шаг 1. Выбираем из списка задачу 2, где $x_5 = 0$. Ограничение по значению ЦФ запишется следующим образом:

$$3 \cdot x_1 + 6 \cdot x_2 + 3 \cdot x_3 + 6 \cdot x_4 + 13 \cdot x_5 \geq Z_0 + 1 = 14:$$

Шаг 2.

$$-3 \cdot x_1 - 6 \cdot x_2 - 3 \cdot x_3 - 6 \cdot x_4 \leq -14 \quad (i = 0) \Rightarrow x_2 = 1, x_4 = 1, \Rightarrow$$

$$-3 \cdot x_1 - 6 - 3 \cdot x_3 - 6 \leq -14 \quad (i = 0)$$

$$-3 \cdot x_1 - 6 + 6 \cdot x_3 + 12 \leq 8 \quad (i = 1)$$

$$6 \cdot x_1 + 12 - 3 \cdot x_3 - 6 \leq 8 \quad (i = 2)$$

или

$$-3 \cdot x_1 - 3 \cdot x_3 \leq -2$$

$$-3 \cdot x_1 + 6 \cdot x_3 \leq 2 \Rightarrow x_3 = 0$$

$6 \cdot x_1 - 3 \cdot x_3 \leq 2 \Rightarrow x_1 = 0 \Rightarrow$ нет допустимых решений.

Возвращаемся к шагу 1 и прекращаем дальнейшие вычисления, так как список задач пуст.

Итак, мы получили оптимальное решение:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0, x_5 = 1. Z = 13.$$

Приведем структурную схему алгоритма (рис. 2.9).

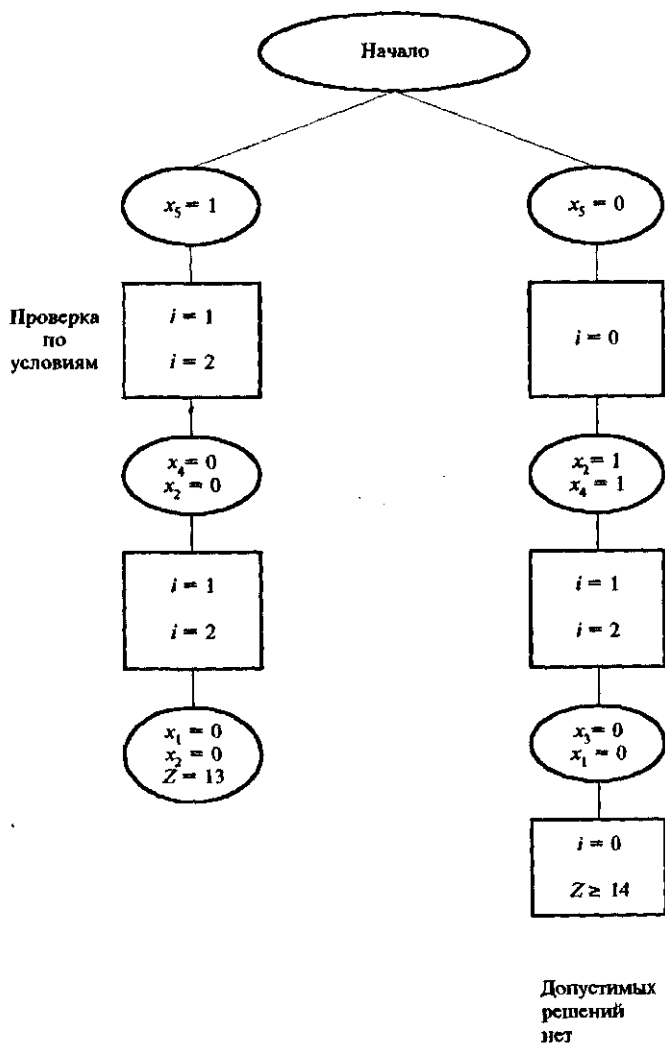


Рис. 2.9. Структурная схема алгоритма

2.4. Задачи параметрического программирования

Во многих задачах производственного менеджмента исходные данные зависят от некоторого параметра. Введение параметра обычно отражает некоторую реальную ситуацию. Рассмотрим естественное обобщение нашей задачи производственного планирования, когда исходные данные считаются не постоянными величинами, а функциями, зависящими определенным образом от некоторого параметра. Приведем несколько постановок задач линейного параметрического программирования.

Первая постановка

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n (c_j^I + c_j^{II} \cdot t) \cdot x_j \rightarrow \max \quad (2.32)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.33)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad t \geq 0. \quad (2.34)$$

Так как коэффициенты целевой функции в исходной задаче представляют собой прибыль от единицы некоторого продукта, то зависимость коэффициентов целевой функции от параметра t в задаче (2.32) — (2.34) можно понимать как зависимость прибыли от времени. Задача (2.32) — (2.34) заключается в нахождении для каждого допустимого значения параметра t максимального значения целевой функции.

Вторая постановка

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \rightarrow \max \quad (2.35)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i^I + b_i^{II} \cdot t, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.36)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad t \geq 0. \quad (2.37)$$

Так как правые части ограничений в исходной задаче представляют количество ресурсов, отпущенных предприятию для производственной деятельности, то зависимость правых частей от параметра t в задаче (2.35) — (2.37) можно понимать как зависимость запасов ресурсов от времени. Задача (2.35) — (2.37) заключается в нахождении для каждого допустимого значения параметра t максимального значения целевой функции.

Третья постановка

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n (c_j^I + c_j^{II} \cdot t) \cdot x_j \rightarrow \max \quad (2.38)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \leq b_i^I + b_i^{II} \cdot t, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.39)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad t \geq 0. \quad (2.40)$$

В данном случае от параметра зависят как коэффициенты целевой функции, так и свободные члены системы ограничений. Задача (2.38) — (2.40) заключается в нахождении для каждого допустимого значения параметра t максимального значения целевой функции.

Дальнейшим обобщением этих задач является задача параметрического программирования, в которой от параметра t зависят коэффициенты при неизвестных в целевой функции, коэффициенты при неизвестных в системе ограничений и свободные члены системы ограничений.

Четвертая постановка

$$F(\bar{X}) = \sum_{j=1}^n (c_j^I + c_j^{II} \cdot t) \cdot x_j \rightarrow \max \quad (2.41)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij}^I + a_{ij}^{II} \cdot t) \cdot x_j \leq b_i^I + b_i^{II} \cdot t, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2.42)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad t \geq 0. \quad (2.43)$$

Задача (2.41) — (2.43) заключается в нахождении для каждого допустимого значения параметра t максимального значения целевой функции.

Решение сформулированных задач можно найти методами линейного программирования.

Пример. Предприятие должно выпустить два вида продукции А и В, для изготовления которых используются три вида сырья. Запасы сырья и нормы расхода на единицу продукции каждого вида приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.13.

Вид сырья	Нормы расхода сырья на производство единицы продукции		Запасы сырья
	А	В	
1	4	1	16
2	2	2	22
3	6	3	36

Известно, что прибыль от единицы продукции может изменяться для изделия А от 2 до 12 руб., а для изделия В от 13 до 3 руб., причем эти изменения определяются соотношениями $C_1 = 2 + t$, $C_2 = 13 - t$, где $0 \leq t \leq 10$. Для каждого из возможных значений прибыли от единицы продукции каждого из видов найти такой план производства, при котором общая прибыль от реализации продукции является максимальной.

Решение:

$$F(\bar{X}) = (2 + t) \cdot x_1 + (13 - t) \cdot x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{cases} 4 \cdot x_1 + x_2 \leq 16 \\ 2 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \leq 22 \\ 6 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 \leq 36 \end{cases}$$

$$x_1, x_2 \geq 0.$$

Решаем сначала задачу при $t = 0$ (табл. 2.14).

$$\begin{cases} 11 - 2 \cdot t \geq 0 \\ 13/2 - t/2 \geq 0 \end{cases}$$

Следовательно, при $0 \leq t \leq 5,5$

$$\bar{X}_1^* = (0; 11), F(\bar{X}_1^*) = 143 - 11 \cdot t.$$

Таблица 2.14

Номер итерации	$\overline{N}^{(s)}$	$\overline{C} \overline{N}^{(s)}$	$2+t$ $\overline{A}1$	$13-t$ $\overline{A}2$	0 $\overline{A}3$	0 $\overline{A}4$	0 $\overline{A}5$	$\overline{X} \overline{N}^{(s)} = \overline{b}^{(s)}$
0	3	0	4	1	1	0	0	16
	4	0	2	2	0	1	0	22
	5	0	6	3	0	0	1	36
	Δj		$-2-t$	$-13+t$	0	0	0	$R(\overline{X}) = 0$
1	3	0	3	0	1	$-1/2$	0	5
	2	$13-t$	1	1	0	$1/2$	0	11
	5	0	3	0	0	$-3/2$	1	3
	Δj		$11-2 \cdot t$	0	0	$13/2-t/2$	0	$R(\overline{X}) = 143-11 \cdot t$

Продолжаем решать задачу при $t \geq 5.5$ (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Номер итерации	$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_{\bar{N}^{(s)}}$	$2+t$ $\bar{A}1$	$13-t$ $\bar{A}2$	0 $\bar{A}3$	0 $\bar{A}4$	0 $\bar{A}5$	$\bar{X}_{\bar{N}^{(s)}} = \bar{b}^{(s)}$
2	3	0	0	0	1	1	-1	2
	2	$13-t$	0	1	0	1	-1/3	10
	1	$2+t$	1	0	0	-1/2	1/3	1
	Δ_j		0	0	0	$12 - (3/2) \cdot t$	$-11/3 + (2/3) \cdot t$	$F(\bar{X}) = 132 - 9 \cdot t$

$$\begin{cases} 12 - (3/2) \cdot t \geq 0 \\ -11/3 + (2/3) \cdot t \geq 0. \end{cases}$$

Следовательно, при $5,5 \leq t \leq 8$

$$\bar{X}_2^* = (1; 10), F(\bar{X}_2^*) = 132 - 9 \cdot t.$$

Продолжаем решать задачу при $t \geq 8$ (табл. 2.16).

Таблица 2.16

Номер итерации	$\bar{N}^{(s)}$	$\bar{C}_{\bar{N}^{(s)}}$	$2+t$ $\bar{A}1$	$13-t$ $\bar{A}2$	0 $\bar{A}3$	0 $\bar{A}4$	0 $\bar{A}5$	$\bar{X}_{\bar{N}^{(s)}} = \bar{b}^{(s)}$
3	4	0	0	0	1	1	-1	2
	2	$13-t$	0	1	-1	0	2/3	8
	1	$2+t$	1	0	1/2	0	-1/6	2
	Δ_j		0	0	$-12 + 3/2 \cdot t$	0	$25/3 - 5/6 \cdot t$	$F(\bar{X}) = 108 - 6 \cdot t$

$$\begin{cases} -12 + (3/2) \cdot t \geq 0 \\ 25/3 - (5/6) \cdot t \geq 0. \end{cases}$$

Следовательно, при $8 \leq t \leq 10$.

$$\bar{X}_3^* = (2; 8), F(\bar{X}_3^*) = 108 - 6 \cdot t.$$

Задача параметрического программирования с параметром в свободных членах системы ограничений с помощью теории двойственности сводится к рассмотренному выше случаю.

2.5. Задача коммивояжера. Постановка задачи и ее прикладное значение

Имеется n городов, занумерованных числами $1, 2, \dots, n$. Для любой пары городов (i, j) задано расстояние (время, путевые расходы) $C(i, j) \geq 0$ между ними. Поэтому в общем случае $C(i, j) \neq C(j, i)$. Коммивояжер, выезжая из какого-либо города, должен посетить все города по одному разу и вернуться в исходный город. Необходимо определить такую последовательность объезда городов, при которой длина маршрута была бы минимальной.

Другая интерпретация этой задачи связана с минимизацией времени переналадок при обработке на одном станке партии из n различных деталей. Здесь $C(i, j)$ — время переналадки при переходе от обработки детали i к обработке детали j . Требуется найти последовательность обработки деталей, минимизирующую общее время переналадок.

Для записи постановки задачи в терминах целочисленного линейного программирования определим булевы переменные следующим образом: $x_{ij} = 1$, если коммивояжер переезжает из i -го города в j -й; $x_{ij} = 0$ в противном случае. Тогда задача заключается в отыскании значений переменных x_{ij} , удовлетворяющих следующим соотношениям:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.44)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n \text{ (въезд в город } j). \quad (2.45)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, n \text{ (выезд из города } i). \quad (2.46)$$

$$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1 \quad (i \neq j). \quad (2.47)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, u_i \geq 0, \text{ целые, } i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n. \quad (2.48)$$

Ограничения (2.47) требуют, чтобы маршрут образовывал контур.

Применение метода ветвей и границ

Допустимый маршрут x представим как множество упорядоченных пар городов:

$$x = \{(i_1 i_2), (i_2 i_3), \dots, (i_{n-1} i_n), (i_n i_1)\}.$$

Каждый допустимый маршрут представляет собой цикл, проходя по которому коммивояжер посещает каждый город ровно один раз и возвращается в исходный город. Каждая упорядоченная пара (i, j) является дугой маршрута. Длина $F(x)$ маршрута x равна сумме соответствующих элементов $C(i, j)$. Заметим, что множество всех допустимых маршрутов X содержит $(n-1)!$ элементов.

Обозначим через $C = (C_{ij})_{n \times n}$ матрицу расстояний. Чтобы запретить переезды вида (i, i) , положим $C(i, i) = +\infty$ ($i = 1, n$).

Пусть $P_i = \min\{C_{ij}\}, j = (1, \dots, n), Q_j = \min\{C_{ij} - P_i\}, i = (1, \dots, n),$

$$\bar{C}_{ij} = C_{ij} - P_i - Q_j.$$

Тогда $\bar{C} = (\bar{C}_{ij})_{n \times n}$ — редуцированная матрица.

Пусть

$$d(X) = \sum_{i=1}^n P_i + \sum_{j=1}^n Q_j - \text{сумма констант редуцирования.}$$

Тогда для любого маршрута

$$\begin{aligned} x &= \{(i_1 i_2), (i_2 i_3), \dots, (i_{n-1} i_n), (i_n i_1)\} \in X \\ F(x) &= C(i_1, i_2) + C(i_2, i_3) + \dots + C(i_n, i_1) = \\ &= \bar{C}(i_1, i_2) + \bar{C}(i_2, i_3) + \dots + \bar{C}(i_n, i_1) + d(X) \geq d(X). \end{aligned} \quad (2.49)$$

Неравенство (2.49) показывает, что $d(X)$ является оценкой снизу для множества X . Кроме того, после редукции, длины всех маршрутов уменьшаются на одну и ту же величину $d(X)$ и, следовательно, оптимальный маршрут, найденный с использованием редуцированной матрицы, оптимален и для исходной задачи.

Ветвление

Процесс ветвления можно представить в виде дерева, каждая вершина которого соответствует некоторому множеству маршрутов, являющемуся подмножеством множества X (рис. 2.10). При этом начальная вершина соответствует множеству всех маршрутов X .

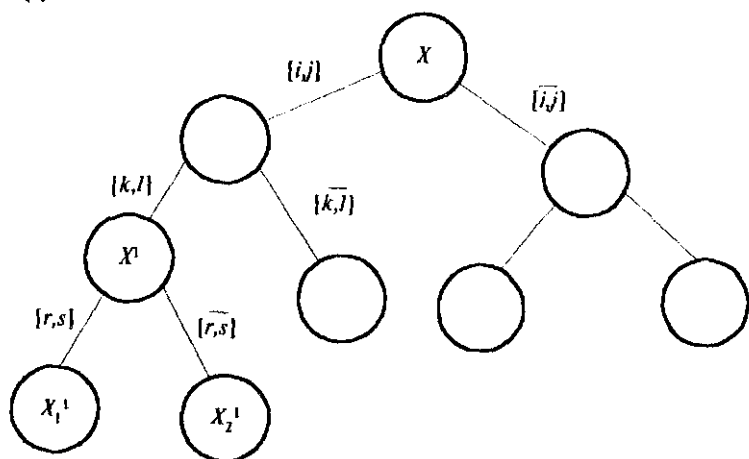


Рис. 2.10. Процесс ветвления

На каждом шаге из числа кандидатов на ветвление выбирается множество X^1 с наименьшей оценкой. Оно разветвляется на два подмножества X_1^1 и X_2^1 . Подмножество X_1^1 состоит из всех маршрутов множества X^1 , содержащих некоторую выбранную на данном шаге дугу (r,s) , подмножество X_2^1 — из всех маршрутов множества X^1 , не содержащих дугу (r,s) .

Ребро дерева, соединяющее вершины X^1 и X_1^1 , помечается (r,s) , а ребро дерева, соединяющее X^1 и X_2^1 помечается $(\overline{r,s})$.

