

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
МЕНЕДЖМЕНТ**

УЧЕБНИК



ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ
серия основана в 1996 г.



Санкт-Петербургский государственный университет
(факультет менеджмента)
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Санкт-Петербургский институт информатики РАН

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ УЧЕБНИК

Под редакцией проф. В. А. Козловского

Допущено Учебно-методическим объединением по образованию
в области производственного менеджмента
в качестве учебника для студентов,
обучающихся по направлению 521500 Менеджмент

Москва
ИНФРА-М
2003

PRESSI (HERSON)

УДК 65.01(075.8)
ББК 65.290-2я73
П80

Производственный менеджмент: Учебник / Под ред. В. А. Козловского
П80 - М.:ИНФРА-М,2003.-574с.-(Серия «Высшее образование»).

ISBN 5-16-001001-7

Учебник адресован тем, кто готовится к карьере менеджера, принимающего непосредственное участие в процессе производства продукции или предоставления услуг в широком межотраслевом разрезе. В учебнике отражен современный уровень знаний в области производственного менеджмента и организации производства. Рассматриваются проблемы прогнозирования, теории принятия решений, выбора размещения завода или офиса, проектирования изделий и услуг, распределения ресурсов, планирования, гарантий качества, стратегий обслуживания производства. Для подготовленного читателя включены специальные разделы, материал которых выходит за рамки вузовской программы. Приводятся многочисленные примеры, иллюстрирующие применение методов управления производством и сервисными организациями.

Для студентов и аспирантов вузов, слушателей системы послевузовского образования, руководителей и специалистов.

ББК 65.290-2я73

ISBN 5-16-001001-7

© Коллектив авторов, 2003

Учебник подготовлен авторским коллективом в следующем составе:

Козловский В. А., д-р экон. наук, профессор - архитектура учебника, предисловие, глава 15; глава 1 (совместно с В. В. Кобзевым и В. М. Макаровым), главы 5,7—8 (совместно с В. В. Кобзевым), главы 16-17,20-23 (совместно с В. М. Макаровым)

Казанцев А. К., д-р экон. наук, профессор - главы 2-4 (кроме подразделов с 4.3.2 по 4.3.5)

Кобзев В. В., д-р экон. наук, профессор - главы 6,10,13-14; глава 1 (совместно с В. А. Козловским и В. М. Макаровым), главы 5,7-8 (совместно с В. А. Козловским)

Кузин Б. И., д-р экон. наук, профессор — разделы 18.9 и 18.10, глава 11 (совместно с В. М. Макаровым)

Макаров В. М., канд. экон. наук, профессор - главы 9,12,18 (кроме разделов 18.9 и 18.10), 19; подразделы с 4.3.2 по 4.3.5; глава 1 (совместно с В. В. Кобзевым и В. А. Козловским), глава 11 (совместно с Б. И. Кузиным), главы 16-17,20-23 (совместно с В. А. Козловским)

Смирнов А. В., д-р техн. наук — Приложение

В обработке материала приняла участие *Н. С. Колесниченко-Янушева*

Рецензенты:

Кафедра «Системы технологий и товароведения» Санкт-Петербургского государственного университета экономики и финансов

Кафедра «Организация и управление» Санкт-Петербургского государственного горного университета

ПРЕДИСЛОВИЕ

С переходом к рыночной экономике требования к организации и планированию производства изменились. Главной целью становится удовлетворение покупательского спроса в полном объеме и в установленные сроки. Процесс, который отвечает этим требованиям и приносит необходимую и достаточную для ведения дела прибыль, стали называть бизнес-процессом. В то же время страны с рыночной экономикой за последние полтора десятилетия накопили огромные знания в области управления производством, которые приобрели интернациональный характер. Интенсивность накопления знаний особенно возросла с развитием информационной науки и технических средств использования ее результатов, что нашло отражение в такой научной дисциплине, как производственный менеджмент.

Производственный менеджмент, или производственный (операционный) менеджмент, — это наука, изучающая управление процессом производства продукции или предоставления услуг в широком межотраслевом разрезе. В рамках этой науки выделены общие признаки управления производством и оказанием услуг, характерные не для какой-либо отдельной отрасли, а для всей сферы производства. Такие виды производственной и управленческой деятельности, как принятие решений, прогнозирование, выбор размещения завода или офиса, проектирование изделий и услуг, распределение ресурсов, планирование, гарантии качества и др., являются основными в любой бизнес-организации.

В учебнике отражены особенности производственного менеджмента, международный опыт в этой области знаний, включая и отечественный опыт, который не утратил своего значения в новых экономических условиях. Особое место занимает приложение, в котором представлены пути дальнейшего развития информационной науки, имеющей межотраслевое значение наряду с математикой, физикой, химией и другими науками.

Авторский коллектив будет благодарен всем читателям, высказавшим замечания и пожелания с целью дальнейшего совершенствования материала учебника.

1. ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ

1.1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Дисциплина «Производственный менеджмент» предусмотрена учебными планами подготовки специалистов практически по всем техническим и экономическим направлениям высшего профессионального образования как в России, так и за рубежом. Данная дисциплина в университетах всего мира рассматривается как обязательный элемент общепрофессиональной подготовки инженера, экономиста или менеджера любого профиля. В настоящее время нет такой сферы бизнеса, области профессиональной деятельности, где бы не требовались знания и умения, составляющие содержание дисциплины «Производственный менеджмент».

Объектом изучения дисциплины «Производственный менеджмент» является предприятие (организация). Размер предприятия, его организационно-правовая форма и отраслевая принадлежность имеют важное значение. Поэтому при изучении данной дисциплины выделяется то общее, что характерно для всех без исключения предприятий, и то частное, что определяет специфику определенных предприятий. Учебник предназначен для студентов инженерных и экономических специальностей. Поэтому он в значительной степени ориентирован на предприятия промышленности (в частности, машиностроения) как наиболее сложные для изучения объекты, требующие универсальных знаний, которые можно применить практически на любом предприятии любой сферы бизнеса, включая предприятия сервиса.

Предметом изучения производственного менеджмента являются принципы и методы управления производственной (операционной) деятельностью предприятия. Для предприятий отраслей сферы материального производства принято их основную деятельность определять как производственную, для предприятий отраслей сферы услуг — как операционную. Соответствующие разделы менеджмента в мировой теории и практике принято называть производственным и операционным менеджментом. В последние годы в связи с развитием логистического менеджмента и *интегрированного управления цепью поставок (integrated supply chain management, ISCM)*. Под операционной деятельностью предприятия, независимо от

сферы его деятельности (производство или сервис), стали понимать глубоко интегрированные процессы снабжения, производства (товара или услуги) и сбыта. Вместе с тем по-прежнему сохраняется традиционное название учебной дисциплины «Производственный менеджмент».

Целью дисциплины «Производственный менеджмент» является овладение студентами теоретическими знаниями и практическими навыками в области принятия управленческих решений, связанных с производственной (операционной) деятельностью предприятий.

Задачами дисциплины являются:

- изучение теоретических основ управления производственной (операционной) деятельностью предприятий производственной сферы и сферы услуг;
- освоение методами принятия стратегических, тактических и оперативных решений в сфере управления производственной (операционной) деятельностью предприятий;
- овладение методами анализа и синтеза в сфере управления производственной (операционной) деятельностью предприятий;
- получение навыков использования широкого спектра методов и средств принятия решений в области производственного (операционного) менеджмента, в том числе на базе современных информационных технологий.

Изучение дисциплины базируется на положениях экономической статистики, экономико-математического моделирования, микроэкономики, отраслевой экономики, экономики предприятия, технологии отраслевого производства, основ менеджмента, организации предпринимательской деятельности. Знания, полученные в результате изучения дисциплины, являются основой менеджмента цепи поставок, бизнес-логистики, реинжиниринга бизнес-процессов, бизнес-администрирования и международного бизнеса.

1.2. ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Традиционный взгляд на управление производством начал формироваться в XVIII в., когда Адам Смит рассмотрел экономические преимущества специализации труда (1776). Специализация означала разделение производственного процесса на ряд мелких операций, каждая из которых выполнялась отдельными рабочими, что повышало мастерство рабочих и эффективность их труда. В 1798 г. Эли Уитни разработал принцип взаимозаменяемости деталей на сборке и довел его до промышленного применения в производстве огнестрельного оружия. Вскоре этот принцип был использован в производстве и других видов продукции, что дало мощный толчок развитию промышленности.