Пусть $\bar{C}^1$ — редуцированная матрица, соответствующая вершине X^1 . Опишем способ выбора дуги (r,s) . Он основан на стремлении сделать оценку $d(X_1^1)$ поменьше, а оценку $d(X_2^1)$ — побольше, для того чтобы увеличить вероятность выбора для

дальнейшего ветвления множества X_1^1 . Стремление к уменьшению $d(X_1^1)$ приводит к выбору такой дуги (μ, ν) , для которой

$$\bar{C}^1(\mu, \nu) = 0, \quad (2.50)$$

поскольку все маршруты множества X_1^1 содержат дугу (μ, ν) . Стремление же увеличить $d(X_2^1)$ приводит к выбору среди дуг, удовлетворяющих условию (2.50) той дуги, для которой значение функции

$$\Theta(\mu, \nu) = \min_{\rho: \rho \neq \nu} \bar{C}^1(\mu, \rho) + \min_{\sigma: \sigma \neq \mu} \bar{C}^1(\sigma, \nu)$$

максимально, т.е.

$$\Theta(r, s) = \max_{\mu, \nu: \bar{C}^1(\mu, \nu) = 0} \{\Theta(\mu, \nu)\}.$$

Смысл введения функции Θ состоит в том, что величина $\Theta(\mu, \nu)$ является оценкой снизу для длины любого маршрута из X_1^1 , не содержащего дуги (μ, ν) , так как величина $\Theta(\mu, \nu)$ выражает дополнительное расстояние, которое коммивояжер проезжает в случае, когда в маршрут не включена дуга (μ, ν) .

Построение редуцированных матриц $\bar{C}_2^1$ и $\bar{C}_1^1$ и вычисление оценок снизу

Положим

$$C_2^1(i, j) = \begin{cases} C^{-1}(i, j), & (i, j) \neq (r, s), \\ +\infty, & (i, j) = (r, s). \end{cases}$$

Искомая редуцированная матрица $\bar{C}_2^1$ получается из C_2^1 с помощью описанной выше процедуры редуцирования. Сумма констант редуцирования равна при этом $\Theta(r, s)$, а величина $d(X_2^1) = d(X_1^1) + \Theta(r, s)$ является оценкой снизу для целевой функции $F(x)$ на множестве X_2^1 .

Рассмотрим теперь множество X_1^1 . Все маршруты из этого множества содержат дугу (r, s) . Найдем максимальный связан-

ный путь, который принадлежит всем маршрутам множества X^1 и содержит дугу (r,s) . Пусть этот путь начинается в городе m и заканчивается в городе t (может быть, $m = r$ или $t = s$, или то и другое одновременно). Чтобы запретить подцикл, начинающийся и заканчивающийся в m , положим $C_1^1(t,m) = +\infty$. Остальные элементы матрицы C_1^1 полагаем равными соответствующим элементам матрицы $\bar{C}_1^1$, при этом строку, соответствующую городу r , и столбец, соответствующий городу s , в матрицу C_1^1 не включаем, поскольку все маршруты из X_1^1 содержат дугу (r,s) .

Редуцированная матрица расстояний $\bar{C}_1^1$ для вершины X_1^1 получается из матрицы C_1^1 с помощью операции редуцирования. При этом оценка снизу для функции $F(x)$ на множестве X_1^1 вычисляется по формуле

$$d(X_1^1) = d(X^1) + \tau,$$

где τ — сумма констант редуцирования.

Формирование списка кандидатов на ветвление

После вычисления каждой из оценок $d(X_i^1)$ ($i = 1, 2$) следует проверить, не состоит ли множество X_i^1 из единственного маршрута. Если в каждой строке и в каждом столбце матрицы $\bar{C}_i^1$ оказалось лишь по одному элементу, отличному от $+\infty$, то множество X_i^1 содержит единственный маршрут, длина которого равна $d(X_i^1)$. В этом случае верхняя граница Z_0 (наименьшее из уже вычисленных значений $F(x)$) полагается равной минимуму из предыдущего значения Z_0 и $d(X_i^1)$, т.е.

$$Z_0 = \min \{ Z_0, d(X_i^1) \}.$$

Если X_i^1 содержит более одного маршрута и $d(X_i^1)$ меньше текущего значения Z_0 , то множество X_i^1 включается в число кандидатов на ветвление. Остановка производится, если наи-

меньшая из оценок снизу кандидатов на ветвление не меньше текущего значения Z_0 .

Пример: Решить методом ветвей и границ задачу коммивояжера с матрицей

$$C = \begin{pmatrix} \infty & 10 & 25 & 25 & 10 \\ 1 & \infty & 10 & 15 & 2 \\ 8 & 9 & \infty & 20 & 10 \\ 14 & 10 & 24 & \infty & 15 \\ 10 & 8 & 25 & 27 & \infty \end{pmatrix}.$$

Возьмем в качестве произвольного допустимого маршрута

$x_0 = \{(1,2), (2,3), (3,4), (4,5), (5,1)\}$. Тогда $F(x_0) = 10 + 10 + 20 + 15 + 10 = 65$ — текущее значение Z_0 — (верхняя граница длин всех маршрутов).

Получим редуцированную матрицу $\bar{C}$.

$$C = \begin{pmatrix} \infty & 10 & 25 & 25 & 10 \\ 1 & \infty & 10 & 15 & 2 \\ 8 & 9 & \infty & 20 & 10 \\ 14 & 10 & 24 & \infty & 15 \\ 10 & 8 & 25 & 27 & \infty \end{pmatrix} \begin{matrix} 10 \\ 1 \\ 8 \\ 10 \\ 8 \end{matrix} \sim \begin{pmatrix} \infty & 0 & 15 & 15 & 0 \\ 0 & \infty & 9 & 14 & 1 \\ 0 & 1 & \infty & 12 & 2 \\ 4 & 0 & 14 & \infty & 5 \\ 2 & 0 & 17 & 19 & \infty \end{pmatrix} \sim$$

$$\begin{matrix} 0 & 0 & 9 & 12 & 0 \end{matrix}$$

$$\sim \begin{pmatrix} \infty & 0 & 6 & 3 & 0 \\ 0 & \infty & 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & \infty & 0 & 2 \\ 4 & 0 & 5 & \infty & 5 \\ 2 & 0 & 8 & 7 & \infty \end{pmatrix} = \bar{C}.$$

Нижняя граница $d(X) = 10 + 1 + 8 + 10 + 8 + 9 + 12 = 58$. Данное значение является нижней границей длин всех маршрутов. Заметим, что в идеальном случае поиск решения заключался бы в выборе ровно одного нулевого элемента в каждой строке и каждом столбце. Другими словами, если бы такой маршрут нулевой длины мог бы быть найден, то длина оптимального маршрута равнялась бы 58. Исходя из верхней и нижней границ можно заключить, что $58 \leq F(x^*) \leq 65$.

Выберем дугу (r,s) с помощью вычисления значений функции $\Theta(\mu, \nu)$.

$$\Theta(1,2)=0, \Theta(2,1)=0, \Theta(3,1)=0, \Theta(4,2)=4, \Theta(1,5)=1,$$

$$\Theta(2,3)=5, \Theta(3,4)=2, \Theta(5,2)=2.$$

Следовательно, $\Theta(r,s) = \Theta(2,3) = 5$. Осуществим разбиение (ветвление). Правое подмножество X_2 будет содержать все маршруты, которые исключают дугу (2,3). Поэтому $C_2(2,3) = +\infty$.

$$C_2 = \begin{pmatrix} \infty & 0 & 6 & 3 & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 2 & 1 \\ 0 & 1 & \infty & 0 & 2 \\ 4 & 0 & 5 & \infty & 5 \\ 2 & 0 & 8 & 7 & \infty \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} \infty & 0 & 6 & 3 & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 2 & 1 \\ 0 & 1 & \infty & 0 & 2 \\ 4 & 0 & 5 & \infty & 5 \\ 2 & 0 & 8 & 7 & \infty \end{pmatrix} \sim$$

$$\begin{matrix} & & & & 0 \\ & & & & 0 \\ & & & & 0 \\ & & & & 0 \\ & & & & 0 \end{matrix}$$

$$\sim \begin{pmatrix} \infty & 0 & 1 & 3 & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 2 & 1 \\ 0 & 1 & \infty & 0 & 2 \\ 4 & 0 & 0 & \infty & 5 \\ 2 & 0 & 3 & 7 & \infty \end{pmatrix} = \bar{C}_2.$$

Оценка снизу для правого подмножества X_2 определяется следующим образом:

$$d(X_2) = d(X) + \Theta(2,3) = 58 + 5 = 63 < Z_0.$$

Левое подмножество X_1 будет содержать маршруты, которые всегда включают дугу (2,3), и поэтому вторая строка и третий столбец в матрицу C_1 не включаются. В результате будем иметь матрицу на единицу меньшего размера. Далее необходимо положить $C_1(3,2) = +\infty$, чтобы запретить подцикл $\{(2,3), (3,2)\}$. В результате получим матрицу

$$C_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{pmatrix} \infty & 0 & 3 & 0 \\ 0 & \infty & 0 & 2 \\ 4 & 0 & \infty & 5 \\ 2 & 0 & 7 & \infty \end{pmatrix} \end{matrix} = \bar{C}_1.$$

Оценка снизу для левого подмножества

$$d(X_1) = d(X) + \tau = 58 + 0 = 58 < Z_0.$$

В списке кандидатов на ветвление множества X_1 и X_2 . Так как $d(X_1) < d(X_2)$, следовательно, будем производить ветвление множества X_1 . Выберем дугу (r,s) с помощью значений функции $\Theta(\mu, \nu)$ для матрицы $\bar{C}_1$.

$$\Theta(1,2) = 0, \Theta(1,5) = 2, \Theta(3,1) = 2, \Theta(3,4) = 3, \Theta(4,2) = 4, \Theta(5,2) = 2.$$

Следовательно, $\Theta(r,s) = 4, (r,s) = (4,2)$.

Правая подматрица:

$$C_4 = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & \underline{1} & \underline{2} & \underline{4} & \underline{5} \end{array} \\ \begin{array}{l} 1 \left(\begin{array}{cccc} \infty & 0 & 3 & 0 \end{array} \right) 0 \\ 3 \left(\begin{array}{cccc} 0 & \infty & 0 & 2 \end{array} \right) 0 \\ 4 \left(\begin{array}{cccc} 4 & \infty & \infty & 5 \end{array} \right) 4 \\ 5 \left(\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 7 & \infty \end{array} \right) 0 \end{array} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & \underline{1} & \underline{2} & \underline{4} & \underline{5} \end{array} \\ \begin{array}{l} 1 \left(\begin{array}{cccc} \infty & 0 & 3 & 0 \end{array} \right) \\ 3 \left(\begin{array}{cccc} 0 & \infty & 0 & 2 \end{array} \right) \\ 4 \left(\begin{array}{cccc} 0 & \infty & \infty & 1 \end{array} \right) \\ 5 \left(\begin{array}{cccc} 2 & 0 & 7 & \infty \end{array} \right) \end{array} \end{array} = \bar{C}_4.$$

$$\begin{array}{ccccc} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Оценка снизу для правого подмножества:

$$d(X_4) = d(X_1) + \Theta(4,2) = 58 + 4 = 62 < Z_0.$$

Левая подматрица:

Левое подмножество X_3 будет содержать маршруты, которые всегда включают дугу $(4,2)$, и поэтому четвертая строка и второй столбец в матрицу C_3 не включаются. В результате будем иметь матрицу на единицу меньшего размера. Далее необходимо положить $C_3(3,4) = +\infty$, чтобы запретить подцикл $\{(4,2), (2,3), (3,4)\}$. В результате получим матрицу

$$C_3 = \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} & \underline{1} & \underline{4} & \underline{5} \end{array} \\ \begin{array}{l} 1 \left(\begin{array}{cc} \infty & 3 \end{array} \right) 0 \\ 3 \left(\begin{array}{cc} 0 & \infty \end{array} \right) 0 \\ 5 \left(\begin{array}{cc} 2 & 7 \end{array} \right) 2 \end{array} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} & \begin{pmatrix} \infty & 3 & 0 \\ 0 & \infty & 2 \\ 0 & 5 & \infty \end{pmatrix} \end{array} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} & \underline{1} & \underline{4} & \underline{5} \end{array} \\ \begin{array}{l} 1 \left(\begin{array}{cc} \infty & 0 \end{array} \right) \\ 3 \left(\begin{array}{cc} 0 & \infty \end{array} \right) \\ 5 \left(\begin{array}{cc} 0 & 2 \end{array} \right) \end{array} \end{array} = \bar{C}_3.$$

$$\begin{array}{ccc} 0 & 3 & 0 \end{array}$$

$$d(X_3) = d(X_1) + \tau = 58 + 5 = 63 < Z_0.$$

В списке кандидатов на ветвление множества X_3, X_4, X_2 .

Минимальная нижняя оценка оказалась у множества X_4 , следовательно, для дальнейшего разбисния выбираем множество X_4 .

Определим дугу (r,s) с помощью значений функции $\Theta(\mu, \nu)$ для матрицы $\bar{C}_4$.

$$\Theta(1,2) = 0, \Theta(1,5) = 1, \Theta(3,1) = 0, \Theta(3,4) = 3, \Theta(4,1) = 1, \Theta(5,2) = 2.$$

Следовательно, $\Theta(r,s) = 3, (r,s) = (3,4)$.

Правая подматрица:

$$C_6 = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & \underline{1} & \underline{2} & \underline{4} & \underline{5} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array} & \begin{pmatrix} \infty & 0 & 3 & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 2 \\ 0 & \infty & \infty & 1 \\ 2 & 0 & 7 & \infty \end{pmatrix} \end{array} \sim \begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} & \underline{1} & \underline{2} & \underline{4} & \underline{5} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{array} & \begin{pmatrix} \infty & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \infty & \infty & 2 \\ 0 & \infty & \infty & 1 \\ 2 & 0 & 4 & \infty \end{pmatrix} \end{array} = \bar{C}_6. \\ \hline \begin{array}{cccc} 0 & 0 & 3 & 0 \end{array} \end{array}$$

Оценка снизу для правого подмножества:

$$d(X_6) = d(X_4) + \Theta(3,4) = 62 + 3 = 65 = Z_0.$$

Следовательно, множество X_6 исключаем из списка.

Левая подматрица:

Левое подмножество X_5 будет содержать маршруты, которые всегда включают дугу $(3,4)$, и поэтому третья строка и четвертый столбец в матрицу C_5 не включаются. В результате будем иметь матрицу на единицу меньшего размера. Далее необходимо положить $C_5(4,2) = +\infty$, чтобы запретить подцикл $\{(2,3), (3,4), (4,2)\}$, однако это условие оказалось уже выполненным. В результате получим матрицу

$$C_5 = 4 \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 5 \\ \hline \end{array} \\ \left(\begin{array}{ccc} \infty & 0 & 0 \\ 0 & \infty & 1 \\ 2 & 0 & \infty \end{array} \right) = \bar{C}_5.$$

Оценка снизу для левого подмножества:

$$d(X_5) = d(X_4) + \tau = 62 + 0 = 62 < Z_0.$$

В списке кандидатов на ветвление множества X_3, X_5, X_2 .

Минимальная нижняя оценка оказалась у множества X_5 , следовательно, для дальнейшего разбиения выбираем множество X_5 . Определим дугу (r,s) с помощью значений функции $\Theta(\mu, \nu)$ для матрицы $\bar{C}_5$. $\Theta(1,2) = 0$, $\Theta(1,5) = 1$, $\Theta(4,1) = 3$, $\Theta(5,2) = 2$.

Следовательно, $\Theta(r,s) = 3$, $(r,s) = (4,1)$.

Правая подматрица:

$$C_8 = 4 \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 5 \\ \hline \end{array} \\ \left(\begin{array}{ccc} \infty & 0 & 0 \\ \infty & \infty & 1 \\ 2 & 0 & \infty \end{array} \right) \begin{array}{c} 0 \\ 1 \\ 0 \end{array} \sim \begin{array}{ccc} \infty & 0 & 0 \\ \infty & \infty & 0 \\ 2 & 0 & \infty \end{array} \sim 4 \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 5 \\ \hline \end{array} \\ \left(\begin{array}{ccc} \infty & 0 & 0 \\ \infty & \infty & 0 \\ 0 & 0 & \infty \end{array} \right) = \bar{C}_8.$$

$$\begin{array}{ccc} 2 & 0 & 0 \end{array}$$

Оценка снизу для правого подмножества:

$$d(X_8) = d(X_5) + \Theta(4,1) = 62 + 3 = 65 = Z_0.$$

Следовательно, множество X_8 исключаем из списка.

Левая подматрица:

Левое подмножество X_7 будет содержать маршруты, которые всегда включают дугу $(4,1)$, и поэтому четвертая строка и первый столбец в матрицу C_7 не включаются. В результате будем иметь матрицу на единицу меньшего размера. Далее необходимо положить $C_7(1,2) = +\infty$, чтобы запретить подцикл $\{(2,3), (3,4), (4,1), (1,2)\}$.

$$C_7 = \frac{2}{5} \begin{pmatrix} \infty & 0 \\ 0 & \infty \end{pmatrix} = \bar{C}_7.$$

Оценка снизу для левого подмножества:

$$d(X_7) = d(X_5) + \tau = 62 + 0 = 62 < Z_0.$$

В списке кандидатов на ветвление множества X_3, X_7, X_2 . Множество X_7 содержит единственный маршрут с минимальной нижней оценкой, поэтому задача решена:

$$x_1 = \{(1,5)(5,2)(2,3),(3,4),(4,1)\} = x^*.$$

$$Z_0 = F(x^*) = 10 + 8 + 10 + 20 + 14 = 62.$$

Представим процесс решения в виде дерева (рис. 2.11).

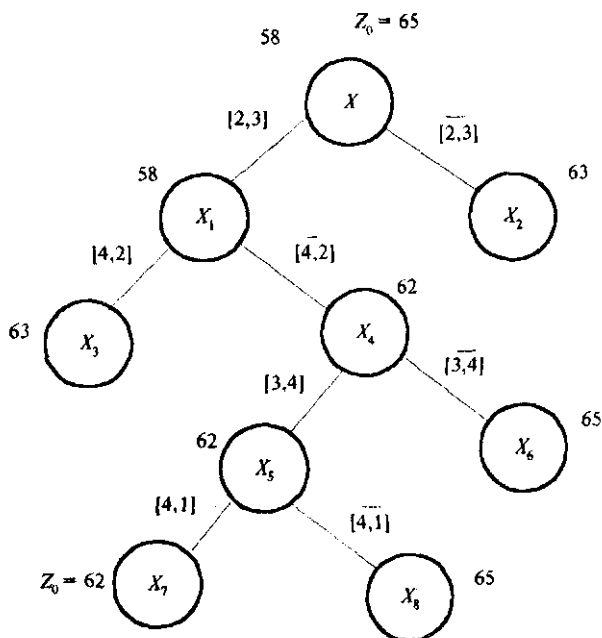


Рис. 2.11. Процесс решения задачи

Практикум к гл. 2

◆ Задачи

1. Решите задачи дробно-линейного программирования

$$1.1. F = \frac{-5 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2}{3 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2} \rightarrow \max; \quad 1.2. F = \frac{3 \cdot X_1 - X_2}{X_1 + X_2} \rightarrow \max;$$

$$X_1 + 4 \cdot X_2 + X_3 = 16;$$

$$X_1 + X_2 - X_3 = 5;$$

$$2 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 - X_4 = 12;$$

$$-X_1 + 3 \cdot X_2 + X_4 = 7;$$

$$3 \cdot X_1 - 2 \cdot X_2 + X_5 = 18;$$

$$3 \cdot X_1 - X_2 + X_5 = 11;$$

$$X_j \geq 0, (j = 1, \dots, 5).$$

$$X_j \geq 0, (j = 1, \dots, 5).$$

2. Решите следующие задачи целочисленного программирования

$$2.1. F(\bar{X}) = 2 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2 \rightarrow \max \quad 2.2. F(\bar{X}) = 2 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

при ограничениях

$$X_1 + 2 \cdot X_2 \leq 16;$$

$$2 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 \leq 12;$$

$$X_1 + 2 \cdot X_2 \geq 2;$$

$$4 \cdot X_1 + X_2 \geq 10;$$

$$2 \cdot X_1 + X_2 \leq 15;$$

$$2 \cdot X_1 + X_2 \leq 15;$$

$$X_1, X_2 \geq 0, \text{ целые.}$$

$$X_1, X_2 \geq 0, \text{ целые.}$$

3. Решите транспортные задачи со следующими данными:

3.1

Пункты отправления	Пункты назначения					Запасы
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	
A_1	2 X_{11}	3 X_{12}	2 X_{13}	5 X_{14}	7 X_{15}	120
A_2	7 X_{21}	3 X_{22}	6 X_{23}	4 X_{24}	1 X_{25}	140
A_3	4 X_{31}	3 X_{32}	2 X_{33}	8 X_{34}	2 X_{35}	160
Потребности	140	80	100	120	80	

3.2

Пункты отправления	Пункты назначения					Запасы
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	
A_1	1 X_{11}	4 X_{12}	5 X_{13}	2 X_{14}	4 X_{15}	100
A_2	7 X_{21}	3 X_{22}	6 X_{23}	4 X_{24}	1 X_{25}	140
A_3	5 X_{31}	6 X_{32}	2 X_{33}	7 X_{34}	2 X_{35}	160
Потребности	60	70	100	90	50	

4. Три нефтеперерабатывающих завода с максимальной производительностью в 6, 5, и 8 млн тонн бензина снабжают три бензохранилища, спрос которых составляет 4, 8, 7 млн т. Бензин транспортируется в бензохранилище по трубопроводу. Стоимость перекачки бензина на один километр, рассчитанная с учетом длины трубопровода, составляет 10 ден. ед. на 100 т. В таблице расстояний, приведенной ниже, показано, что завод 1 не связан с хранилищем 3. Сформулируйте соответствующую задачу.

Заводы	Бензохранилища		
	1	2	3
1	120	180	—
2	300	100	80
3	200	250	120

5. Пусть в задаче 3 производительность нефтеперерабатывающего завода 3 снизилась до 6 млн т. Кроме того, обязательно полное удовлетворение спроса бензохранилища 1, а недопоставки в хранилища 2 и 3 штрафуются 5 ден. ед. за тонну. Сформулируйте соответствующую транспортную задачу.

6. Пусть к задаче 3 спрос хранилища 3 падает до 4 млн т. Избыток продукции на нефтеперерабатывающих заводах 1 и 2 должен переправляться на грузовиках в другие хранилища. Соответствующие средние транспортные издержки составляют 15 ден. ед. за 100 т. при перевозке с завода 1 и 22 ден. ед. — при перевозке с завода 2. Завод 3 может использовать избыток бензина для нужд своего химического производства. Сформулируйте соответствующую транспортную задачу.

7. Решите задачу распределения капиталовложений со следующими данными:

7.1

Проект	Распределение капиталовложений			Прибыль
	год 1	год 2	год 3	
1	8	2	8	25
2	4	7	7	40
3	5	7	2	20
4	7	8	5	25
5	8	6	10	30
Максимальный объем капиталовложений	25	25	25	

7.2

Проект	Распределение капиталовложений			Прибыль
	год 1	год 2	год 3	
1	8	5	8	25
2	4	7	7	40
3	5	7	4	20
4	7	8	5	25
5	8	6	10	30
Максимальный объем капиталовложений	25	30	25	

8. Решите задачу о назначениях со следующими данными:

8.1

Издержки производства единицы продукции, руб.:

Предприятие

		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	20	23	30	15	35
	2	10	29	6	25	30
	3	15	8	10	4	7

Издержки сбыта единицы продукции, руб.:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	20	50	20	10	13
	2	7	90	10	25	40
	3	15	25	4	15	6

Плановый объем годового производства, который позволил бы удовлетворить спрос, и плановая стоимость единицы продукции каждого вида следующие:

Вид продукции	Плановый объем производства	Плановая стоимость, руб.
1	45000	45
2	140000	50
3	50000	30

8.2

Издержки производства единицы продукции, руб.:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	10	20	35	15	30
	2	5	25	15	30	25
	3	5	10	5	5	10

Издержки сбыта единицы продукции, руб.:

		Предприятие				
		1	2	3	4	5
Вид продукции	1	20	50	20	10	10
	2	15	70	8	35	50
	3	5	15	4	15	10

Плановый объем годового производства, который позволил бы удовлетворить спрос, и плановая стоимость единицы продукции каждого вида следующие:

Вид продукции	Плановый объем производства	Плановая стоимость, руб.
1	35000	55
2	130000	40
3	55000	30

9. Рассмотрите следующую задачу распределения четырех рабочих по четырем станкам. Соответствующие коэффициенты стоимости приведены в таблице. Рабочий 1 не может работать на станке 3, а рабочий 3 — на станке 4. Найдите оптимальное решение.

Рабочий	Станок			
	1	2	3	4
1	5	5	—	2
2	7	4	2	3
3	9	3	5	—
4	7	2	6	7

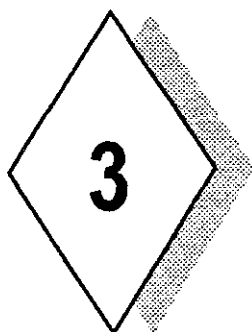
10. Решите задачу коммивояжера

10.1

$$\begin{pmatrix} \infty & 31 & 15 & 19 & 8 & 55 \\ 19 & \infty & 22 & 31 & 7 & 35 \\ 25 & 43 & \infty & 53 & 57 & 16 \\ 5 & 50 & 49 & \infty & 39 & 9 \\ 24 & 24 & 33 & 5 & \infty & 14 \\ 34 & 26 & 6 & 3 & 36 & \infty \end{pmatrix}$$

10.2

$$\begin{pmatrix} \infty & 31 & 15 & 19 & 8 & 55 \\ 19 & \infty & 22 & 31 & 7 & 35 \\ 25 & 43 & \infty & 53 & 57 & 16 \\ 5 & 50 & 49 & \infty & 39 & 9 \\ 24 & 24 & 33 & 5 & \infty & 14 \\ 34 & 26 & 6 & 3 & 36 & \infty \end{pmatrix}$$



Глава

Динамическое программирование в производственном менеджменте

Динамическое программирование (ДП) представляет собой математический аппарат, разработанный с целью повышения эффективности вычислений при решении некоторого класса задач математического программирования путем их разложения на небольшие и, следовательно, менее сложные подзадачи. Характерным для ДП является подход к решению задачи по этапам, с каждым из которых ассоциирована одна управляемая переменная. Набор рекуррентных вычислительных процедур, связывающих различные этапы, обеспечивает получение допустимого оптимального решения задачи в целом при достижении последнего этапа.

Фундаментальным принципом, положенным в основу теории ДП, является принцип оптимальности Беллмана.

3.1. Задача распределения капиталовложений

Совет директоров фирмы изучает предложения по наращиванию производственных мощностей на трех принадлежащих фирме предприятиях. Для расширения всех трех предприятий фирма выделяет средства в объеме 5 млн руб. Каждое предприятие представляет на рассмотрение проекты, которые характеризуются величинами суммарных затрат (C) и доходов (R), связанных с реализацией каждого из проектов. Соответствующие данные приведены в табл. 3.1, в которую включены также про-

екты с нулевыми затратами. Это позволяет предусмотреть возможность отказаться от расширения какого-либо предприятия.

Таблица 3.1

Проект	Предприятие 1		Предприятие 2		Предприятие 3	
	C_1	R_1	C_2	R_2	C_3	R_3
1	0	0	0	0	0	0
2	1	5	2	8	1	3
3	2	6	3	9	—	—
4	—	—	4	12	—	—

Цель фирмы состоит в получении максимального дохода от инвестиций.

В рассмотренном примере каждому из предприятий ставится в соответствие некоторый этап, поскольку требуется выбрать оптимальный проект для каждого предприятия. Известно, что этапы связаны между собой посредством ограничения на суммарный объем капиталовложений. При построении модели необходимо учесть эту связь таким образом, чтобы получить возможность по отдельности решать подзадачи, соответствующие каждому этапу, не нарушая при этом условия допустимости.

Введем следующие обозначения:

X_1 — объем капиталовложений, распределенных на этапе 1.

X_2 — объем капиталовложений, распределенных на этапах 1 и 2.

X_3 — объем капиталовложений, распределенных на этапах 1, 2, 3.

Заметим, что конкретные значения X_1 и X_2 заранее не известны, однако эти значения лежат в интервале между 0 и 5. Так как затраты на реализацию каждого из проектов выражаются целыми числами, значения X_1 и X_2 могут быть равны 0, 1, 2, 3, 4, 5. С другой стороны, значение переменной X_3 равно 5.

Пусть

— $f_1^*(X_1)$ — максимальный доход, полученный на этапе 1, при заданном значении X_1 ;

— $f_2^*(X_2)$ — максимальный доход, полученный на этапах 1 и 2, при заданном значении X_2 ;

$-f_3^*(X_3)$ — максимальный доход, полученный на этапах 1,2,3, при заданном значении X_3 .

Тогда рекуррентное соотношение динамического программирования будет иметь следующий вид:

$$f_0^*(X_0) = 0,$$

$f_j^*(X_j) = \max \{R_j(k_j) + f_{j-1}^*(X_{j-1})\}$, $j = 1, 2, 3$, где максимум берется по допустимым проектам k_j .

Так как $c_j(k_j) = X_j - X_{j-1}$, следовательно, $X_{j-1} = X_j - c_j(k_j) \geq 0$.

Откуда $c_j(k_j) \leq X_j$.

Приведем результаты поэтапных расчетов на основе рекуррентного соотношения для рассматриваемой задачи.

Э т а п 1. $f_1^*(X_1) = \max \{R_1(k_1)\}$, $c_1(k_1) \leq X_1$, $k_1 = 1, 2, 3$.

X_1	$R_1(k_1)$			Оптимальное решение	
	$k_1 = 1$	$k_1 = 2$	$k_1 = 3$	$f_1^*(X_1)$	k_1^*
0	0	-	-	0	1
1	0	5	-	5	2
2	0	5	6	6	3
3	0	5	6	6	3
4	0	5	6	6	3
5	0	5	6	6	3

Э т а п 2. $f_2^*(X_2) = \max \{R_2(k_2) + f_1^*(X_2 - c_2(k_2))\}$,

$$c_2(k_2) \leq X_2, \quad k_2 = 1, 2, 3, 4.$$

X_2	$\{R_2(k_2) + f_1^*(X_2 - c_2(k_2))\}$				Оптимальное решение	
	$k_2 = 1$	$k_2 = 2$	$k_2 = 3$	$k_2 = 4$	$f_2^*(X_2)$	k_2^*
0	0+0=0	—	—	—	0	1
1	0+5=5	—	—	—	5	1
2	0+6=6	8+0=8	—	—	8	2
3	0+6=6	8+5=13	9+0=9	—	13	2
4	0+6=6	8+6=14	9+5=14	12+0=12	14	2,3
5	0+6=6	8+6=14	9+6=15	12+5=17	17	4

$$\text{Этап 3. } f_3^*(X_3) = \max \{R_3(k_3) + f_2^*(X_3 - c_3(k_3))\}, \\ c_3(k_3) \leq X_3, \quad k_3 = 1, 2.$$

X_3	$\{R_3(k_3) + f_2^*(X_3 - c_3(k_3))\}$		Оптимальное решение	
	$k_3 = 1$	$k_3 = 2$	$f_3^*(X_3)$	k_3^*
5	$0 + 17 = 17$	$3 + 14 = 17$	17	1, 2

Максимальный доход от инвестиций в объеме 5 млн руб. составит 17 млн руб. Оптимальное решение можно найти непосредственно из приведенных таблиц, используя соотношение $X_{j-1} = X_j - c_j(k_j)$. Причем сначала рассматривается таблица, полученная на этапе 3, затем на этапах 2 и 1. В результате получим следующие оптимальные наборы проектов для этапов 1, 2 и 3 — $\{(2, 4, 1), \{3, 2, 2\}, \{2, 3, 2\}\}$.

Замечание: Так как все вычисления проводились в соответствии с последовательностью f_1^*, f_2^*, f_3^* , то данный алгоритм называется алгоритмом прямой прогонки.

3.2. Задача календарного планирования трудовых ресурсов

Предприниматель составляет план регулирования численности рабочих на каждую из пяти последующих недель. Он располагает сведениями о минимальном количестве рабочих, которое требуется для проведения работ на каждой неделе $\{b_j = (5, 7, 8, 4, 6)\}$. Наем или увольнение, а также простой рабочих связаны с накладными расходами, величины которых известны. Пусть

1. X_j — количество рабочих имеющихся в наличии на j -й неделе;

2. $C_1(X_j - b_j) = 3 \cdot (X_j - b_j)$ — величина убытков, связанных с тем, что X_j превышает заданное значение b_j , ($X_j \geq b_j$);

$$3. \quad C_2(X_j - X_{j-1}) = \begin{cases} 4 + 2 \cdot (X_j - X_{j-1}), & (X_j > X_{j-1}) \\ 0, & (X_j \leq X_{j-1}) \end{cases} \quad \text{— величина}$$

накладных расходов по найму новых рабочих.

Необходимо определить, сколько рабочих следует нанимать или увольнять еженедельно, чтобы обеспечить минимум суммарных затрат для планируемого периода. Исходное количество рабочих к началу первой недели составляет $X_0 = 5$.

Обозначим через $f_j^*(X_j)$ минимальную величину расходов, осуществленных в течение недель $1, 2, \dots, j$ при заданном значении X_j .