В 1878 г. Фредерик Уинслоу Тейлор подверг пересмотру существовавшую тогда практику в области управления производством. В своих работах Тейлор пользовался аналитическим методом и придавал особое значение нормированию повторяющихся операций и повышению эффективности труда. При этом он в полной мере использовал идею взаимозаменяемости деталей, предложенную Уитни, которая также основывалась на повторяемости операций. Тейлор изучал методы работы до мельчайших деталей, чтобы найти лучший способ выполнения каждой операции. Тейлор также полагал, что управление должно отвечать за планирование, отбор и обучение рабочих, определение эффективного способа выполнения каждого вида работ, достижение сотрудничества между руководством и рабочими и разграничение деятельности по управлению производством и чисто производственной деятельностью. В 1911 г. вышла его классическая книга «Принципы научного управления».

Генри Л. Гантт был сотрудником Тейлора. Он разработал еще один подход к управлению производством. Рассматривая технологический процесс как комбинацию отдельных операций, он разработал методы планирования последовательности операций, которые применяются и поныне (загрузочный и планировочный/временной графики Гантта). Гантт выдвинул собственные теории организации производства и поощрительных систем оплаты труда. Среди последователей Тейлора появились специалисты по анализу технологических операций и трудовых процессов. К ним обычно относят совместно работавших Фрэнка и Лилиан Гилберт, которые сумели расчленили технологические операции таким образом, что выделенные компоненты операций не зависели от содержания работы. Это позволило «проектировать» любую работу из стандартных компонентов, которые называли «треблигами», что соответствует слову Гилберт, прочитанному наоборот. Лилиан Гилберт подчеркивала значение психологического фактора в трудовом процессе. Многие ее исследования посвящены проблеме утомляемости рабочего.

В 1910-е гг. получил распространение термин «производственный менеджмент», который отражал совокупность научных подходов к управлению производством, сводившихся к управлению детерминированными производственными процессами. В 1913г. Генри Форд и позднее Чарльз Соренсон объединили идеи взаимозаменяемости деталей и сборочной линии по упаковке мясных продуктов и сортировке почты и дополнили их концепцией координируемой (синхронизируемой) сборочной линии. Во время Второй мировой войны Соренсон сконструировал сборочную линию, на которой каждый час собирался один бомбардировщик В-24 «Либереитор».

В 1924 г. Уолтер Шухарт использовал методы статистики в целях контроля качества и заложил основы статистического отбора выборок образцов и контроля качества процессов. Проблема взаимозаменяемости деталей, выдвинутая Уитни, нашла окончательное разрешение. Требования к технологии изготовления, обусловленные установленными допусками и спецификациями, можно было проанализировать с точки зрения затрат и результатов. Труды Шухарта выявили необходимость представления производства как системы. С течением времени стало очевидным, что такие факторы, как конструкция изделия, материалы, оборудование, квалификация рабочих, отношение к работе со стороны служащих, текучесть рабочей силы и условия труда взаимодействуют с требованиями потребителей в отношении качества продукции и цен на нее, а также с финансовыми вопросами. Одним из тех, кто обратил на это внимание, был У. Эдварде Деминг (1950). Он считал, что менеджмент должен способствовать улучшению условий труда и рабочих процессов и повышению качества изготавливаемых изделий.

К середине XX в. произошли изменения в области изучения Вселенной. Она уже не представлялась абсолютным воплощением законов классической механики; физики отказались от чисто детерминистской трактовки основных научных законов. Эта система взглядов повлияла и на развитие производственного менеджмента. Теперь уже как на уровне отдельной технологической операции, так и на уровне производственного процесса аналитические методы обо-

гатились новыми представлениями. Получили признание теория вероятностей и математическая статистика. Сформировалось представление о наличии риска и неопределенности и понимание того, что они играют важную роль в планировании. К решению производственных проблем стали широко привлекаться ученые. Они привнесли в менеджмент математическое моделирование, анализ систем, теорию принятия решений, линейное программирование, теорию массового обслуживания, теорию информации и теорию регулирования.

Большинство из названных дисциплин получило развитие и применение благодаря появлению и совершенствованию электронных вычислительных машин, способных оперировать с большими объемами информации, необходимой для решения производственных и экономических задач. В современных бизнес-организациях информационный менеджмент предполагает использование компьютеров для обработки данных с целью получения необходимой для управления информации. Информационная наука является дисциплиной, в развитие которой внесли вклад многие ученые. Чарльз Баббидж был первым, кто сконструировал прототип компьютера (1832), а Ада Ловелейс, дочь поэта Байрона, впервые разработала схему его программирования. Столетие спустя зимой 1937—1938 гг. Джон Атанасов, сотрудник факультета университета штата Айова, описал и построил первый цифровой компьютер (ASC-компьютер). Эти и другие последующие достижения в области компьютеризации обеспечили производственный менеджмент возможностями решения проблем, которые ранее не могли рассматриваться.

С компьютеризацией связано развитие прогнозирования, управления запасами, планирования материальных ресурсов, компьютерного проектирования (*CAD*), экспертных систем. Разработка протокола (стандарта) производственной автоматизации (*MAP*) дала возможность упорядочить использование средств компьютеризации для управления производством и обеспечить развитие производственных систем вплоть до создания компьютерных интегрированных перерабатывающих систем (*CIM*).

В 1960-е гг. в науке управления появился термин «операционный менеджмент». Многие ученые связывают его появление с расширением сектора услуг в экономике. Ряд последователей обуславливают появление этого термина с переходом к преимущественному использованию метода синтеза в управлении производством по сравнению с методом анализа. Понятие «синтез» относится к системе в целом. Использование метода синтеза в управлении предприятиями позволяет достигать высочайшего уровня в разработке стратегии предприятий и политики управления ими (У. Скиннер). В последние годы получил распространение менеджмент цепи поставок (*SCM*). Эта область знаний, активно развивающаяся на основе логистических принципов, позволяет уплотнять движение материальных потоков и уменьшать затраты в различных звеньях производства. Основные вехи развития производственного менеджмента представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные вехи развития производственного менеджмента

<i>Годы</i>	<i>События</i>	<i>Авторы</i>
1776	Разработка учения о разделении труда	А Смит
1798	Реализация принципа взаимозаменяемости деталей	Э. Уитни
1878	Появление научного управления	Ф. У. Тейлор
1916	Разработка графика Гантта	Г. Л. Гантт
1922	Изучение трудовых движений Возникновение производственной психологии	Ф. Гилберт и Л. Гилберт
1913 и 1942	Создание синхронизированных сборочных линий	Г. Форд / У. Соренсон
1924 и 1950	Внедрение систем контроля качества	У. Шухарт / У. Э. Деминг
1938	Создание компьютера	Дж. Атанасов
1957	Разработка метод критического пути (<i>CPM</i>)	Многие авторы
1960	Разработка систем планирования потребности в материалах (<i>MRP</i>)	Многие авторы
1975	Развитие стратегического менеджмента	У. Скиннер
1980	Разработка компьютерного проектирования (<i>CAO</i>)	Многие авторы
1981	Создание гибких производственных систем (<i>FMS</i>)	Многие авторы
1985	Разработка протокола (стандарта) производственной автоматизации (<i>MAP</i>)	Многие авторы
1987	Создание интегрированных компьютерных производств	Многие авторы
1995	Развитие менеджмента цепи поставок (<i>SCM</i>)	Многие авторы

В СССР развитие производственного менеджмента имело специфику, связанную с влиянием тейлоризма. Тейлоризм в советской экономической науке трактовался как система, имеющая двойственный характер, сочетавшая «утонченное зверство буржуазной эксплуатации и ряд богатейших научных завоеваний в деле анализа механических движений при труде, изгнания лишних и неловких движений, выработки правильнейших приемов работы, введения научных систем учета и контроля и т. д.»¹. В условиях заидеологизированности государственного управления в СССР и господствующего в идеологии постулата о ведущей роли рабочего класса в стране представления о том, что является прогрессивным в системе Тейлора, а что не является таковым, было весьма затруднительным. Поэтому в СССР использование многих прогрессивных методов, разработанных мировой наукой управления производством, носило половинчатый характер, что снижало производительность труда и эффективность производства.

Постепенно это отставание от капиталистических стран накапливалось, и к середине 1980-х гг. производительность труда в СССР была значительно ниже, чем в США, хотя это и не признавалось официально. Централизованно управляемая экономика, не способная обеспечить баланс затрат и результатов, лишь усиливала это отставание. В результате постепенно механизм управления производством в СССР приобрел ярко выраженный затратный характер. В по-

¹ Ленин В. И. Соч., 4-е изд Т. 27. С. 229.