Тогда рекуррентное уравнение записывается в виде:

$$f_1^*(X_1) = \min \{C_1(X_1 - b_1) + C_2(X_1 - X_0)\}, (X_1 \geq b_1)$$

$$f_j^*(X_j) = \min \{C_1(X_j - b_j) + C_2(X_j - X_{j-1}) + f_{j-1}^*(X_{j-1})\}, \\ (X_j \geq b_j).$$

Определим границы для значений переменных X_j . Так как в нашей задаче увольнение не требует накладных расходов, то достаточно рассмотреть следующие ситуации:

$$X_1 = \{5, 6, 7, 8\}, X_2 = \{7, 8\}, X_3 = \{8\}, X_4 = \{4, 5, 6\}, X_5 = \{6\}.$$

Пусть $X_j - X_{j-1} = \delta_j$.

Этап 1. ($b_1 = 5$).

X_1	$\{C_1(X_1 - 5) + C_2(X_1 - X_0)\}$	Оптимальное решение	
	$X_0 = 5$	$f_1^*(X_1)$	δ_1^*
5	$0 + 0 = 0$	0	0
6	$3 \cdot 1 + 4 + 2 \cdot 1 = 9$	9	1
7	$3 \cdot 2 + 4 + 2 \cdot 2 = 14$	14	2
8	$3 \cdot 3 + 4 + 2 \cdot 3 = 19$	19	3

Этап 2. ($b_2 = 7$).

X_2	$\{C_1(X_2 - 7) + C_2(X_2 - X_1) + f_1^*(X_1)\}$				Оптимальное решение	
	$X_1 = 5$	$X_1 = 6$	$X_1 = 7$	$X_1 = 8$	$f_2^*(X_2)$	δ_2^*
7	$0 + 4 + 2 \cdot 2 + 0 = 8$	$0 + 4 + 2 \cdot 1 + 9 = 15$	$0 + 0 + 14 = 14$	$0 + 0 + 19 = 19$	8	2
8	$3 \cdot 1 + 4 + 2 \cdot 3 + 0 = 13$	$3 \cdot 1 + 4 + 2 \cdot 2 + 9 = 20$	$3 \cdot 1 + 4 + 2 \cdot 1 + 14 = 23$	$3 \cdot 1 + 0 + 19 = 22$	13	3

Этап 3. ($b_3 = 8$).

X_3	$\{C_1(X_3 - 8) + C_2(X_3 - X_2) + f_2^*(X_2)\}$		Оптимальное решение	
	$X_2 = 7$	$X_2 = 8$	$f_3^*(X_3)$	δ_3^*
8	$0 + 4 + 2 \cdot 1 + 8 = 14$	$0 + 0 + 13 = 13$	13	0

Этап 4. ($b_4 = 4$)

X_4	$\{C_1(X_4 - 4) + C_2(X_4 - X_3) + f_3^*(X_3)\}$		Оптимальное решение	
	$X_3 = 8$	$f_4^*(X_4)$	δ_4^*	
4	$0 + 0 + 13 = 13$	13	-4	
5	$3 \cdot 1 + 0 + 13 = 16$	16	-3	
6	$3 \cdot 2 + 0 + 13 = 19$	19	-2	

Этап 5. ($b_5 = 6$).

X_5	$\{C_1(X_5 - 6) + C_2(X_5 - X_4) + f_4^*(X_4)\}$			Оптимальное решение	
	$X_4 = 4$	$X_4 = 5$	$X_4 = 6$	$f_5^*(X_5)$	δ_5^*
6	$0 + 4 + 2 \cdot 2 + 13 = 21$	$0 + 4 + 2 \cdot 1 + 16 = 22$	$0 + 0 + 19 = 19$	19	0

Так как $X_j = X_{j-1} + \delta_j$, то $X_5^* = 6$, $X_4^* = 6 - 0 = 6$, $X_3^* = 6 + 2 = 8$,

$$X_2^* = 8 + 0 = 8, X_1^* = 8 - 3 = 5, X_0^* = 5.$$

Неделя	b_j	X_j	Решение
1	5	5	Никого не нанимать и не увольнять
2	7	8	Нанять трех рабочих
3	8	8	Никого не нанимать и не увольнять
4	4	6	Уволить двух рабочих
5	6	6	Никого не нанимать и не увольнять

3.3. Задача о замене оборудования

Одной из важных задач производственного менеджмента является определение оптимальной стратегии в замене старого оборудования на новое. В процессе эксплуатации оборудования наступает момент, когда старое оборудование выгоднее заменить новым, чем эксплуатировать дальше. Критерием оптимальности может служить прибыль от эксплуатации оборудования. Будем считать, что решения о замене оборудования принимаются периодически в начале каждого промежутка времени, на которые разбит планируемый период. Основной характеристикой оборудования будем считать его возраст, так как от возраста зависит производительность, затраты на эксплуатацию и т.д.

В начале каждого промежутка времени принимается решение либо о сохранении оборудования, либо о его замене, поэтому управление на j -м шаге:

$$\delta_j = \begin{cases} \delta_j^c \\ \delta_j^z \end{cases},$$

где δ_j^c — решение о сохранении оборудования, а δ_j^z — решение о замене оборудования.

Пример. Предположим, что на предприятии установлено новое оборудование. Зависимость производительности оборудования от времени его использования, а также зависимость затрат на содержание и ремонт оборудования от времени приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Показатель	Время, в течение которого используется оборудование				
	0	1	2	3	4
Годовой выпуск продукции $R(X_{j-1})$, млн руб.	80	75	65	60	60
Ежегодные затраты на ремонт и содержание оборудования $Z(X_{j-1})$, млн руб.	20	25	30	35	45

Затраты, связанные с приобретением и установкой нового оборудования, составляют $C = 40$ млн руб., а заменяемое оборудование списывается. Составить такой план замены оборудования, при котором общая прибыль за рассматриваемый период (пять лет) — максимальная.

Обозначим через X_{j-1} — возраст оборудования в начале j -го года.

Тогда

$$X_j = \begin{cases} X_{j-1} + 1, & \delta_j = \delta_j^c \\ 1, & \delta_j = \delta_j^3 \end{cases}$$

Обозначим через $f_j^*(X_{j-1})$ — максимальную прибыль, полученную предприятием в течение $j, j+1, \dots, 5$ лет при заданном значении X_{j-1} .

Тогда рекуррентное соотношение для обратной вычислительной схемы запишется в следующем виде:

$$1. f_j^*(X_{j-1}) = \max \begin{cases} R(X_{j-1}) - Z(X_{j-1}) + f_{j+1}^*(X_{j-1} + 1), & \delta_j = \delta_j^c \\ R(0) - Z(0) - C + f_{j+1}^*(1), & \delta_j = \delta_j^3 \end{cases},$$

для $j = 1, 2, 3, 4$.

$$2. f_5^*(X_4) = \max \begin{cases} R(X_4) - Z(X_4), & \delta_j = \delta_j^c \\ R(0) - Z(0) - C, & \delta_j = \delta_j^3 \end{cases}$$

Э т а п 5. $X_4 = \{1, 2, 3, 4\}$

1) $X_4 = 1$,

$$f_5^*(1) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(1) - Z(1) \\ R(0) - Z(0) - C \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 75 - 25 \\ 80 - 20 - 40 \end{array} \right\} = \\ = \max \left\{ \begin{array}{l} 50 \\ 20 \end{array} \right\} = 50, \text{ следовательно, } \delta_5^*(1) = \delta_5^c.$$

2) $X_4 = 2$,

$$f_5^*(2) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(2) - Z(2) \\ R(0) - Z(0) - C \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 65 - 30 \\ 80 - 20 - 40 \end{array} \right\} = 35,$$

следовательно, $\delta_5^*(2) = \delta_5^c$.

3) $X_4 = 3$,

$$f_5^*(3) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(3) - Z(3) \\ R(0) - Z(0) - C \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 60 - 35 \\ 80 - 20 - 40 \end{array} \right\} = 25,$$

следовательно, $\delta_5^*(3) = \delta_5^c$.

$$4) X_4 = 4,$$

$$f_5^*(4) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(4) - Z(4) \\ R(0) - Z(0) - C \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 60 - 45 \\ 80 - 20 - 40 \end{array} \right\} = 20,$$

следовательно, $\delta_5^*(4) = \delta_5^3$.

Возраст оборудования $\{X_4\}$	$f_5^*(X_4)$	$\delta_5^*(X_4)$
1	50	δ_5^c
2	35	δ_5^c
3	25	δ_5^c
4	20	δ_5^3

Этап 4. $X_3 = \{1, 2, 3\}$

$$f_4^*(X_3) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(X_3) - Z(X_3) + f_5^*(X_3 + 1) \\ R(0) - Z(0) - C + f_5^*(1) \end{array} \right\}$$

$$1) X_3 = 1,$$

$$f_4^*(1) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(1) - Z(1) + f_5^*(2) \\ R(0) - Z(0) - C + f_5^*(1) \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 75 - 25 + 35 \\ 80 - 20 - 40 + 50 \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 85 \\ 70 \end{array} \right\} = 85, \text{ следовательно, } \delta_4^*(1) = \delta_4^c.$$

$$2) X_3 = 2,$$

$$f_4^*(2) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(2) - Z(2) + f_5^*(3) \\ R(0) - Z(0) - C + f_5^*(1) \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 65 - 30 + 25 \\ 20 + 50 \end{array} \right\} =$$

$$\max \left\{ \begin{array}{l} 60 \\ 70 \end{array} \right\} = 70, \text{ следовательно, } \delta_4^*(2) = \delta_4^3.$$

$$3) X_3 = 3,$$

$$f_4^*(3) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(3) - Z(3) + f_5^*(4) \\ R(0) - Z(0) - C + f_5^*(1) \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 60 - 35 + 20 \\ 20 + 50 \end{array} \right\} =$$

$$\max \left\{ \begin{array}{l} 45 \\ 70 \end{array} \right\} = 70, \text{ следовательно, } \delta_4^*(3) = \delta_4^3.$$

Возраст оборудования $\{X_3\}$	$f_4^*(X_3)$	$\delta_4^*(X_3)$
1	85	δ_4^c
2	70	δ_4^3
3	70	δ_4^3

$$\text{Этап 3. } X_2 = \{1, 2\}$$

$$f_3^*(X_2) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(X_2) - Z(X_2) + f_4^*(X_2 + 1) \\ R(0) - Z(0) - C + f_4^*(1) \end{array} \right\}$$

$$1) X_2 = 1,$$

$$f_3^*(1) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(1) - Z(1) + f_4^*(2) \\ R(0) - Z(0) - C + f_4^*(1) \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 75 - 25 + 70 \\ 80 - 20 - 40 + 85 \end{array} \right\}$$

=

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 120 \\ 105 \end{array} \right\} = 120, \text{ следовательно, } \delta_3^*(1) = \delta_3^c.$$

$$2) X_2 = 2,$$

$$f_3^*(2) = \max \left\{ \begin{array}{l} R(2) - Z(2) + f_4^*(3) \\ R(0) - Z(0) - C + f_4^*(1) \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 35 + 70 \\ 20 + 85 \end{array} \right\} = 105,$$

$$\text{следовательно, } \delta_3^*(2) = \left\{ \begin{array}{l} \delta_3^c \\ \delta_3^3 \end{array} \right\}.$$

Возраст оборудования $\{X_2\}$	$f_3^*(X_2)$	$\delta_3^*(X_2)$
1	120	δ_3^c
2	105	δ_3^c, δ_3^3

Этап 2. $X_1 = \{1\}$

$$f_2^*(X_1) = \max \begin{cases} R(X_1) - Z(X_1) + f_3^*(X_1+1) \\ R(0) - Z(0) - C + f_3^*(1) \end{cases}$$

$$f_2^*(1) = \max \begin{cases} R(1) - Z(1) + f_3^*(2) \\ R(0) - Z(0) - C + f_3^*(1) \end{cases} = \max \begin{cases} 75 - 25 + 105 \\ 80 - 20 - 40 + 120 \end{cases} =$$

$= 155$, следовательно, $\delta_2^*(1) = \delta_2^c$.

Возраст оборудования $\{X_1\}$	$f_2^*(X_1)$	$\delta_2^*(X_1)$
1	155	δ_2^c

Этап 1. $X_0 = \{0\}$

$$f_1^*(0) = \{R(0) - Z(0) + f_2^*(1)\} = \{60 + 155\} = 215,$$

следовательно, $\delta_1^*(0) = \delta_1^c$. Таким образом, максимальная прибыль предприятия составит 215 млн руб. В задаче возможны два решения.

1) $\delta^* = (\delta_1^c, \delta_2^c, \delta_3^c, \delta_4^3, \delta_5^c)$.

2) $\delta^* = (\delta_1^c, \delta_2^c, \delta_3^3, \delta_4^c, \delta_5^c)$.

Практикум к гл. 3

◆ Задачи

1. Найдите оптимальное решение задачи распределения капиталовложений при условии, что суммарный объем инвестиций равен 8 млн руб.

1.1

Проект	Предприятие 1		Предприятие 2		Предприятие 3	
	C_1	R_1	C_2	R_2	C_3	R_3
1	3	5	3	4	0	0
2	4	6	4	5	2	3
3	—	—	5	8	3	5
4	—	—	—	—	6	9

1.2

Проект	Предприятие 1		Предприятие 2		Предприятие 3	
	C_1	R_1	C_2	R_2	C_3	R_3
1	2	4	3	4	0	0
2	3	5	4	5	2	3
3	4	6	5	7	3	5
4	—	—	—	—	5	9

2. Решите задачу календарного планирования трудовых ресурсов при следующих данных:

$$2.1. \quad b_j = (6, 5, 3, 6, 8), \quad X_0 = 5, \quad C_1(X_j - b_j) = 2 \cdot (X_j - b_j), \\ (X_j \geq b_j)$$

$$C_2(X_j - X_{j-1}) = \begin{cases} 4 + 3 \cdot (X_j - X_{j-1}), & (X_j > X_{j-1}) \\ 2 + 1 \cdot (X_j - X_{j-1}), & (X_j < X_{j-1}) \end{cases}$$

$$2.2. \quad b_j = (8, 4, 7, 8, 2), \quad X_0 = 6, \quad C_1(X_j - b_j) = 1 \cdot (X_j - b_j), \\ (X_j \geq b_j)$$

$$C_2(X_j - X_{j-1}) = \begin{cases} 3 + 2 \cdot (X_j - X_{j-1}), & (X_j > X_{j-1}) \\ 1 + 2 \cdot (X_j - X_{j-1}), & (X_j < X_{j-1}) \end{cases}$$

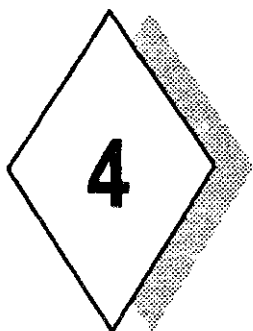
3. Решите задачу о замене при следующих данных:

3.1

Показатель	Время, в течение которого используется оборудование				
	0	1	2	3	4
Годовой выпуск продукции $R(X_{j-1})$, млн руб.	90	85	75	65	60
Ежегодные затраты на ремонт и содержание оборудования $Z(X_{j-1})$, млн руб.	25	30	35	40	45

3.2

Показатель	Время, в течение которого используется оборудование				
	0	1	2	3	4
Годовой выпуск продукции $R(X_{j-1})$, млн руб.	85	80	75	65	60
Ежегодные затраты на ремонт и содержание оборудования $Z(X_{j-1})$, млн руб.	25	30	35	40	45



Детерминированные модели управления запасами в производственном менеджменте

Глава

Задача управления запасами возникает, когда необходимо создать запас материальных ресурсов с целью удовлетворения спроса на заданном интервале времени. В любой задаче управления запасами требуется определить количество заказываемой продукции и сроки размещения заказов.

Спрос можно удовлетворить путем однократного создания запаса на весь период времени или посредством создания запаса для каждой единицы времени этого периода. В первом случае требуются более высокие удельные (отнесенные к единице времени) капитальные вложения, но дефицит возникает реже и частота размещения заказов меньше. Во втором случае удельные капитальные вложения снижаются, но частота размещения заказов и риск дефицита возрастают. Таким образом, решения относительно размера заказа и момента его размещения могут основываться на минимизации соответствующей функции общих затрат.

Обобщенная модель управления запасами

Любая модель управления запасами должна дать ответ на два вопроса:

1. Какое количество продукции заказывать?
2. Когда заказывать?

Размер и точка заказа обычно определяются из условий минимизации суммарных затрат, которые можно выразить в виде

функций этих двух переменных. Суммарные затраты системы управления выражаются в виде функции их основных компонентов следующим образом:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Суммарные} & & \text{Затраты} & & \text{Затраты} & & \text{Затраты} & & \text{Потери} \\ \text{затраты} & = & \text{на приоб-} & + & \text{на} & + & \text{на хране-} & + & \text{от де-} \\ \text{системы} & & \text{ретение} & & \text{оформле-} & & \text{ние} & & \text{фицита} \\ \text{управления} & & & & \text{ние} & & & & \end{array}$$

Затраты на приобретение становятся важным фактором, когда цена единицы продукции зависит от размера заказа, что обычно выражается в виде оптовых скидок.

Затраты на оформление представляют собой постоянные расходы, связанные с его размещением. Таким образом, при размещении более мелких заказов затраты возрастают.

Затраты на хранение запаса — расходы на содержание запаса на складе. Они обычно возрастают с увеличением уровня запаса.

Потери от дефицита — расходы, обусловленные отсутствием запаса необходимой продукции.

Модель управления запасами не обязательно должна включать все четыре вида затрат, так как некоторые из них могут быть незначительными.

Большое разнообразие моделей этого класса и методов решения соответствующих задач во многом определяется характером спроса, который может быть детерминированным или вероятностным.

Детерминированный спрос может быть статическим (интенсивность потребления остается неизменной во времени) или динамическим (спрос известен, но меняется во времени). Вероятностный спрос может быть стационарным (функция плотности вероятности спроса неизменна во времени) и нестационарным (функция плотности вероятности спроса изменяется во времени).

Хотя характер спроса является одним из основных факторов при построении модели управления запасами, имеются другие факторы, влияющие на выбор типа модели. К их числу относятся:

1. *Запаздывание поставок или сроки выполнения заказов.* После размещения заказа он может быть поставлен немедленно

или потребуется некоторое время на его выполнение. Интервал времени между моментом размещения заказа и его поставкой называется сроком выполнения заказа. Эта величина может быть детерминированной или случайной.

2. *Пополнение запаса.* Процесс пополнения запаса может осуществляться мгновенно или равномерно во времени. Мгновенное пополнение запаса может происходить при условии, что заказы поступают от внешнего источника. Равномерное пополнение может быть тогда, когда запасаемая продукция производится самой организацией.

При решении задач управления запасами применяются различные методы.

4.1. Однопродуктовая статическая модель

Модель управления запасами простейшего типа характеризуется постоянным во времени спросом, мгновенным пополнением запаса и отсутствием дефицита.

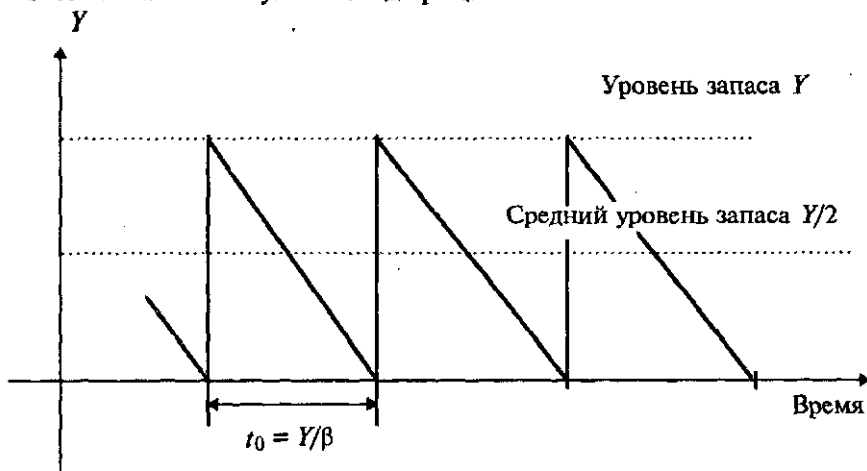


Рис. 4.1. Изменение уровня запаса во времени

Предполагается, что интенсивность спроса в единицу времени равна β . Наивысшего уровня запас достигает в момент поставки заказа размером Y . Запаздывание поставки является заданной константой. Уровень запаса достигает нуля спустя Y/β единиц времени после получения заказа размером Y . Чем меньше размер заказа Y , тем чаще нужно размещать новые за-

казы. Однако при этом средний уровень заказа будет уменьшаться. Так как затраты зависят от частоты размещения заказа и объема хранения запаса, то величина Y выбирается из условия обеспечения сбалансированности между двумя видами затрат. Это лежит в основе построения соответствующей модели.

Пусть K — затраты на оформление заказа; h — затраты на хранение единицы заказа в единицу времени.

Следовательно, суммарные затраты в единицу времени будут равны затратам на оформление заказа в единицу времени + затраты на хранение запасов в единицу времени, т. е.

$$Z(Y) = \frac{K}{Y/\beta} + \frac{h}{2} \cdot Y. \quad (4.1)$$

Как видно из рис. 4.1, продолжительность цикла движения заказа составляет $t_0 = Y/\beta$, а средний уровень запаса равен $Y/2$. Оптимальное значение Y получается из соотношения:

$$\frac{dZ(Y)}{dY} = -\frac{K\beta}{Y^2} + \frac{h}{2} = 0, \Rightarrow$$

$Y^* = \sqrt{2K \cdot \beta / h}$ (формула экономического размера заказа Уилсона).

Замечание: Можно показать, что в точке Y^* целевая функция $Z(Y)$ принимает минимальное значение.

Оптимальная стратегия модели предусматривает заказ Y^* единиц продукции каждые $t_0^* = Y^* / \beta$ единиц времени. Оптимальные затраты $Z(Y^*)$, получаемые путем непосредственной подстановки в (4.1), составляют $\sqrt{2K\beta \cdot h}$.

Для большинства реальных ситуаций существует срок выполнения заказа L от момента размещения заказа до его действительной поставки. Стратегия размещения заказов в приведенной модели должна определять точку возобновления заказа (рис. 4.2).

В практических ситуациях точку возобновления заказа определяют через уровень запаса, соответствующий моменту возобновления заказа.

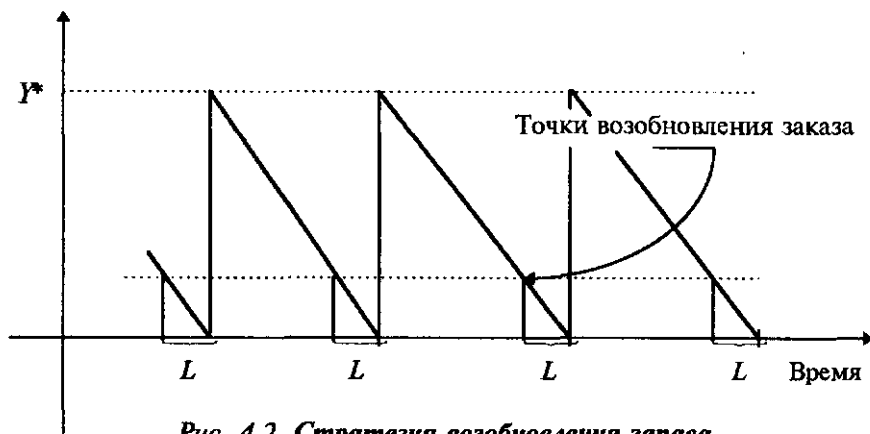


Рис. 4.2. Стратегия возобновления запаса

Пример 1. Ежедневный спрос на некоторый товар составляет около 100 ед. Затраты на размещение каждого запаса постоянны и равны 100 руб. Ежедневные затраты на хранение единицы запаса составляют 0,02 руб. Определить экономичный размер партии и точку заказа при сроке выполнения заказа, равном 12 дням.

$$Y^* = \sqrt{2K\beta/h} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 100}{0,02}} = 1000 \text{ ед.},$$

$$t_0^* = Y^* / \beta = \frac{1000}{100} = 10 \text{ дн.}$$

Так как срок выполнения заказа 12 дней, а продолжительность цикла составляет 10 дней, возобновление заказа происходит, когда уровень запаса достаточен для удовлетворения спроса на $(12-10) = 2$ дня. Таким образом, заказ размером 1000 ед. размещается, когда уровень запаса достигает $2 \cdot 100 = 200$ ед.

Пример 2. Фирма пополняет запас некоторого изделия, заказывая его в количестве, достаточном для покрытия одномесячного спроса. Годовой спрос на изделие равен 1500 единиц. Каждое размещение заказа оценивается затратами в 20 руб. Затраты на хранение одного изделия в течение месяца составляют 2 руб. Задолженность не допускается.

а) Определить оптимальный размер заказа и интервал времени между моментами размещения заказов.

б) Определить различие в годовых затратах при оптимальной и применяемой стратегиях.

Решение. $K = 20$ руб., $h = 2$ руб.

1) Применяемая стратегия

$$\beta = 1500/12 = 125 \text{ ед./мес.}, Y = 1500/12 = 125 \text{ ед.}$$

$$Z(Y) = K/(Y/\beta) + h \cdot (Y/2) = 20/(125/125) + 2 \cdot (125/2) = 145 \text{ руб.}$$

Тогда общие затраты за год составят $12 \cdot 145 = 1740$ руб.

2) Оптимальная стратегия

$$Y^* = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot \beta}{h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20 \cdot 125}{2}} = 50 \text{ ед.}$$

$$Z(Y^*) = \sqrt{2K\beta h} = \sqrt{2 \cdot 20 \cdot 125 \cdot 2} = 100 \text{ руб.}$$

Тогда общие затраты за год составят $12 \cdot 100 = 1200$ рублей.

Следовательно, различие в годовых затратах составит

$$\Delta Z = 1740 - 1200 = 540 \text{ рублей.}$$

Пример 3. Предположим теперь, что запас пополняется равномерно, а не мгновенно с интенсивностью α . Потребление также равномерное с интенсивностью β в каждую единицу времени. Определить:

- максимальный уровень запаса на складе;
- общие затраты в единицу времени;
- экономичный размер заказа.

Решение.

а) $t_1 = Y/\alpha$ — продолжительность поступления заказа; $(\alpha - \beta)$ — интенсивность поступления заказа на склад.

Следовательно,

$(Y/\alpha) \cdot (\alpha - \beta) = Y \cdot (1 - \beta/\alpha)$ — максимальный уровень запаса.

$$t_2 = \frac{Y \cdot (1 - \beta/\alpha)}{\beta};$$

$t_1 + t_2 = Y/\alpha + \frac{Y \cdot (1 - \beta/\alpha)}{\beta} = Y/\beta = t_0$ — продолжительность цикла.

$$Z(Y) = \frac{K}{Y/\beta} + \frac{h}{2} \cdot Y \cdot (1 - \frac{\beta}{\alpha}).$$

$$\text{в) } \frac{dZ(Y)}{dY} = -(K \cdot \beta / Y^2) + \frac{h}{2} \cdot (1 - \frac{\beta}{\alpha}) = 0, \Rightarrow Y^* = \sqrt{\frac{2K\beta}{h \cdot (1 - \beta/\alpha)}}$$

($\alpha > \beta$).

Пример 4. Пусть $\alpha = 50$ ед./день, $\beta = 30$ ед./день, $K \approx 100$ руб., $h = 0,05$ руб./день. Найти экономичный размер заказа и интервал времени между двумя заказами.

Решение.

$$Y^* = \sqrt{\frac{2K\beta}{h \cdot (1 - \beta / \alpha)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 30}{0,05 \cdot (1 - 3 / 5)}} \approx 547,7 \text{ ед.}$$

$t_0 = t_1 + t_2 = Y/\beta = (547,7)/30 \approx 18,25$ дн. (интервал времени между двумя заказами).

На практике получил распространение приближенный метод, позволяющий учитывать вероятностный характер спроса. Создается некоторый постоянный (буферный) запас на всем горизонте планирования. Размер резерва определяется таким образом, чтобы вероятность истощения запаса в течение периода L не превышала наперед заданной величины. Предположим, что $f(x)$ — плотность распределения вероятностей спроса в течение этого срока, а вероятность истощения запаса в течение периода L не должна превышать α . Тогда размер резервного запаса B определяется из условия

$$P\{x \geq B + L \cdot \beta\} \leq \alpha,$$

где $L \cdot \beta$ — потребление в течение времени L (рис. 4.3).

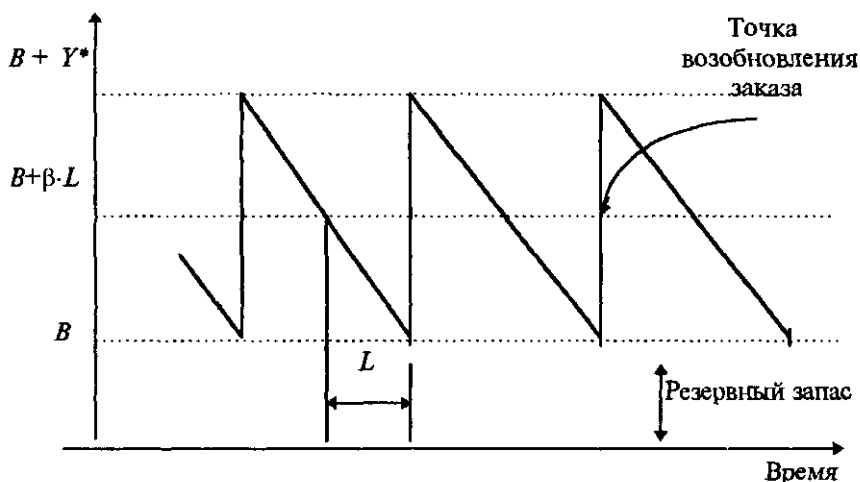


Рис. 4.3. Изменение запаса при наличии резерва

Пример 5. Предположим, что спрос в примере 1 в действительности представляет собой аппроксимацию случайной ситуации, при которой ежедневный спрос распределен нормально со средним $\mu = 100$ и

средним квадратичным отклонением $\sigma = 10$. Определим размер резервного запаса таким образом, чтобы вероятность истощения запаса в течение срока выполнения заказа не превышала 0,05.

Решение. Из примера 1 имеем $L = 2$ дня.

$$x_L = x_1 + x_2, \mu_L = \mu_1 + \mu_2 = 100 + 100 = 200,$$

$$D\{x_L\} = D\{x_1\} + D\{x_2\} = \sigma^2\{x_1\} + \sigma^2\{x_2\} = 100 + 100 = 200,$$

$$\sigma_L = \sqrt{200} = 14,14.$$

Таким образом, из формулы $P\{x_L \geq B + L \cdot \beta\} \leq \alpha$ получаем

$$P\{x_L \geq B + \mu_L\} \leq 0,05 \text{ или } P\left\{\frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L} \geq \frac{B}{\sigma_L}\right\} \leq 0,05. \text{ Так как}$$

$$P\left\{\frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L} \geq \frac{B}{\sigma_L}\right\} = 1 - P\left\{\frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L} < \frac{B}{\sigma_L}\right\}, \text{ то}$$

$$P\left\{\frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L} < \frac{B}{\sigma_L}\right\} \geq 0,95.$$

Теперь из таблицы для стандартного нормального распределения получим $\frac{B}{\sigma_L} \geq 1,64$, т. е. $B \geq 14,14 \cdot 1,64 = 23,2$.

4.2. Однопродуктовая статическая модель с разрывами цен

Нередко цена единицы продукции зависит от размеров закупаемой партии. В таких случаях цены меняются скачкообразно. Предположим, что цена единицы продукции равна c_1 при $Y < q$ и равна c_2 при $Y \geq q$, где $c_1 > c_2$ и q — размер заказа, при превышении которого предоставляется скидка. В этом случае суммарные затраты за цикл должны также включать издержки приобретения.

Суммарные затраты на единицу времени при $Y < q$ равны

$$Z_1(Y) = \beta \cdot c_1 + K \cdot \beta/Y + h \cdot Y/2.$$

При $Y \geq q$ эти затраты составляют $Z_2(Y) = \beta \cdot c_2 + K \cdot \beta/Y + h \cdot Y/2$.

Графики этих функций приведены на рис. 4.4.