исках выхода из создавшегося положения стало очевидным, что в центре проблемы стоит само производство, т. е. производственный процесс и человек, его обслуживающий, который так и не овладел мировыми достижениями в организации производства. Получает развитие нормирование труда, внедряются компьютеры в управление производством.

В СССР, начиная с 1960-х гг., большое внимание уделялось развитию *автоматизированных систем управления производством* (АСУП), которые рассматривались как панацея от недостатков организации производства на предприятиях. Однако несмотря на прилагаемые усилия, управление производственными процессами продолжало развиваться по «своим правилам», сохраняя все присущие ему недостатки. Задания, поступающие на рабочие места из *информационно-вычислительного центра* (ИВЦ), как правило, в силу тех или иных причин не выполнялись или выполнялись не в полном объеме. В результате расхождения между планируемыми производственными процессами и фактическими процессами со временем только увеличивались, что делало АСУП неэффективным инструментом управления. Кроме того, процесс внедрения и усовершенствования АСУП был прерван распадом СССР, что предопределило отставание России в использовании вычислительной техники в управлении производством. В последние годы процесс компьютеризации управления производством в странах с рыночной экономикой получил дальнейшее развитие. Пожалуй, наиболее важным его результатом стало использование систем *ERP* практически повсеместно на предприятиях Запада. Эти системы можно рассматривать как развитие идеи АСУП, но на более высоком уровне.

1.3. СУЩНОСТЬ И ФУНКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Категория «*организация*» многозначна. В широком смысле это свойство систем, в узком — действие, направленное на создание чего-либо (например, организация собственного «дела»). В то же время организацией можно назвать группу людей, объединившихся ради достижения общих целей. Это могут быть общественно-политические и спортивные организации, организации любителей русской словесности и т. д. Если же целью, объединившей людей, является бизнес, то их совместное «дело» можно назвать *бизнес-организацией*. Такого рода организации могут быть предприятия, фирмы, корпорации, товарищества, акционерные общества и т. п. независимо от их формы собственности. Неправильно считать, что бизнес-организации ставят перед собой одну-единственную цель — «зарабатывать деньги». Эта цель действительно актуальна, особенно в краткосрочном плане. В долгосрочном плане на первое место выходит сохранение и развитие бизнеса, что позволит получать прибыль и в будущем. Вообще в бизнесе существует множество целей, и все они взаимосвязаны и взаимозависимы. Например:

- увеличение доходов и прибыли организации для того, чтобы обеспечить

достаточные выплаты собственникам (акционерам) и иметь возможность развивать производство;

- сокращение всех видов затрат на производство продукции и/или услуг;
- рациональное использование ограниченных, наиболее ценных ресурсов (в том числе природных);
- повышение конкурентоспособности для поддержания доли рынка на прежнем уровне или ее увеличения;
- фокусирование внимания на нуждах потребителя, полное и регулярное выполнение всех заказов, максимальная оперативность и доступность поставок, чтобы получить известность на мировом рынке в качестве лучшего поставщика;
- лидерство в освоении новой техники и технологии как база для дальнейшего развития производства;
- достижение известности в своей области деятельности, чтобы иметь возможность привлекать в штат лучших специалистов;
- поддержание дружественной обстановки в коллективе, обеспечение раскрытия всех способностей каждого работника.

Ядром любой бизнес-организации, обеспечивающим достижение стоящих перед ней целей, является *оперирующая (операционная) система*. Оперирющие системы имеют дело с целенаправленным преобразованием в готовые изделия и оказываемые услуги поступающих на вход системы физических ресурсов, таких, как сырье, материалы, комплектующие изделия (предметов труда), с использованием зданий, сооружений, оборудования, транспортных средств и т. д. (средств производства) и труда людей, имеющих определенные знания, умения и опыт (рис. 1.1). Поэтому оперирующую систему можно также определить как форму соединения ресурсов организации для выпуска продукции и оказания услуг, удовлетворяющих потребительский спрос на рынке. Реализация на рынке продукции и услуг должна способствовать достижению целей создания бизнес-организации, выполнению ее миссии, а оперирующая система должна рассматриваться при этом как средство достижения этих целей.

В организации могут одновременно функционировать несколько оперирующих систем, причем существенно отличающихся друг от друга. Так, авиакомпания кроме процесса перевозки пассажиров и грузов должна осуществлять и соответственно организовывать оперирующие системы технического обслуживания летательных аппаратов, маркетинга и реализации билетов, питания пассажиров в полете, обеспечения их безопасности и др. Очевидно, что состав оперирующих систем организации тесно связан с перечнем выполняемых ею функций, а значит, и целей, которые она перед собой поставила, или со *стратегической миссией* организации. В примере с авиакомпанией миссией может быть «Скорость, безопасность, комфорт для всех вас».

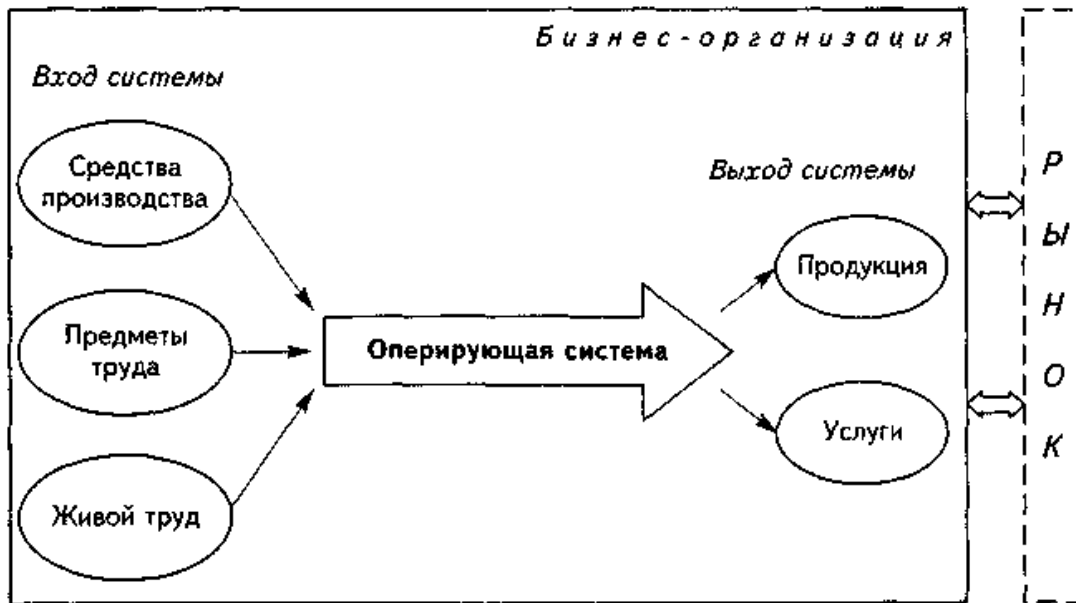


Рис. 1.1. Общая схема оперирующей системы бизнес-организации

С понятиями «бизнес-организация» и «оперирующая система» тесно связана еще одна важная категория - «операционный менеджмент». *Операционный менеджмент* в широком смысле — это способ создания и обеспечения функционирования оперирующих систем. Оперирющие системы весьма разнообразны. Основным признаком их классификации является различие результатов функционирования. Так, они подразделяются на *производственные*, результатом функционирования которых являются готовые изделия или продукция, и *сервисные*, результатом для которых является оказание услуг, т. е. удовлетворение каких-то потребностей без предоставления покупателю материального товара. Новый автомобиль является примером продукции, а ремонт разбитого автомобиля — услуги.

Разделение оперирующих систем на две группы приводит к соответствующей классификации менеджмента. Так, *производственный менеджмент* имеет дело с производственными системами; сервисными системами занимается соответственно менеджмент в сфере банковской деятельности, туризма, шоу-бизнеса, транспорта, оказания платных медицинских или образовательных услуг и т. п. Принято объединять все направления менеджмента в сервисе понятием «*операционный менеджмент*». В учебнике рассматриваются как производственный, так и операционный менеджмент, но большее внимание уделяется производственному менеджменту, который призван обеспечить наиболее рациональные формы создания и функционирования производственных систем, организации и осуществления производственного процесса.

В соответствии с представленным разделением задач производственного (операционного) менеджмента его функции также можно разбить на две группы: функции создания оперирующих систем и функции обеспечения их функционирования. Различие состоит в том, что решения, направленные на создание систем, всегда дают отдаленные во времени результаты, в то время как резуль-

таты решений по обеспечению функционирования систем проявляются достаточно быстро. Это позволяет говорить о разделении функций производственного менеджмента соответственно на стратегические и тактические. И те и другие в конечном счете поддерживают выполнение бизнес-организацией своей миссии.

Стратегические функции производственного менеджмента, или его стратегии включают:

1) *стратегию товара*, определяющую выбор новых товаров и модернизацию уже производящихся. Эта стратегия неразрывно связана с анализом жизненного цикла товаров, с проведением маркетинговых исследований²;

2) *стратегию процесса*, определяющую выбор способов производства отобранных товаров, обоснование производственной мощности и ее резервирования. Под способом производства здесь понимается совокупность средств производства, технологий изготовления и методов организации и управления производством. В первую очередь эти составляющие находятся под влиянием масштаба производства нового товара, повторяемости и устойчивости его выпуска, которые также определяются в ходе маркетинговых исследований;

3) *стратегию размещения* новых производств в региональном аспекте с учетом выполнения требований гибкости и надежности снабженческой и распределительной сети также оказывающее огромное влияние на эффективность бизнеса;

4) *стратегию организации производства*, определяющую организационную структуру нового или реконструируемого предприятия, выбор форм и методов организации работ внутри предприятия, построение рабочих центров и обеспечение их ресурсами;

5) *стратегию обслуживания производства*, определяющую формы организации и методы технического, транспортного и складского обслуживания предприятия;

6) *стратегию качества*, приобретающую в последнее время все большее значение ввиду тех кардинальных изменений, которые происходят в бизнесе.

Тактические функции производственного менеджмента, или его тактики включают:

1) *тактику управления запасами*, рассматривающую запасы как необходимый атрибут любой производственной системы, а управление ими — как элемент управления материальными потоками в производстве;

2) *тактику «точно в срок»*, показывающую пути минимизации запасов и возможности работать вообще без них;

3) *тактику расчета потребности в компонентах изделий*, определяющую систему планирования на предприятии в условиях зависимого спроса;

4) *тактику агрегатного планирования*, дающую решения по эффективному планированию темпов производства в среднесрочном периоде с учетом меняющегося рыночного спроса;

5) *тактику составления производственных расписаний* на уровне испол-

² Котлер Ф. Маркетинг менеджмент, 2-е изд. СПб.: Питер, 1999.

нителей с учетом возникающих очередей и степени загруженности рабочих центров.

Выше перечислены основные стратегические и тактические функции менеджмента, содержание и методы выполнения которых подробно рассмотрены в соответствующих разделах настоящего учебника. В ряде конкретных случаев их состав может быть несколько видоизменен и расширен.

1.4. КОНФЛИКТ ЦЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Предназначение производственного менеджмента — способствовать созданию продуктов (товаров или услуг), которые организация может с выгодой реализовать на рынке. Поэтому первая, очевидная цель менеджмента — *удовлетворение потребительского спроса*.

Оперирующая система должна иметь на выходе некий специфический товар, удовлетворяющий потребителя. Однако это не единственное требование. Потребитель должен быть удовлетворен также ценой товара и временем его предоставления. Эти три аспекта: специфицированные товары, отвечающие требованиям к качеству, их цены и время их предоставления являются основными источниками удовлетворения потребительского спроса и одновременно — определения конкурентного статуса производящей их бизнес-организации. Поэтому их рассмотрение нельзя отрывать от анализа проблем производственного менеджмента.

Обычно организация не ставит перед собой задачу добиться максимального результата по всем трем направлениям. Усилия сосредоточиваются на каком-либо одном из них. И это отличает данную бизнес-организацию от других, работающих в том же сегменте рынка. С другой стороны, это определяет и специфику менеджмента в данной организации. Рассмотрим три случая.

1. Организация удовлетворяет спрос на обычный (функциональный) товар. Функциональные продукты служат удовлетворению насущных потребностей и покупаются часто, в большинстве случаев без оглядки на место приобретения. На них существует достаточно предсказуемый спрос, а их жизненный цикл длится относительно долго. Конкурентам легко их повторить, а следовательно, их трудно сделать высокорентабельными. Ясно, что менеджмент здесь ориентирован на сокращение производственных издержек и цены на товар. Только так можно удержаться на этом рынке.

2. Организация создает инновативный товар. Инновативные продукты представляют собой последнее слово техники или моды, спрос на них трудно предсказать, а их жизненный цикл короток. Добиться конкурентного преимущества в этой сфере можно лишь, когда менеджмент нацелен на максимально быстрое создание, освоение производства и выпуск на рынок такого товара. В качестве компенсации за риск и краткость существования инновативного товара его производитель получает относительную свободу от конкуренции и в итоге — возможность добиться высокой рентабельности без особого контроля за-

трат и разнообразия моделей товара.

3. Исследования зарубежных специалистов показывают, что в начале XXI в. конкурентное преимущество будут иметь те организации, которые смогут создавать товары, соответствующие определенной потребности каждого уникального покупателя, а не абстрактным требованиям обобщенного рынка. Способность производителей совмещать индивидуальные покупательские предпочтения с производством соответствующих товаров и адекватной системой менеджмента будет решающим фактором. Таким образом, их задачей должно быть привлечение и удержание каждого покупателя, при УСЛОВИИ сохранения необходимого соотношения цена/качество.

Другая, менее очевидная, но оттого не менее важная цель менеджмента — *эффективная переработка ресурсов*, поступающих на вход оперирующей системы. Многие организации потерпели на рынке крах, несмотря на наличие вполне удовлетворенных покупателей, только из-за того, что не сумели наладить рациональное использование имеющихся в их распоряжении ресурсов. Существуют разные подходы и методы применительно к оптимизации использования материалов, оборудования и труда на предприятиях, однако во всех случаях добиться сбалансированного и экономного использования ресурсов — это задача производственного менеджмента. Ее решение можно считать простым делом. Обычно предприятия вынуждены оптимизировать использование какого-либо одного ресурса, идя на определенные уступки по двум другим.

Таким образом, налицо цели менеджмента двух типов: *максимизация выхода* оперирующей системы и *минимизация входа*. Причем первая цель в большей степени лежит на поверхности, а вторая в основном касается производственного менеджмента; первая определяет необходимое условие существования бизнес-организации, вторая — достаточное условие. Двойственность целей порождает конфликт между ними, и часто улучшение достижения одной из них приводит к ухудшению достижения другой. Все решения производственного менеджмента должны приниматься исходя из наличия двух конфликтующих целей и необходимости достижения баланса между ними. Задача усложняется еще и тем, что внутри каждой из целей существует своя конфликтная ситуация противоборства между путями ее достижения. Используя общепринятые понятия, можно говорить об эффективности менеджмента, или эффективности управления организацией, как об отношении количественно измеренного выхода системы к количественно измеренному ее входу.

Может показаться, что цена как параметр выхода системы уже учитывает оптимальность использования ресурсов, имеющихся на входе, т. е. конфликта на самом деле нет, и эффективный выход уже говорит об эффективной работе организации. Но это ошибочное представление. Дело в том, что цена на товар на монополизированном рынке устанавливается практически независимо от издержек на его производство, отражающих эффективность использования ресурсов. Фирма может иметь весьма конкурентоспособный товар, в том числе и по параметру «цена», но быть при этом нежизнеспособной ввиду убыточности производства данного товара (высокого уровня издержек производства по сравнению с ценой) из-за низкого уровня производственного менеджмента. Ба-

баланс между этими двумя основными целями достигается с учетом сильных и слабых сторон организации, конкуренции, имеющей место в данном сегменте рынка и пр. Другими словами, в различных ситуациях достигаемый баланс различен. Это говорит и о том, что работа менеджеров в разных организациях может существенно различаться не только по используемым методам, но и по принимаемым принципиальным решениям. Пример различия подходов к решению задач менеджмента в двух организациях, предоставляющих услуги, приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Различные подходы к решению задач менеджмента

Организация	Использование ресурсов			Обслуживание потребителей		
	материалов	оборудования	живого труда	специализированные услуги	по низкой цене	в сжатые сроки
Магазин элитных товаров				+		+
Транспортная фирма	+	+	+		+	

Понятие «менеджмент» трактуется как руководство, управление. В следующем разделе представлен классический подход к процессу управления, без рассмотрения которого невозможно постичь методы решения задач производственного (операционного) менеджмента.