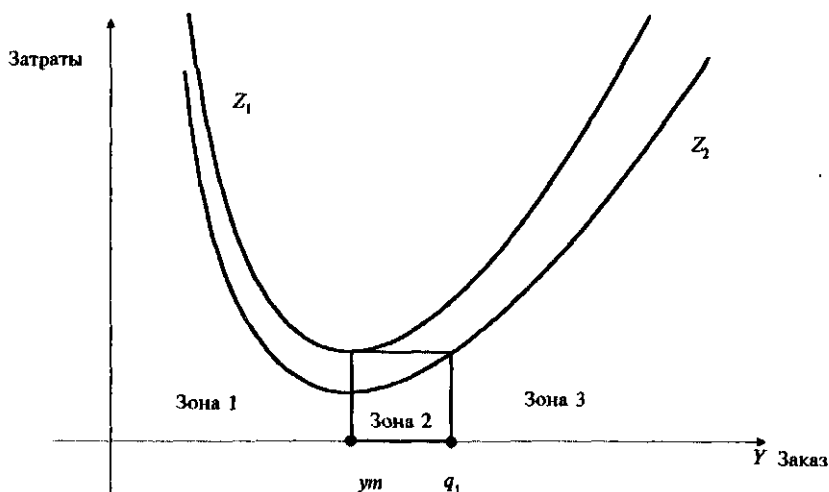


Рис. 4.4. Графики функций суммарных затрат

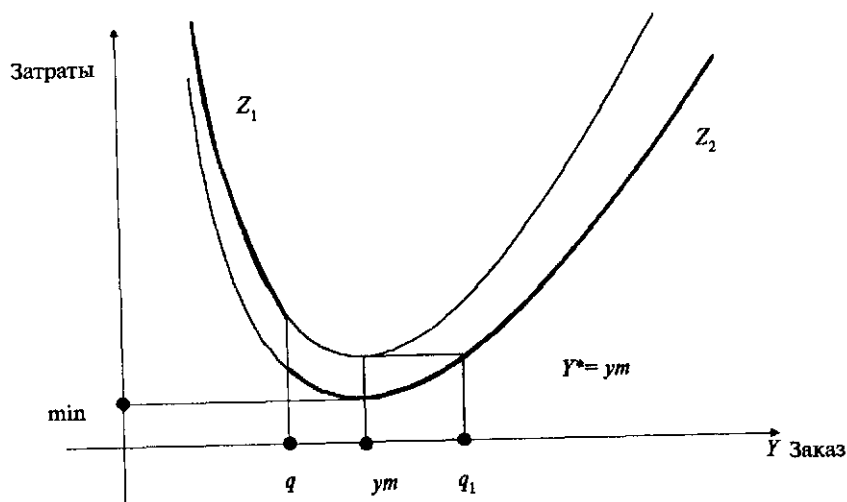
Обозначим через ym — размер заказа, при котором достигается минимум функций Z_1 и Z_2 . Тогда $ym = \sqrt{2K \cdot \beta / h}$. Из вида функций Z_1 и Z_2 следует, что оптимальный размер заказа Y^* зависит от того, где по отношению к трем показанным на рис. 4.4 зонам 1, 2, 3 находится точка разрыва цены q . Эти зоны находятся в результате определения q_1 : ($q_1 > ym$) из уравнения $Z_1(ym) = Z_2(q_1)$. Так как значение ym известно, то решение уравнения дает значение величины q_1 . Тогда зоны определяются следующим образом:

Зона 1: $0 \leq q < ym$,

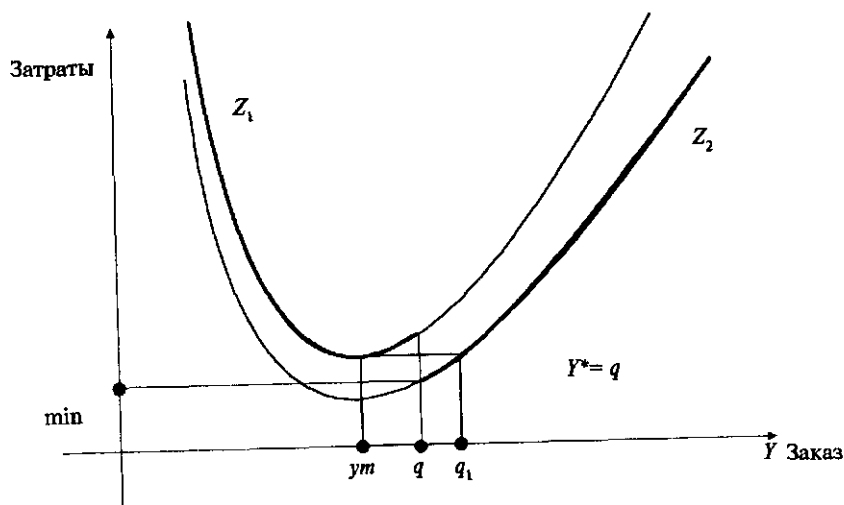
Зона 2: $ym \leq q < q_1$,

Зона 3: $q \geq q_1$.

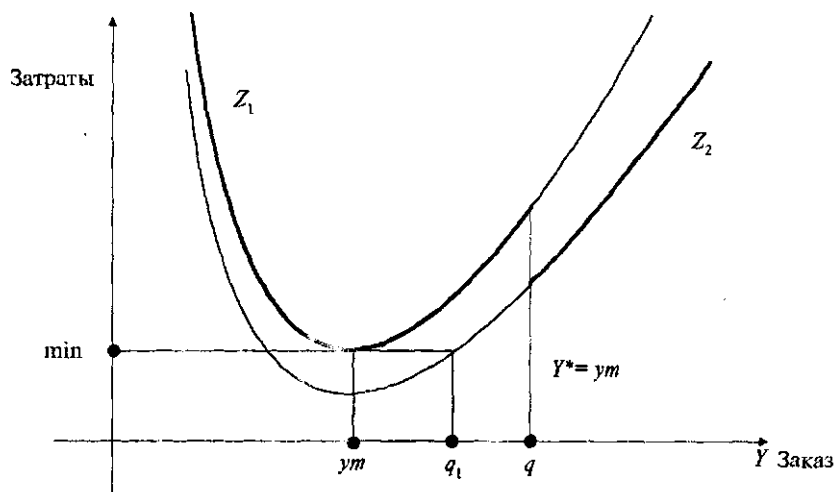
На рис. 4.5, а, б, в, приведено графическое решение задачи для различных случаев в зависимости от того, где находится q по отношению к зонам 1, 2, 3.



а)



б)



в)

Рис. 4.5, а,б,в. Графическое решение задачи для трех случаев

В результате оптимальный размер заказа Y^* определяется следующим образом:

$$Y^* = \begin{cases} ym, & \text{если } 0 \leq q < ym & \text{(зона 1)} \\ q, & \text{если } ym \leq q < q_1 & \text{(зона 2)} \\ ym, & \text{если } q \geq q_1 & \text{(зона 3)} \end{cases}$$

Пример 1. Рассмотрим модель управления запасами при следующих данных:

$K = 10$ руб., $h = 1$ руб., $\beta = 5$ ед., $c_1 = 2$ руб., $c_2 = 1$ руб., $q = 15$ ед.

Решение. Вычислим значение ym :

$$ym = \sqrt{2K \cdot \beta / h} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 5}{1}} = 10 \text{ ед.}$$

Так как $q > ym$, необходимо определить, где находится q : в зоне 2 или зоне 3. Найдем значение q_1 : $Z_1(ym) = Z_2(q_1) \Rightarrow$

$$c_1 \cdot \beta + K \cdot \beta / ym + h \cdot ym / 2 = c_2 \cdot \beta + K \cdot \beta / q_1 + h \cdot q_1 / 2 \text{ или}$$

$$2 \cdot 5 + 10 \cdot 5/10 + 1 \cdot 10/2 = 1 \cdot 5 + 10 \cdot 5/q_1 + 1 \cdot (q_1)/2 \Rightarrow q_1 = 26,18.$$

Так как $ut \leq q < q_1$, величина q находится в зоне 2. Таким образом,

$Y^* = q = 15$ ед. Суммарные затраты в единицу времени определяются:

$$\begin{aligned} Z(Y^*) &= Z_2(15) = c_2 \cdot \beta + K \cdot \beta/15 + h \cdot 15/2 = \\ &= 1 \cdot 5 + 10 \cdot 5/15 + 1 \cdot 15/2 = 15,83 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Упражнение. Определить Y^* и суммарные затраты за цикл

а) $q = 30 \Rightarrow Y^* = 10$ (зона 3), $Z(Y^*) = Z_1(10) = 5 \cdot 2 + 10 \cdot 5/10 + 1 \cdot 10/2 = 20$ руб.

$t_0^* = Y^* / \beta = 10/5 = 2$ дня, $\Rightarrow$ суммарные затраты за 2 дня составят $2 \cdot 20 = 40$ руб.

б) $q = 5 \Rightarrow Y^* = 10$ (зона 1)

$Z(Y^*) = Z_2(10) = 5 \cdot 1 + 10 \cdot 5/10 + 1 \cdot 10/2 = 15$ руб. $t_0^* = Y^* / \beta = 10/5 = 2$ дня, $\Rightarrow$ суммарные затраты за 2 дня составят $2 \cdot 15 = 30$ руб.

4.3. Однопродуктовая N-этапная динамическая модель

В этой модели предполагается, что спрос известен, но может меняться от этапа к этапу. Пополнение запаса происходит мгновенно в начале этапа. Дефицит не допускается.

Построение динамической детерминированной модели сводится к исследованию конечного горизонта времени. Это не является серьезным ограничением, так как спрос в отдаленном будущем обычно не оказывает существенного влияния на решения, принимаемые для конечного горизонта времени. Кроме того, не имеет смысла предполагать, что продукция будет храниться в запасе бесконечно.

Определим для этапа i ($i = 1, 2, \dots, N$) следующие величины:

z_i — количество заказанной продукции (размер заказа),

ξ_i — потребность в продукции (спрос);

x_i — исходный запас (на начало этапа);

h_i — затраты на хранение единицы запаса, переходящей из этапа i в этап $i + 1$;

K_i — затраты на оформление заказа;

$c_i(z_i)$ — затраты, связанные с закупкой (производством) при заданном значении z_i .

Функция $c_i(z_i)$ представляет интерес, если затраты меняются во времени или существуют разрывы цен.

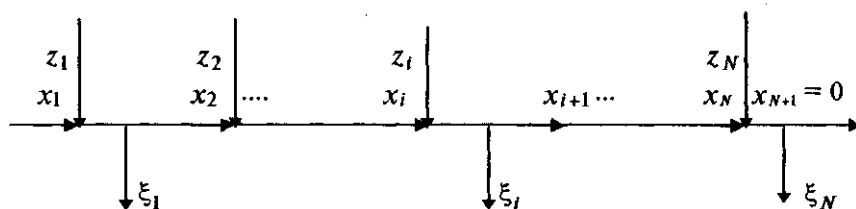
Пусть $C_i(z_i) = \delta_i \cdot K_i + c_i(z_i)$, где $\delta_i = \begin{cases} 0, & z_i = 0 \\ 1, & z_i > 0 \end{cases}$

Затраты на хранение предполагаются пропорциональными величине $x_{i+1} = x_i + z_i - \xi_i$ (объем запаса, переходящего из этапа i в этап $i+1$). В результате затраты на хранение на этапе i равны $h_i \cdot x_{i+1}$.

Замечание: Это предположение вводится с целью упрощения. Модель легко обобщить на случай произвольной функции затрат $H_i(x_{i+1})$.

Требуется найти оптимальные значения z_i , минимизирующие общие затраты по всем N этапам.

Для построения модели динамического программирования представим задачу схематически:



Каждый этап соответствует одному шагу. Прямое рекуррентное уравнение Беллмана можно получить, определив состояние системы на шаге i как объем запаса на конец этапа i . Это состояние задается величиной $x_{i+1} = x_i + z_i - \xi_i$. На любом шаге на величины x_{i+1} наложены следующие ограничения $0 \leq x_{i+1} \leq \xi_{i+1} + \dots + \xi_N$, т.е. в предельном случае запас x_{i+1} удовлетворяет спрос на всех последующих этапах.

Пусть $f_i^*(x_{i+1})$ — минимальные общие затраты на этапах $1, 2, \dots, i$ при заданной величине запаса x_{i+1} на конец этапа i .

Тогда рекуррентное уравнение для прямой вычислительной схемы записывается в виде

$$f_1^*(x_2) = \min_{0 \leq z_1 \leq \xi_1 + X_2} \{C_1(z_1) + h_1 \cdot x_2\},$$

так как $x_2 = x_1 + z_1 - \xi_1 \Rightarrow x_1 = x_2 - z_1 + \xi_1 \geq 0 \Rightarrow z_1 \leq \xi_1 + X_2$.

$$f_i^*(x_{i+1}) = \min_{0 \leq z_i \leq \xi_i + X_{i+1}}$$

$$\{C_i(z_i) + h_i \cdot x_{i+1} + f_{i-1}^*(x_{i+1} - z_i + \xi_i)\}$$

$$(x_i = x_{i+1} - z_i + \xi_i), i = 2, 3, \dots, N.$$

Пример

Период i	Спрос ξ_i , ед.	Затраты на оформление K_i , руб.	Затраты на хранение h_i , руб.
1	3	3	1
2	2	7	3
3	4	6	2

Исходный запас x_1 для этапа 1 равен единице. Предполагается, что затраты на приобретение продукции составляют 10 руб. за каждую единицу для первых трех единиц и 20 руб. для каждой дополнительной единицы, т. е.

$$c_i(z_i) = \begin{cases} 10z_i, & 0 \leq z_i \leq 3 \\ 30 + 20(z_i - 3), & z_i \geq 4 \end{cases}.$$

Приведем результаты пошаговых вычислений для прямого алгоритма:

Шаг 1. $\xi_1 = 3$; $0 \leq x_2 \leq \xi_2 + \xi_3 \Rightarrow 0 \leq x_2 \leq 2 + 4 = 6$.

$$x_2 = x_1 + z_1 - \xi_1 \Rightarrow z_1 = x_2 - x_1 + \xi_1 = x_2 - 1 + 3 = x_2 + 2.$$

$$z_1 = x_2 + 2.$$

$$f_1^*(x_2) = \min_{z_1 = x_2 + 2} \{C_1(z_1) + h_1 \cdot x_2\}$$

x_2	$h_1 \cdot x_2$	$f_1(x_2) = \min \{C_1(z_1) + h_1 \cdot x_2\}$							Оптимальное решение	
		$z_1 = 2$	3	4	5	6	7	8		
		$C_1(z_1) = 23$	33	53	73	93	113	133	$f_1^*(x_2)$	z_1
0	0	23							23	2
1	1		34						34	3
2	2			55					55	4
3	3				76				76	5
4	4					97			97	6
5	5						118		118	7
6	6							139	139	8

Шаг 2. $\xi_2 = 2$; $0 \leq x_3 \leq \xi_3 \Rightarrow 0 \leq x_3 \leq 4$.

$$x_3 = x_2 + z_2 - \xi_2 \Rightarrow x_3 \geq z_2 - \xi_2 \Rightarrow z_2 \leq \xi_2 + x_3 = x_3 + 2.$$

$$f_2^*(x_3) = \min_{0 \leq z_2 \leq \xi_2 + x_3} \{C_2(z_2) + h_2 \cdot x_3 + f_1^*(x_3 - z_2 + \xi_2)\}$$

x_3	$h_1 \cdot x_3$	$f_2(x_3) = \{C_2(z_2) + h_2 \cdot x_3 + f_1^*(x_3 - z_2 + \xi_2)\}$							Оптимальное решение	
		$z_2 = 0$	1	2	3	4	5	6		
		$C_2(z_2) = 0$	17	27	37	57	77	97	$f_2^*(x_3)$	z_2^*
0	0	$0+55=55$	$17+34=51$	$27+23=50$					50	2
1	3	$3+76=79$	$20+55=75$	$30+34=64$	$40+23=63$				63	3
2	6	$6+97=103$	$23+76=99$	$33+55=88$	$43+34=77$	$63+23=86$			77	3
3	9	$9+118=127$	$26+97=123$	$36+76=112$	$46+55=101$	$66+34=100$	$86+23=109$		100	4
4	12	$12+139=151$	$29+118=147$	$39+97=136$	$49+76=125$	$69+55=124$	$89+34=123$	$109+23=132$	123	5

Шаг 3. $\xi_3 = 4$; $x_4 = 0$;

$$f_3^*(x_4) = \min_{0 \leq z_3 \leq \xi_3 + x_4} \{C_3(z_3) + h_3 \cdot x_4 + f_2^*(x_4 - z_3 + \xi_3)\}$$

x_4	$h_3 \cdot x_4$	$f_3^*(x_4) = \{C_3(z_3) + h_3 \cdot x_4 + f_2^*(x_4 - z_3 + \xi_3)\}$					Оптимальное решение	
		$z_3=0$	1	2	3	4		
		$C_3(z_3)=0$	16	26	36	56	$f_3^*(x_4)$	z_3^*
0	0	$0+123=123$	$16+100=116$	$26+77=103$	$36+63=99$	$56+50=106$	99	3

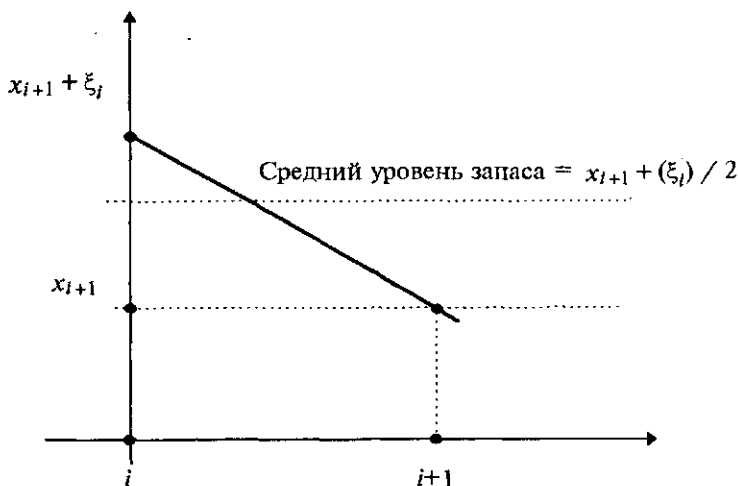
Решение определяется следующим образом. Общие затраты составляют 99 руб. — $\{99 = (20+3) + (30+7+3) + (30+6)\}$.

$$z_3^* = 3; \Rightarrow x_3 = x_4 - z_3 + \xi_3 = 0 - 3 + 4 = 1.$$

$$z_2^* = 3; \Rightarrow x_2 = x_3 - z_2 + \xi_2 = 1 - 3 + 2 = 0.$$

$$z_1^* = 2; \Rightarrow \bar{Z}^* = (2 \ 3 \ 3).$$

Пример. Предположим, что затраты на хранение на этапе i определяются исходя из среднего объема запаса на этом этапе. Найдем выражение для затрат на хранение.