1.5. МЕНЕДЖМЕНТ КАК СИСТЕМНЫЙ ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Управление пронизывает все сферы жизни. Управление имеет место: 1) в технических системах (управление машинами, оборудованием); 2) в биологических системах (управление стаями птиц, стадами зверей); 3) в социально-экономических системах (управление коллективами людей). Причем только в третьей сфере возможно использование термина «руководство» вместо «управление». Более того, такая терминология точнее отражает суть разных процессов.

Процесс управления. Анализ процессов управления в трех сферах показывает, что при всех различиях между ними им присущ ряд общих закономерностей. Так, процесс управления всегда предполагает наличие в системе двух объектов: органа (субъекта) управления и объекта управления, а также двух каналов передачи информации: прямой или командной информации и информации обратной связи и, по сути, представляет собой процесс движения и преобразования информации в замкнутом контуре (рис. 1.2). Субъект управления преобразует по определенному закону информацию состояния в командную информацию, подчиняющую поведение объекта управления определенной цели.

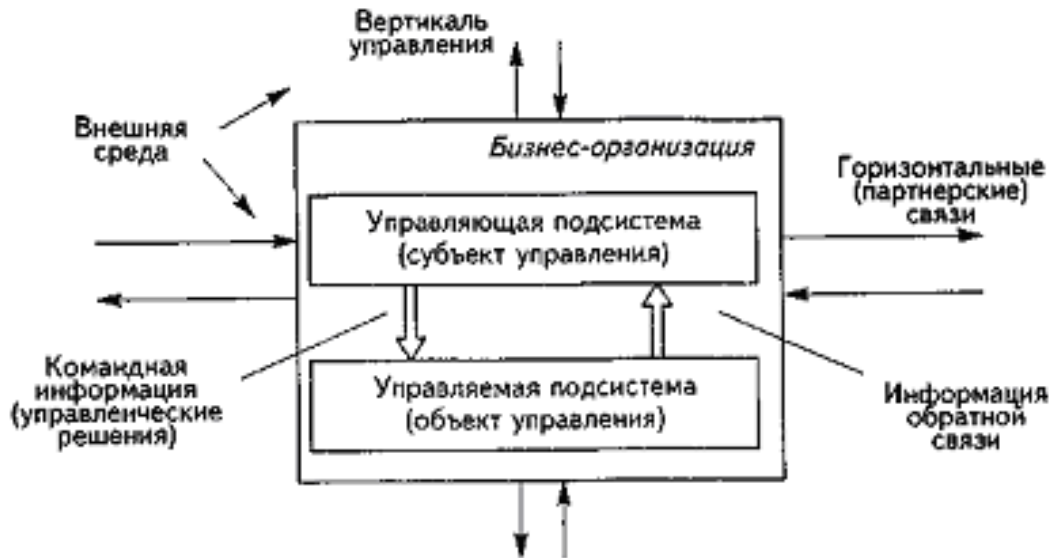


Рис. 1.2. Информационный контур управления бизнес-организацией и система ее внешних связей

На рис. 1.2 этот процесс показан на примере бизнес-организации. Отметим, что любая бизнес-организация относится к классу больших социально-экономических систем: *социальных* — потому что организация создается людьми для достижения своих целей, *экономических* — потому что эти цели имеют экономический характер, *больших* — потому что организация характеризуется большим числом входящих в ее состав элементов, многообразием связей между ними, невозможностью оценки ее деятельности каким-либо одним критерием, множественностью способов ее внутренней структуризации.

Из рисунка видно, что процесс управления зависит от действия факторов внутренней и внешней среды организации. *Внешняя среда бизнес-организации* включает:

- потребителей ее товаров (заказчиков, покупателей);
- поставщиков всех необходимых для работы ресурсов;
- конкурентов, мешающих ей работать «в свое удовольствие»;
- дочерние организации;
- органы государственной и муниципальной власти, издающие законы, распоряжения, определяющие правила работы на рынке;
- достижения научно-технического прогресса;
- общественные организации и группы, в первую очередь — профессиональные союзы;
- экологическую среду;
- социо-этнические факторы в регионе месторасположения организации.

Среди внешних факторов (внешних связей), влияющих на работу бизнес-организации как элемента макроэкономической системы, можно особо выделить вертикальные связи управленческого характера со стороны государственных и муниципальных органов, формирующих определенную экономическую

политику, а также горизонтальные «партнерские» связи с поставщиками, потребителями, конкурентами. В отличие от недавнего прошлого государство оказывает сегодня существенно меньшее влияние на бизнес-организации. Оно состоит в основном в формировании налоговой политики, в организации внешнеэкономической деятельности и таможенного контроля, в обеспечении прав и здоровья работников и охраны окружающей среды.

Внутренняя среда бизнес-организации многогранна и включает материально-технические, организационные, социально-бытовые, санитарно-гигиенические, социально-психологические, информационно-коммуникативные факторы, которые должны быть учтены в процессе управления.

Наибольшую сложность и в то же время наибольший интерес для анализа представляет функция преобразования информации субъектом управления и формирования управленческих решений. *Процесс управления* — это процесс выработки и обеспечения исполнения подчиненными принятых руководителем управленческих решений. Таким образом, принятие управленческих решений — основа управления. *Решение* — один из необходимых элементов волевого действия человека, предполагает осознание целей, средств их достижения и ожидаемых результатов. Решения могут быть бытовыми, политическими, конструкторскими, технологическими, управленческими. Классификация *управленческих решений* представлена на рис. 1.3. Требования, предъявляемые к управленческим решениям:

- 1) целенаправленность;
- 2) эффективность;
- 3) обоснованность;
- 4) адресность (обращение к конкретному исполнителю);
- 5) своевременность;
- 6) правомочность (руководитель имеет право принимать подобные решения);
- 7) непротиворечивость;
- 8) осуществимость;
- 9) четкость (невозможность двусмысленной трактовки решения);
- 10) полнота (содержит всю информацию, необходимую для выполнения);
- 11) краткость изложения;
- 12) ясность и понятность;
- 13) этичность (изложение в уважительной по отношению к подчиненному форме).

Известны различные подходы к процессу подготовки и принятия решений. В рамках каждого подхода можно выделить определенную совокупность последовательно применяемых приемов и методов, этапов и процедур, имеющих прямые и обратные связи, которую называют *технологией принятия управленческих решений*.

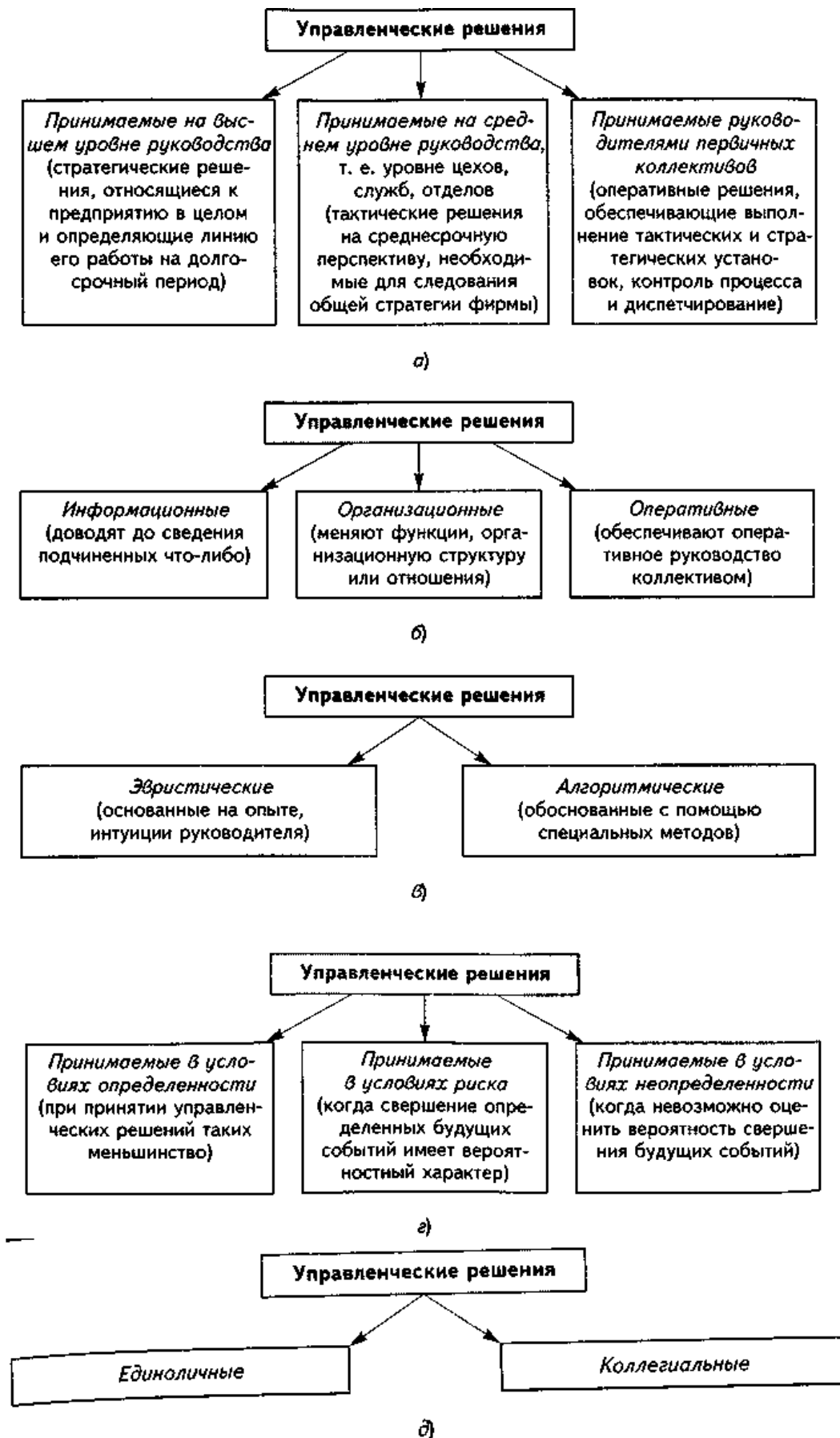


Рис. 1.3 Классификация управленческих решений:

а - по уровню принятия решений; б - по характеру решаемых задач; в - по методам принятия решений; г - в зависимости от характера исходной информации; д - в зависимости от того, как принимаются решения

Технология принятия управленческих решений. Принятие решений представляет собой сознательный выбор одного из имеющихся вариантов действий (альтернатив), сокращающих разрыв между настоящим и будущим желательным состоянием — *целью*. Таким образом, для принятия управленческих решений должны быть определены:

- мотивирующие цели;
- *стратегии* — альтернативные способы достижения поставленных целей;
- возможные состояния внешней (неопределенной) среды;
- *исходы* — ожидаемые результаты реализации стратегий при различных состояниях внешней среды.

Альтернативы должны быть оценены согласно выбранному *критерию* и сделан выбор лучшей из них. Хорошо, если выбор может быть каким-либо образом формализован. К этому необходимо стремиться, однако в любом случае окончательное решение всегда остается за руководителем, так как именно он несет личную ответственность за это решение. Концептуальная схема принятия управленческого решения показана на рис. 1.4.

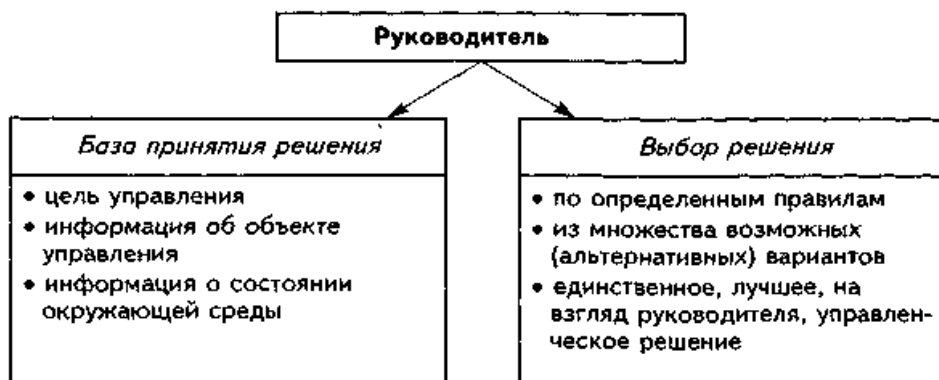


Рис. 1.4. Концептуальное представление процесса принятия управленческих решений

Решение в организации можно рассматривать как продукт управленческого труда, а его принятие — как процесс, ведущий к появлению этого продукта. Таким образом, процесс принятия управленческих решений является основной частью ежедневной работы любого руководителя. Принятие решений в организации — это:

- сознательная и целенаправленная деятельность, осуществляемая людьми — руководителями, менеджерами;
- поведение людей, основанное как на фактах, так и на их ценностных ориентациях;
- процесс, базирующийся на осознанном взаимодействии членов организации;
- процесс, представляющий собой одновременно науку и искусство.

В соответствии с последним утверждением в принятии решений можно

выделить две составляющие. *Объективная составляющая* — это такая часть работы по принятию решений, которая поддается формализации, что позволяет передать ее помощникам руководителя или автоматизировать. *Субъективная составляющая* — это неформализуемая часть работы менеджера, позволяющая ему принимать окончательные решения на основе объективной информации, но с использованием интуиции и опыта. Формализованные методы обоснования принятия управленческих решений в мировой практике носят название «*исследование операций*», где под операцией понимают любой вид деятельности человека. Методы исследования операций или экономико-математические методы делятся на четыре основные группы:

1) аналитические, где между входными и выходными параметрами решаемой задачи управления устанавливается какая-либо аналитическая зависимость;

2) статистические, где решение принимается на основе сбора, анализа и обработки большого объема ретроспективной (т. е. прошлой) информации;

3) методы математического программирования (линейного, динамического и т. д.), необходимость в которых возникает в связи с многочисленностью возможных вариантов функционирования объекта для получения одного и того же результата;

4) теоретико-игровые методы, применяемые для принятия решений в условиях неопределенности и риска, когда внешняя среда не определена или оказывает противодействие.

Некоторые из методов исследования операций представлены в последующих разделах учебника применительно к решению конкретных задач производственного менеджмента.

Отметим, что работа менеджера не ограничивается принятием управленческих решений. Менеджеру необходимо также организовать их *исполнение*. Здесь проявляется еще одна грань менеджмента — умение добиваться поставленных целей, используя труд, интеллект, мотивы поведения других людей. Учитывая сказанное, можно дать такие определения менеджмента. **Менеджмент** — это руководство коллективами исполнителей и руководство в коллективах исполнителями. **Производственный менеджмент** — целенаправленное воздействие на коллективы людей для организации и координации их совместной деятельности в процессе производства материальных благ.

При анализе содержания менеджмента и процесса управления организацией уже неоднократно встречались такие понятия, как «система» и «структура». Системный подход является мощным инструментом исследования любых объектов и процессов. Рассмотрим его основные положения.

Системный подход к управлению предприятиями (организациями). *Системный подход* основан на представлении изучаемых объектов и явлений в виде систем с присущими им свойствами. *Система* — это организованное сложное целое, или совокупность элементов, образующих единое целое. Как уже отмечалось, выделяются три класса систем — технические, биологические и социальные. Системам присущи следующие четыре основных закона или свойства:

1) *организованность* — свойство систем проявлять взаимозависимое поведение частей в рамках целого для достижения стоящих перед системой целей. Структура — непрменный атрибут всякой организованной системы. *Структура* — это качественно определенный, относительно устойчивый порядок внутренних взаимосвязей элементов системы, или совокупность элементов и связей между ними;

2) *целостность* — означает появление в системе новых системных свойств, не присущих любому отдельно взятому ее элементу. С другой стороны, это означает, что любой элемент системы может обладать свойствами, не присущими системе в целом. Или это указывает на объективную противоречивость систем: при сколь угодно высоком уровне организации системы отдельные ее элементы имеют свои характерные особенности, цели и тактику поведения;

3) *иерархия* — многоуровневость систем. Она позволяет рассматривать при необходимости любой элемент системы как систему более низкого уровня. Необходимость, в свою очередь, определяется целями исследования;

4) *гомеостаз* — свойство систем сохранять в процессе взаимодействия с внешней средой значения своих основных характеристик в допустимых пределах. Основными (существенными) называются характеристики, нарушение которых ведет к *деструкции* системы. Важно, что при различных состояниях внешней среды существенные характеристики остаются стабильными, обеспечивая равновесие системы со средой.