Так как

$$x_i + z_i = x_{i+1} - z_i + \xi_i + z_i = x_{i+1} + \xi_i,$$

то

затраты на хранение равны $h_i(x_{i+1} + \frac{\xi_i}{2})$.

4.4. N-этапная модель календарного планирования производства

Рассмотрим задачу календарного планирования производства на N последовательных этапах. Спрос изменяется во времени, но детерминирован. Спрос можно удовлетворить либо путем изменения уровня запаса при постоянном объеме производства, либо за счет изменения объема производства при постоянном уровне запаса, либо путем изменения и уровня запаса, и выпуска. Изменения объема производства можно добиться, проводя сверхурочные работы, а изменения уровня запаса можно обеспечить за счет создания постоянного положительного запаса, либо за счет неудовлетворенного спроса.

Нужно отыскать календарный план производства на N этапов, минимизирующий суммарные затраты. В модели предполагаются нулевые затраты на оформление заказа для любого этапа. В общем случае допускается дефицит при условии, что весь задолженный спрос должен быть удовлетворен к концу этапа N . Эти условия можно записать в виде транспортной задачи.

Введем следующие обозначения для этапа i ; $i = 1, 2, \dots, N$:

- c_i — производственные затраты на единицу продукции при обычном режиме работы;
- d_i — производственные затраты на единицу продукции при работе в сверхурочное время, ($d_i > c_i$);
- h_i — затраты на хранение единицы продукции, переходящей из этапа i в этап $i + 1$;
- p_i — потери от дефицита на единицу продукции, требуемой на этапе i , но поставляемой на этапе $i + 1$;
- a_{ri} — производственная мощность (в единицах продукции) при обычном режиме работы;

- a_{ii} — производственная мощность (в единицах продукции) при работе в сверхурочное время;
 b_i — спрос (в единицах продукции).

Модель без дефицита

В соответствии с терминологией транспортной модели поставщики представлены обычным и сверхурочным производством для различных этапов. Потребители задаются спросом соответствующих этапов. Затраты на транспортировку единицы продукции от любого поставщика к любому потребителю представляются суммой соответствующих производственных затрат и затрат на хранение единицы продукции.

Матрица полных затрат для эквивалентной транспортной задачи приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

	Спрос на этапе j				Избыток		
	1	2	3	...	N		
R_1	c_1	$c_1 + h_1$	$c_1 + h_1 + h_2$		$c_1 + h_1 + \dots + h_{N-1}$	0	a_{R1}
T_1	d_1	$d_1 + h_1$	$d_1 + h_1 + h_2$		$d_1 + h_1 + \dots + h_{N-1}$	0	a_{T1}
R_2		c_2	$c_2 + h_2$		$c_2 + h_2 + \dots + h_{N-1}$	0	a_{R2}
T_2		d_2	$d_2 + h_2$		$d_2 + h_2 + \dots + h_{N-1}$	0	a_{T2}
...							...
R_N					c_N	0	a_{RN}
T_N					d_N	0	a_{TN}
	b_1	b_2	b_3	...	b_N	S	

Дополнительный столбец используется для балансировки транспортной задачи, т.е. $S = \sum_i a_i - \sum_j b_j$. Это условие определяется разумным допущением, ибо спрос всегда меньше производственной мощности системы. Затраты на единицу продукции в дополнительном столбце равны нулю. Так как дефицит не допускается, то продукцию, выпускаемую на рассматриваемом

мом этапе, нельзя использовать для удовлетворения спроса предыдущих этапов. В таблице это ограничение представлено заштрихованными ячейками, что в сущности эквивалентно очень большим затратам на единицу продукции.

Так как задолженность в модели не допускается, то для каждого этапа k в нее необходимо включить ограничение, состоящее в том, что накопленный спрос не должен превышать соответствующий общий объем произведенной продукции, т.е.

$$\sum_{i=1}^k (a_{R_i} + a_{T_i}) \geq \sum_{j=1}^k b_j, \quad k = 1, 2, \dots, N.$$

Так как спрос на этапе i должен быть удовлетворен прежде, чем спрос на этапах $i+1, i+2, \dots, N$ и поскольку на функцию производственных затрат наложены специальные требования, нет необходимости применять общий алгоритм решения транспортной задачи. Сначала путем последовательного назначения максимально возможных поставок по наиболее дешевым элементам первого столбца удовлетворяется спрос на этапе 1. Затем корректируются значения a_i , которые после этого определяют оставшиеся мощности для различных этапов. Далее рассматривается этап 2, и его спрос удовлетворяется наиболее дешевыми поставками в пределах новых ограничений на производственные мощности. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет удовлетворен спрос этапа N .

Пример

Период i	Мощность (в единицах продукции)		Спрос b_i (в единицах продукции)
	a_{R_i}	a_{T_i}	
1	100	50	120
2	150	80	200
3	100	100	250
4	200	50	200
Всего	550	280	770

Производственные затраты на всех этапах одинаковы, т.е. $c_i = 2$ и $d_i = 3$ при всех i . Издержки на хранение также постоянны на всех этапах и равны $h_i = 0,1$ для любого i . Условия эквивалентной транспортной задачи приведены в таблице.

	1	2	3	4	Избыток	
R_1	2 100	2,1 —	2,2 —	2,3 —	0 —	100
T_1	3 20	3,1 —	3,2 20	3,3 —	0 10	50
R_2		2 150	2,1 —	2,2 —	0 —	150
T_2		3 50	3,1 30	3,2 —	0 —	80
R_3			2 100	2,1 —	0 —	100
T_3			3 100	3,1 —	0 —	100
R_4				2 200	0 —	200
T_4				3 —	0 50	50
	120	200	250	200	60	

В оптимальности решения можно убедиться, воспользовавшись условием оптимальности алгоритма транспортной задачи. Заметим, что полученное оптимальное решение является вырожденным.

Упражнения

1. Определите следующие величины:

- объем производства на этапе 1 для этого же этапа (120 единиц);
- объем производства на этапе 1 для этапа 2 (нулевой);
- объем производства на этапе 1 для этапа 3 (20 единиц);
- объем производства при обычном режиме работы и сверхурочное время на этапе 1 (100 и 40 единиц соответственно);
- запас, переходящий из этапа 1 в этап 3 (20 единиц);
- запас, переходящий из этапа 2 в этап 3 (50 единиц);
- запас, переходящий из этапа 3 в этап 4 (нулевой).

2. Предположив, что на этапе 4 требуется 55 дополнительных единиц продукции, определите, каким образом эту про-

дукцию нужно выпустить. (50 единиц в сверхурочное время на этапе 4 и 5 единиц в сверхурочное время на этапе 1.)

Модель с дефицитом

Рассмотрим обобщение описанной выше модели при условии, что допускается дефицит. Предполагается, что задолженный спрос должен быть удовлетворен к концу N -этапного горизонта планирования. Табл. 4.1 можно легко модифицировать, чтобы учесть влияние задолженности, введя соответствующие удельные издержки в заблокированные маршруты.

Так, например, если p_i — удельные потери от дефицита (т. е. на единицу продукции) в случае, когда продукция требуется на этапе i , а поставляется на этапе $i + 1$, то удельные расходы, соответствующие ячейкам $(R_{N,1})$ и $(T_{N,1})$, составляют $\{c_N + p_1 + p_2 + \dots + p_{N-1}\}$ и $\{d_N + p_1 + p_2 + \dots + p_{N-1}\}$ соответственно.

Заметим, что в общем случае описанный выше алгоритм может не привести к оптимальному решению.

Пример. Рассмотрим трехэтапную модель, в которой используется обычное и сверхурочное производство. Производственные мощности для трех этапов следующие:

Период	Мощность	
	обычная	сверхурочная
1	15	10
2	15	0
3	20	15

Удельные производственные затраты составляют 5 при обычном режиме работы и 10 при сверхурочной работе. Затраты на хранение и потери от дефицита равны 1 и 2 соответственно. Для трех этапов требуется 20, 35 и 15 единиц продукции соответственно. Исходные данные соответствующей транспортной модели приведены в таблице. На этапе 2 сверхурочные работы не проводятся, так как соответствующая мощность равна нулю.

В таблице приведено решение задачи, полученное с использованием описанного выше алгоритма. Суммарные затраты составят $15 \times 5 + 5 \times 7 + 5 \times 11 + 10 \times 5 + 20 \times 7 + 15 \times 10 = 505$ денежных единиц. Данное решение не является оптимальным и, следовательно, в данной модели необходимо применять общий алгоритм решения транспортной задачи. В результате получим:

	1	2	3	Избыток	
R_1	5 15	6 —	7 —	0 —	15
T_1	10 —	11 5	12 —	0 5	10
R_2	7 5	5 10	6 —	0 —	15
R_3	9 —	7 20	5 —	0 —	20
T_3	14 —	12 —	10 15	0 0	15
	20	35	15	5	

	1	2	3	Избыток	
R_1	5 15	6 —	7 —	0 —	15
T_1	10 5	11 5	12 —	0 5	10
R_2	7 —	5 15	6 —	0 —	15
R_3	9 —	7 5	5 15	0 —	20
T_3	14 —	12 10	10 —	0 5	15
	20	35	15	5	

Суммарные затраты в этом случае составят: $15 \times 5 + 5 \times 10 + 5 \times 11 + 15 \times 5 + 5 \times 7 + 10 \times 12 + 15 \times 5 = 485$ денежных единиц.

Выводы

В данном разделе изложен материал, позволяющий получить довольно полное представление о возможностях практического использования исследования операций при решении задач производственного менеджмента. Большое внимание уделено составлению математических моделей, излагаются методы решения и приводятся алгоритмы, даны упражнения для самостоятельного решения. Задачи носят условный характер, а числовые па-

параметры подобраны так, чтобы при решении задач можно было обойтись наиболее простыми вычислениями.

- ◆ Большинство из рассмотренных примеров могут быть реализованы средствами Excel. Это даст возможность провести всесторонний анализ решаемой задачи и получить ответы на вопросы типа: 1) Что будет, если...? 2) Что надо, чтобы...?
- ◆ Дополнительные сведения из теории линейного программирования, а также задачи для самостоятельного решения можно получить из книг, приведенных в списке рекомендуемой литературы.

Практикум к гл. 4

◆ Задачи

1. В каждом из следующих случаев пополнение запаса происходит мгновенно и дефицит не допускается. Найдите экономичный размер заказа, соответствующие суммарные затраты и интервал времени между двумя заказами:

- а) $K = 50$ руб., $h = 0,05$ руб, $\beta = 30$ ед./день;
- б) $K = 100$ руб., $h = 0,01$ руб, $\beta = 40$ ед./день;
- в) $K = 100$ руб., $h = 0,04$ руб, $\beta = 20$ ед./день.

2. Фирма может производить изделие или покупать его. Если фирма сама выпускает изделие, то каждый запуск его в производство обходится в 20 руб. Интенсивность производства составляет 100 ед. в день. Если изделие закупается, то затраты на размещение каждого заказа равны 15 руб. Затраты на содержание изделия в запасе независимо от того, закупается оно или производится, равны 0,02 рубля в день. Потребление изделия предприятием оценивается в 26 000 ед. в год. Предполагая, что фирма работает без дефицита, определите, что выгоднее: закупать или производить изделие?

3. Изделие продается по цене 4 руб., но за партию размером более 150 изделий предоставляется 10%-я скидка. Фирма, потребляющая 20 изделий в день, хочет решить, стоит ли воспользоваться скидкой. Затраты на размещение заказа на одну

партию составляют 50 руб., затраты на хранение одного изделия 0,03 руб. в день. Целесообразно ли для фирмы воспользоваться скидкой?

4. Решите следующую детерминированную задачу управления запасами:

1.

Период i	Спрос ξ_i , ед.	Затраты на оформление K_i , руб.	Затраты на хранение h_i , руб.
1	5	5	1
2	7	7	3
3	11	9	2
4	3	7	1

Исходный запас x_1 для этапа 1 равен единице. Предполагается, что затраты на приобретение продукции составляют 1 руб. за каждую единицу для первых шести единиц и 2 руб. для каждой дополнительной единицы.

5. Спрос на некоторое изделие в течение последующих пяти этапов можно удовлетворить при обычном режиме работы, за счет сверхурочных работ и привлечения субподрядчиков. Субподряды можно использовать только при нехватке мощностей для сверхурочных работ. Данные о предложении и спросе для пяти этапов приведены в таблице.

Период i	Максимальное число поставленных изделий			
	Обычный режим работы	Сверхурочные работы	Субподряд	Спрос
1	100	50	30	120
2	40	60	80	200
3	90	70	70	250
4	60	50	20	150
5	70	50	100	150
Всего	360	280	300	870

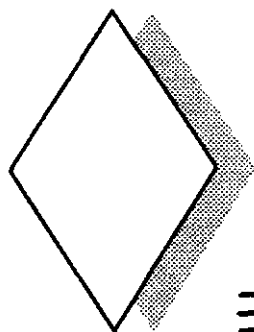
Производственные затраты на всех этапах одинаковы и составляют 1, 2 и 3 ден. ед. на изделие при обычном режиме ра-

боты, в сверхурочное время и по субподряду соответственно. Издержки на хранение также постоянны на всех этапах и равны $h_i = 0,5$ ден. ед. для любого i .

6. Спрос на некоторое изделие в течение последующих пяти этапов можно удовлетворить при обычном режиме работы, за счет сверхурочных работ и привлечения субподрядчиков. Субподряды можно использовать только при нехватке мощностей для сверхурочных работ. Данные о предложении и спросе для пяти этапов приведены в таблице.

Период i	Максимальное число поставленных изделий			
	Обычный режим работы	Сверхурочные работы	Субподряд	Спрос
1	100	50	30	150
2	40	60	80	250
3	100	80	70	250
4	60	70	50	150
5	70	50	80	150
Всего	370	310	310	950

Производственные затраты на всех этапах одинаковы и составляют 1, 2 и 3 ден. ед. на изделие при обычном режиме работы, в сверхурочное время и по субподряду соответственно. Издержки на хранение также постоянны на всех этапах и равны $h_i = 0,5$ ден. ед. для любого i . Штраф составляет 2 ден. ед. на одно изделие за этап при запаздывании поставки. Найдите оптимальное решение.



Литература

Литература к части 1

Глава 1

1. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента/ Пер. с англ. — М.: Дело, 1992. — Ч. 1 и 5.
2. Управление организацией: Учебник / Под ред. А.Г. Поршнева, З.П. Соломатина. — М.: ИНФРА-М, 1998. — Гл. 7.
3. Современное управление: Энциклопедический справочник / Пер. с англ. под ред. Д.Н. Карпухина, Б.З. Мильнера. — М.: Издатцентр, 1997. — Т. 2.

Глава 2

4. Ансофф И. Стратегическое управление/ Пер. с англ. — М.: Экономика, 1989.
5. Макаренко М.В., Махалина О.М. Производственный менеджмент: Учеб. пособие для вузов. — М., 1998.
6. Менеджмент: Учебник для вузов / Под ред. М.М. Максимцова, А.В. Игнатъевой. — М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998.
7. Томпсон А.А. Стрикленд А. Дж. Стратегический менеджмент: Учебник для вузов / Пер. с англ. — М.: Банки и биржи, 1998.