Для установления равновесия со средой применяются регулирование и саморегулирование систем. *Регулирование* предполагает обязательное воздействие на систему извне. Оно присуще техническим или закрытым системам. *Саморегулирование* предполагает формирование новых целей внутри самой системы, т. е. действие ее собственной системы управления. Оно присуще только социальным или открытым системам. Открытая система находится в постоянном активном взаимодействии с внешней средой. Сколь бы сложными и совершенными ни являлись системы управления техническими объектами, они запрограммированы на конечное число возможных состояний внешней среды, и при возникновении непредвиденной ситуации не могут продолжать выполнение своих функций без вмешательства человека.

Любую бизнес-организацию как большую систему можно структурировать по-разному. Один из вариантов представлен на рис. 1.2. Другой вариант ее представления в виде совокупности пяти важнейших функциональных подсистем показан на рис. 1.5. Здесь подсистемы 1, 2 и 3 определяют ресурсы предприятия, а подсистема 4 охватывает, объединяет ресурсные подсистемы. С учетом этого можно вывести еще одно определение производственного менеджмента. *Менеджмент* — это совокупность методов соединения во времени и пространстве всех ресурсов организации для достижения стоящих перед ней целей наиболее рациональным способом. В подсистеме 5 определяются цели организации, критерии достижения этих целей и обеспечиваются внешние связи.

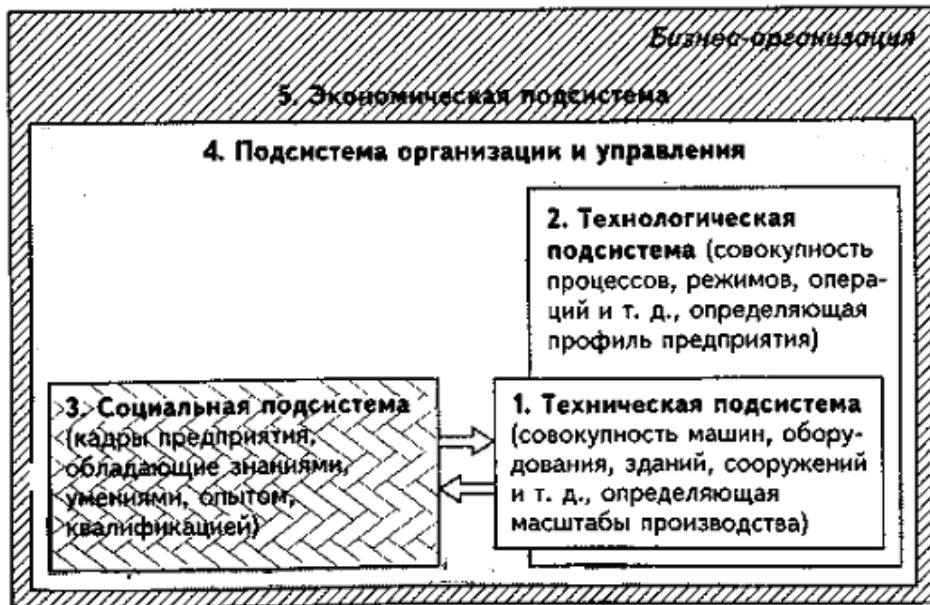


Рис. 1.5. Функциональная структура бизнес-организации

В заключение отметим, что проблема конфликта целей производственного менеджмента разрешима только при использовании всего арсенала методов и средств, присущих менеджменту.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что должен знать и уметь современный менеджер?
2. В каких сферах деятельности может работать менеджер?
3. Назовите две главные функции производственного менеджмента. Как они связаны с решениями, которые принимает менеджер?
4. Составьте примерный алгоритм принятия решения, используя собственный опыт.
5. Существует ли связь между основными вехами развития менеджмента и промышленными революциями?
6. Неспециалисты обычно не разделяют две области науки и практической деятельности людей - экономику и менеджмент, называя их просто «экономика». Используя изученный материал, попробуйте обосновать необходимость разрешения понятий «экономика» и «менеджмент».
7. Приведите примеры из повседневной жизни, иллюстрирующие такие свойства систем, как целостность, иерархия, гомеостаз.

ЧАСТЬ I СТРАТЕГИЯ ПРОДУКТА

ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ БАЗИСНЫХ СТРАТЕГИЙ ПРОДУКТА

2.1. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОДУКТА

2.1.1. ПОНЯТИЕ И ФАЗЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКТА

Главный признак большинства видов продукции состоит в том, что они имеют ограниченный период спроса. Для любого производственного предприятия чрезвычайно "важно знать период, в течение которого продукт может быть реализован на рынке, и факторы, которые оказывают влияние на его продолжительность. Любой продукт проходит в своем развитии различные стадии. Период времени между моментами возникновения и прекращения использования продукта принято называть его *жизненным циклом*. Несмотря на большое разнообразие форм и видов продуктов, определенные фазы их жизненного цикла являются общими и включают:

- создание,
- освоение,
- рост,
- зрелость,
- старение.

Для большинства продуктов характерна циклическая повторяемость этих фаз, связанная каждый раз, как правило, с освоением новой модификации нововведения. Для отдельных фаз жизненного цикла свойственны определенные организационно-экономические условия, выражающиеся в типичных формах финансирования, характере выбираемой ценовой политики, поведении на рынках, масштабе производства и сбыта продукта и пр. Поэтому для конкретной организации важно правильно идентифицировать фазу жизненного цикла каждого продукта.

От правильности и адекватности организационных решений, принимаемых на каждой фазе жизненного цикла, зависит его продолжительность и эффективность развития. Экономические результаты производства и реализации продукта зависят в значительной степени от фазы жизненного цикла, на которой он находится в конкретный момент времени. Динамика экономических параметров продукта на разных фазах его развития в общем виде представлена на рис. 2.1.

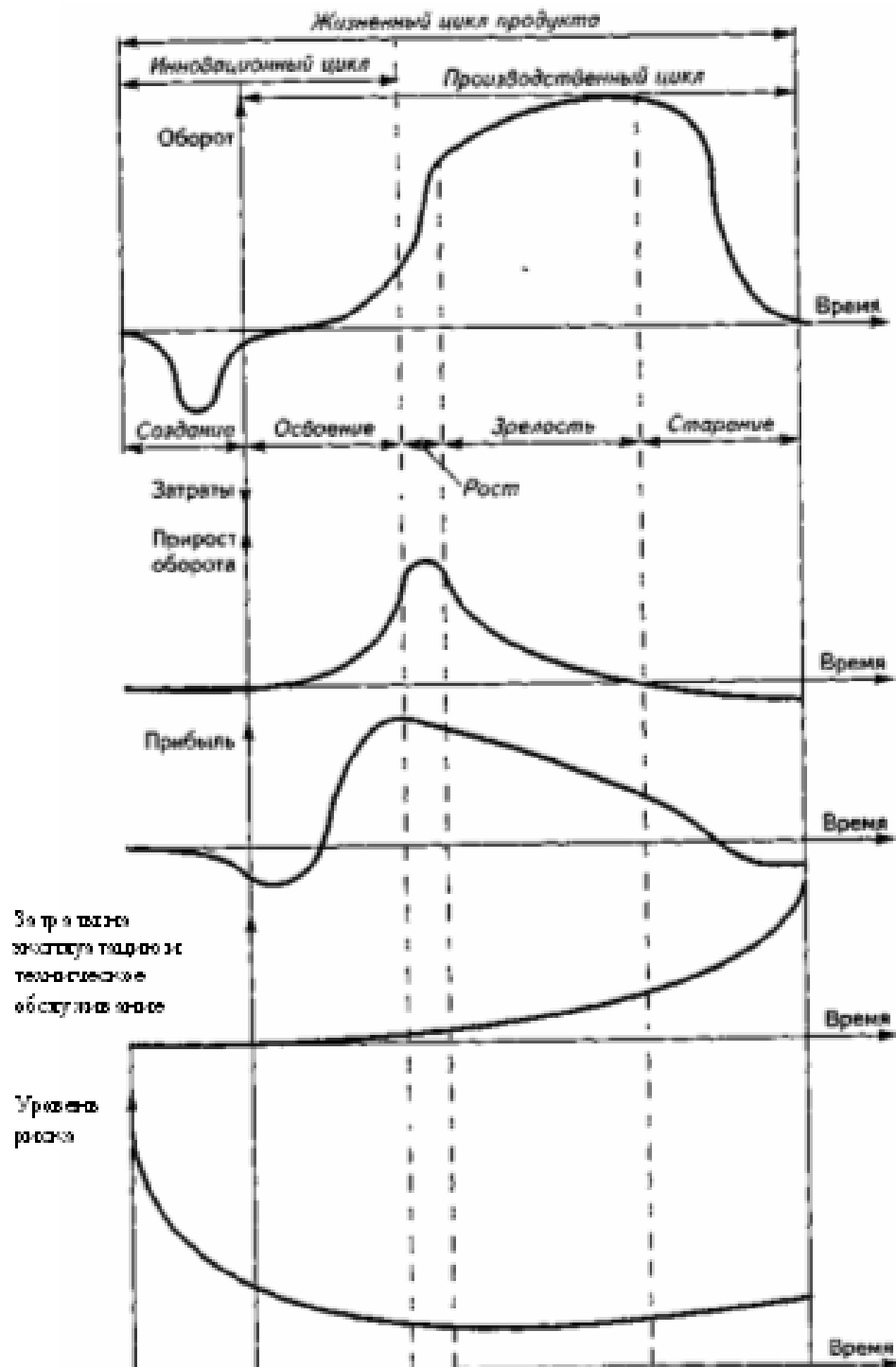


Рис. 2.1. Изменение экономических параметров продукта на разных фазах его жизненного цикла