Глава 3

8. Автоматизация проектирования в машиностроении. — Минск: Наука и техника, 1984.
9. Анискин Ю.П., Моисеева Н.К., Проскуряков А.В. Новая техника: повышение эффективности создания и освоения. — М.: Машиностроение, 1984.
10. Бойцов В.В. Научные основы комплексной стандартизации технической подготовки производства. — М.: Машиностроение, 1982.
11. Бородин А.С. Учет затрат на освоение новой техники. — М.: Финансы и статистика, 1985.
12. Власов Б.В. Выбор рациональных форм организации производства. — М.: Машиностроение, 1979.
13. Глухов В.В. Основы менеджмента. Учебно-справочное пособие. — СПб.: Специальная литература, 1995.
14. ЕСТПП. Методические рекомендации по проведению аттестации технологических процессов. — 2-я редакция. — ВНИИНМАШ, 1983.
15. Ипатов М.И., Проскуряков А.В., Семенов В.Н. Снижение себестоимости машин. — М.: Машиностроение, 1978.
16. Ипатов М.И., Туровец О.Г. Экономика, организация и планирование технической подготовки производства: Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 1987.
17. Краяхин Г.А. Планирование на предприятиях (объединениях) машиностроительной промышленности. — М.: Высшая школа, 1984.

18. *Меломед Г.И.* Экономика производства новой техники. — М.: Экономика, 1983.
19. *Меломед Г.И., Трембовольский Б.Л.* Освоение производства новых изделий. — Минск, 1980.
20. *Методические рекомендации по оценке организационно-технического уровня производства.* — 2-я редакция. — ВНИИНМАШ, 1983.
21. *Организационные и экономические основы технической подготовки производства* / Под ред. М.И. Ипатова, А.В. Проскурякова, Л.Я. Шухгольтера. — М.: Машиностроение, 1982.
22. *Организационно-экономические пути повышения эффективности подготовки производства и освоения выпуска новой продукции.* Материалы семинара / Под ред. А. В. Проскурякова, Ю.П. Анискина. — М.: МДНГП, 1983.
23. *Основы предпринимательского дела: Учебник.* — 2-е изд.; перераб. и доп. / Под ред. Ю.М. Осипова, Е.Е. Смирновой. — М.: БЕК, 1996.
24. *Парамонов Ф.И.* Моделирование процессов производства. — М.: Машиностроение, 1984.
25. *Ткачева О.Н., Кузнецов Л.П.* Современные автоматизированные системы проектирования технологических процессов в машиностроении. — М.: НИИ-Маш, 1984.
26. *Хилл П.* Наука и искусство проектирования. — М.: Мир, 1973.
27. *Экономикс: теория и практика.* — Т. 1,2. — Спб.: АО «Дорваль, АО «Лига», 1993.

Глава 4

28. *Экономика и статистика фирм* / Под ред. С.Д. Ильенковой. — М.: Финансы и статистика, 1996.
29. *Экономика предприятия* / Под ред. В.Я. Горфинкеля, В.А. Швандара. — М.: ЮНИТИ, 1998.
30. *Семенов В.М. и др.* Экономика предприятия. — Книга 4 (7). М.: Центр экономики и маркетинга, 1996.
31. *Швандар В.А., Прасолова В.П.* Экономика предприятия. (тесты, задачи, ситуации). — М.: ЮНИТИ, 1997.
32. *Ипатов М.И. и др.* Организация и планирование машиностроительного производства. — М.: Высшая школа, 1988.
33. *Грункин М.Н. и др.* Экономика, организация и планирование промышленного производства. — М.: Высшая школа, 1985.
34. *Шах А.Д., Погостин С.З., Альян П.А.* Организация, планирование и управление предприятием химической промышленности. — М.: Высшая школа, 1988.

Глава 5

35. *Организация, планирование и управление машиностроительным производством: Учеб. пособие.* М.: Машиностроение, 1989.
36. *Синк Д.С.* Управление производительностью: Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1989.

Глава 7

37. *Гаджинский А.М.* Основы логистики. — М.: ИВЦ «Мар-кетинг», 1996.
38. *Логистика* / Под ред. Б.А. Аникина. — М.: ИНФРА-М, 1997.
39. *Неруш Ю.М.* Коммерческая логистика. — М.: ЮНИТИ, 1997.
40. *Промышленная логистика* / А.В. Проскуряков, Н.К. Моисеева, Н.Т. Севруков, А.Н. Пилищенко. — С-Пб.: Политехника, 1994.

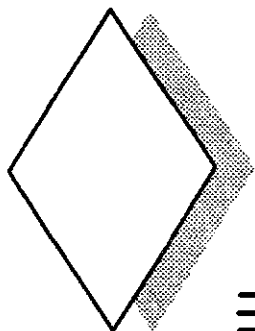
Глава 9

41. *Алборов Л.А.* Выбор учетной политики предприятия в 1997 году. Принципы и практические рекомендации: 2-е изд., доп. и перераб. — М.: ИКЦ «ДИС», 1997.

42. *Альгин А.П.* Риск и его роль в общественной жизни. — М.: Мысль, 1989.
43. *Баканов М.И., Шеремет А.Д.* Теория экономического анализа. — М.: Финансы и статистика, 1996.
44. *Балабанов И.Т.* Риск-менеджмент. — М.: Финансы и статистика, 1996.
45. *Васильчук Е.С., Рухманова А.Н.* Бизнес-планирование и оценка рисков в предпринимательской деятельности. — Иваново: Ивановский государственный университет, 1996.
46. *Ильенкова Н.Д.* Анализ рисков посреднической деятельности // Экономика и коммерция. — М.: ЦНИИ Электроника, 1997. — №3
47. *Ильенкова Н.Д.* Методологические проблемы идентификации экономических рисков // Экономика и коммерция. — М.: ЦНИИ Электроника, 1996. — №4.
48. *Ильенкова Н.Д.* Некоторые направления построения классификации экономических рисков // Экономика и коммерция. — М.: ЦНИИ Электроника, 1997. — №1.
49. *Ильенкова Н.Д.* Спрос: анализ и управление: Учеб. пособие /Под ред. И. К. Белявского. — М.: Финансы и статистика, 1997.
50. *Ильин Н.И., Лукманова И.Г.* и др. Управление проектами. — Спб.: Два-Три, 1996.
51. *Кендэл М.* Ранговые корреляции. — М.: Статистика, 1975.
52. *Клейнер Г.Б.* и др. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность /Г.Б. Клейнер, В.Л. Тамбовцев, Р. М., Качалов; Под общ. ред. С.А. Панова. — М.: ОАО Экономика, 1997.
53. *Международные стандарты финансовой отчетности 1998* (издание на русском языке). — М.: Аскери — АССА, 1998.
54. *План счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности предприятий и инструкция по его применению.* — М.: Финансы и статистика, 1996.
55. *О составе затрат по производству и реализации продукции (работ, услуг), включаемых в себестоимость продукции, и о порядке формирования финансовых результатов, учитываемых при налогообложении прибыли.* Положение, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 5 августа 1992 г. № 552 с учетом изменений и дополнений, внесенных Постановлением Правительства РФ от 1 июля 1995 г. № 661.
56. *Управление качеством: Учебник для вузов /С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенкова, В.С. Мхитарян и др.; Под ред. С.Д. Ильенковой.* — М.: «Банки и биржи», ЮНИТИ, 1998.
57. *Фридман П.* Контроль затрат и финансовых результатов при анализе качества продукции. — М.: «Аудит», ЮНИТИ, 1994.
58. *Эддоус М., Стэнсфилд Р.* Методы принятия решений / Пер. с англ. под ред. И.И. Елисеевой. — М.: «Аудит», ЮНИТИ, 1997.

Литература к части 2

59. *Акулич И.Л.* Математическое программирование в примерах и задачах. — М., 1986.
60. *Банди Б.* Основы линейного программирования. — М., 1989.
61. *Зайченко Ю.П.* Исследование операций. — Киев, 1988.
62. *Зайченко Ю.П.* и др. Исследование операций: Сборник задач. — Киев, 1990.
63. *Курицкий Б.Я.* Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. — Спб., 1977.
64. *Таха Х.* Введение в исследование операций. — М., 1985.



Словарь основных терминов

Автоматизация — применение технических средств, экономико-математических методов и систем управления в процессах производства продукции, оказании услуг, передачи и использовании энергии, материалов, информации с частичным или полным освобождением человека от участия в этих процессах.

Автоматизированная система управления (АСУ) — совокупность экономико-математических методов, технических средств (ЭВМ, средств связи, и т.п.) и организационных комплексов, обеспечивающих рациональное управление сложным объектом (процессом) в соответствии с заданной целью.

Автоматическое оборудование — оборудование, снабженное устройствами (совокупность устройств), выполняющее все операции по заданной программе без непосредственного участия человека.

Гибкая автоматизация — автоматизация процессов изготовления изделий быстро изменяющейся номенклатуры небольшими или средними партиями, для которых характерно объединение модулей на основе ЭВМ (оборудование с числовым программным управлением или ЧПУ, оснащенное гибкими роботами для манипулирования предметами труда и инструментом); использование оборудования для автоматической транспортировки и складского хранения, контроль качества с использованием ЭВМ, эффективное управление производством.

Изделие — предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии.

Изделия покупные — изделия, получаемые предприятием в готовом виде (их также называют комплектующими).

Коэффициент закрепления операций — показатель, характеризующий уровень специализации рабочих мест.

Коэффициент соотношения времени обслуживания и времени работы — показатель, применяемый для оценки целесообразности обслуживания рабочим определенного количества станков.

Логистика — наука о планировании, организации, управлении, контроле и регулировании движения материальных и информационных пото-

ков в пространстве и во времени от их первичного состояния до конечного потребителя.

Норма времени — время, необходимое для выполнения единицы работы.

Норма обслуживания — количество единиц оборудования, производственных площадей, установленное для обслуживания одним рабочим или группой рабочих.

Операционная система — полная система производственной деятельности организаций.

Операционная функция — действия, в результате которых производятся товары и услуги, поставляемые организацией во внешнюю среду.

Организация рабочего места — оснащение рабочего места средствами и предметами труда, размещенными в определенном порядке.

Перерабатывающая подсистема — подразделения организации, выполняющие производственную работу по превращению входных величин в выходные результаты.

Подсистема обеспечения — подразделения организации, выполняющие функции обеспечения перерабатывающей подсистемы, например ремонтный цех.

Производственный процесс — процесс воспроизводства материальных благ и производственных отношений.

Производственный цикл — календарный период времени, в течение которого предмет труда проходит все стадии производственного процесса от первой производственной операции до сдачи (приемки) готового продукта.

Пропорциональность в организации производства — соответствие пропускной способности всех подразделений предприятия по выпуску готовой продукции.

Пространственная организация — рациональное расчленение производства на частные процессы и закрепление их за отдельными производственными звеньями, определение их взаимосвязи и расположения на территории предприятия.

Процессы естественные — процесс изменения физического состояния предмета труда под влиянием сил природы.

Процессы технологические — процесс изменения предмета труда под воздействием живого труда.

Рабочие места единичного производства — места, на которых выполняется большое число различных операций, повторяющихся через неопределенные промежутки времени или вовсе неповторяющихся.

Рабочие места массового производства — места, специализированные на выполнении одной непрерывно повторяющейся операции.

Рабочие места серийного производства — места, на которых выполняется несколько различных операций, повторяющихся через определенные промежутки времени.

Руководство — такое поведение, при котором один человек реально влияет на деятельность других, обеспечивая движение к поставленной цели.

Система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство.

Система качества — совокупность организационной структуры, распределения ответственности, процессов, процедур и ресурсов, обеспечивающая общее руководство качеством.

Система обслуживания рабочих мест — регламентация объема, сроков и методов выполнения вспомогательных работ по обеспечению рабочих мест всем необходимым.

Склад — здания, сооружения, устройства, предназначенные для приемки, хранения различных материальных ценностей, подготовки их к производственному потреблению и бесперебойному отпуску потребителям.

Статистический контроль — система правил, указывающих методы отбора изделий для проверки, и условия, при которых партию следует принять, забраковать или продолжить контроль.

Стратегия дифференциации — стратегия, связанная с определенной целевой установкой, направлена на достижение прибыли выше средней по отрасли.

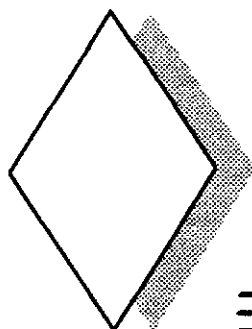
Стратегия контроля над затратами — стратегия, направленная на снижение собственных издержек по сравнению с затратами конкурентов.

Стратегия фокусирования — концентрация усилий на том, что лучше получается.

Структурирование функции качества — инженерное воплощение качества в изделие с учетом требований потребителей.

Технологическая подготовка производства — совокупность мероприятий, обеспечивающих технологичность производства.

Управление операциями — действия по разработке и реализации общей стратегии и направлений операционной деятельности организации; разработке и внедрению операционной системы; планированию и контролю текущего функционирования системы.



Оглавление

Введение	5
Часть 1. Теория и практика производственного менеджмента	9
Глава 1. Производство и производственные системы	10
1.1. Значение производства. Краткая история исследований производства	10
1.2. Производство и производственные системы	18
Глава 2. Цикл производственного менеджмента	29
2.1. Планирование как составляющая производственного менеджмента	29
2.2. Определение условий, организация, исполнение	35
2.3. Руководство	38
Глава 3. Организация и управление производственным процессом	42
3.1. Понятие о производственном процессе. Основные принципы организации производственного процесса	42
3.2. Производственный цикл	62
3.3. Типы производства	69
3.4. Влияние типа производства на организационную структуру управления	80
3.5. Организация, планирование и управление технологической подготовкой производства	87
Глава 4. Производственная программа и обеспечение ее выполнения	121
4.1. Основные разделы и технико-экономические показатели производственной программы	121

4.2. Производственная мощность. Расчеты производственных мощностей. Значения резервных мощностей	132
4.3. Определение потребности в трудовых, материальных и финансовых ресурсах для выполнения производственной программы	149
4.4. Контроль за выполнением производственной программы	162
Глава 5. Организация, производительность и оплата труда	180
5.1. Понятие и значение научной организации труда	180
5.2. Организация и обслуживание рабочих мест	183
5.3. Производительность и оплата труда	194
Глава 6. Основы управления качеством	204
6.1. Значение стандартизации и сертификации	204
6.2. Система качества	208
6.3. Структурирование функции качества	212
6.4. Текущее управление качеством	213
6.5. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Стандарты статистического приемочного контроля	223
Глава 7. Основы логистики	231
7.1. Понятие логистики	231
7.2. Логистика запасов	237
Глава 8. Система складирования и складская переработка продукции	254
8.1. Характеристика систем складирования и размещения запасов	254
8.2. Организация транспортно-складского материало потока	268
8.3. Стратегии обеспечения материальными ресурсами различных предприятий	277
8.4. Расчет некоторых показателей работы склада	285
Глава 9. Экономический и производственный риски	304
9.1. Понятие экономического и производственного рисков	304
9.2. Классификация экономических рисков	306
9.3. Факторы риска невостребованности продукции	323
9.4. Управление рисками на основе результатов экономического анализа	382

Часть 2. Исследование операций в производственном менеджменте	431
Глава 1. Задачи линейного программирования в производственном менеджменте	432
1.1. Составление линейных математических моделей	432
1.2. Геометрическая интерпретация задачи производственного планирования	440
1.3. Симплекс-метод решения задачи производственного планирования	446
Глава 2. Специальные задачи линейного программирования в производственном менеджменте	461
2.1. Задачи дробно-линейного программирования	461
2.2. Задачи целочисленного программирования	464
2.3. Задачи с булевыми переменными	493
2.4. Задачи параметрического программирования	516
2.5. Задача коммивояжера. Постановка задачи и ее прикладное значение	521
Глава 3. Динамическое программирование в производственном менеджменте	537
3.1. Задача распределения капиталовложений	537
3.2. Задача календарного планирования трудовых ресурсов	540
3.3. Задача о замене оборудования	543
Глава 4. Детерминированные модели управления запасами в производственном менеджменте	550
4.1. Однопродуктовая статическая модель	552
4.2. Однопродуктовая статическая модель с разрывами цен	557
4.3. Однопродуктовая N -этапная динамическая модель	561
4.4. N -этапная модель календарного планирования производства	566
Литература	575
Словарь основных терминов	578

Учебник

**Ильенкова Светлана Дмитриевна,
Бандурин Александр Владимирович,
Горбовцов Геннадий Яковлевич и др.**

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

**Редактор Л.В. Речицкая
Корректор Л.И. Ганина
Оригинал-макет О.В. Бельнской
Художник А.В. Лебедев**

Лицензия № 071252 от 04.01.96
Подписано в печать 04.11.99. Формат 60х88 1/16
Усл. печ. л. 36,5. Уч.-изд. л. 23,8
Тираж 15 000 экз. (1-й завод - 5 000). Заказ № 2177

ООО “ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА”
Генеральный директор *В.Н. Закаидзе*

123298, Москва, Тепличный пер., 6
Тел. (095) 194-00-15. Тел./Факс: (095) 194-00-14
E.mail: unity@tech.ru

Отпечатано в ГУП ИПК “Ульяновский Дом печати”
432601, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ



ISBN 5-238-00101-0



9 785238 001012 >