2.1.2. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПО СТАДИЯМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Создание нового продукта чаще всего связано с возникновением определенной инновационной идеи: освоение нового рынка, расширение или появле-

ние новых способов производства, возникновение новой или расширение имеющейся потребности, появление новых функций продукта и т. п. Распределение основных задач производственного менеджмента по фазам жизненного цикла продукта схематически представлено на рис. 2.2.

Первая фаза жизненного цикла продукта — фаза создания представляет собой концептуальную стадию развития продукта, на которой инновационная идея оценивается с точки зрения возможности, целесообразности и масштабов ее реализации. Управленческие решения на этой стадии направлены прежде всего на проведение маркетинговых исследований рынка для нового продукта, поиск для него потенциальной ниши на рынке и изучение возможности коммерческого использования инновационной идеи. При маркетинговой проработке идеи продукта определяются ожидаемые масштабы сбыта, требуемые объемы и сроки производства в соответствии с возможностями и ожидаемым спросом. При положительной оценке идеи организуется проведение необходимых исследований и опытно-конструкторских разработок.

Для управления процессом на этой фазе жизненного цикла используются методы и приемы инновационного менеджмента. Основные из них приведены в табл. 2.1.

Таблица 2. 1

Методы инновационного менеджмента

Тип метода	Наименование метода
1. Методы выявления мнения	Интервью. Анкетирование Выборочные опросы. Экспертиза
2 Аналитические методы	Системный анализ. Написание сценариев. Сетевое планирование. Функционально-стоимостной анализ. Экономический анализ
3 Методы оценки	Оценка продукта. Оценка научно-технического уровня и конкурентоспособности разработок. Оценка организационно-технического уровня производства Оценка затрат. Метод деревьев значимости (ПАТТЕРН). Оценка порога прибыльности Оценка риска и шансов, Оценка эффективности инноваций
4. Методы генерирования идей	Мозговая атака. Метод 6-3-5. Метод синектики Морфологический анализ Деловые игры и ситуации
5 Методы принятия решений	Экономико-математические модели. Таблицы решений. Построение дерева решений. Сравнение альтернатив
6 Методы прогнозирования	Экспертные методы Метод экстраполяции. Метод аналогии. Метод Дельфи. Регрессионный анализ. Эконометрические методы. Имитационные модели
7 Методы наглядного представления	Графические модели Физические модели. Должностные описания и инструкции
8. Методы аргументирования	Презентации. Ведение переговоров

Финансирование деятельности осуществляется обычно за счет собственных средств предпринимателя или учредителей компании. Кредиты банков или средства сторонних инвесторов на этой стадии получить крайне затруднительно. На первой фазе жизненного цикла продукта необходимо доказать жизнеспособность инновационной идеи, определить факторы ее коммерческого успеха и подготовить необходимую техническую документацию для производства

продукта.

Фаза освоения предусматривает начало промышленного освоения инновационной идеи и появление нового продукта на рынке. Производственный менеджмент направлен в первую очередь на осуществление сложного комплекса работ по технической подготовке производства: разработку детальной рабочей документации для производства продукта, технологическую подготовку, организационное проектирование нового производства. Необходимо иметь в виду, что процесс производственного освоения нового продукта - это начальный период нового производства, в течение которого достигаются проектные значения технических, производственных и экономических параметров изделия. Соответственно различают техническое, производственное и экономическое освоение нового продукта.

Техническое освоение характеризуется достижением в производственном процессе заданных значений технических и эксплуатационных параметров качества продукта, заложенных в технической документации. Проектные технические параметры достигаются, как правило, при отработке опытных образцов и первых установочных серий продукта. *Производственное освоение* сводится к достижению заданных масштабов производства нового продукта и параметров РИТМИЧНОСТИ, выполнению установленных календарно-плановых нормативов, обеспечивающих эффективную организацию произ-

водственных процессов. *Экономическое освоение* нового продукта характеризуется достижением установленных значений экономических показателей его производства и реализации. Это относится в первую очередь к таким показателям производства, как трудоемкость, себестоимость и рентабельность.

Производственный менеджмент в период освоения производства направлен на обеспечение кратчайших сроков проведения необходимых мероприятий. Одновременно с подготовкой производства на этой фазе осуществляется подготовка избранных сегментов рынков к восприятию нового продукта. Это наиболее капиталоемкая фаза, требующая сторонних инвестиций. Реальными источниками инвестиций на этой стадии наряду с собственными средствами учредителей могут выступать кредиты банков и венчурный капитал. Возможными источниками финансирования могут быть инвестиционные компании и другие организации, заинтересованные в скорейшем освоении инновационного продукта.

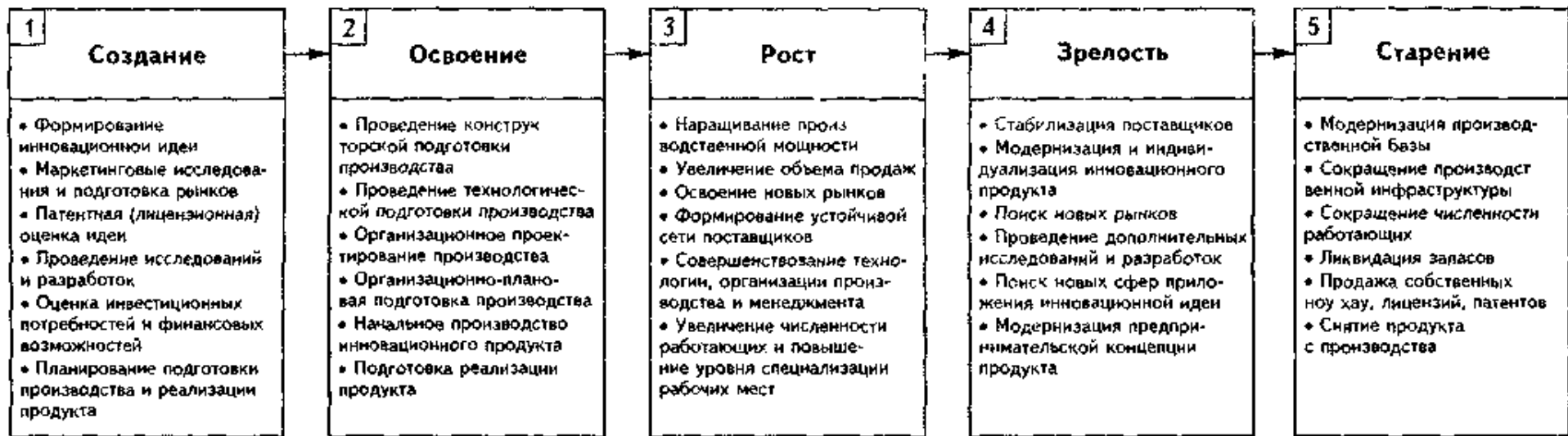


Рис 2.2. Распределение задач менеджмента по фазам жизненного цикла продукта

Для фазы роста характерно расширение масштабов инновационной деятельности, наращивание производства и объема продаж инновационного продукта, поиск и освоение новых рынков, поиск новых организационных решений и совершенствование менеджмента. Производственный менеджмент на этой фазе сосредоточен на поиске и реализации внутренних резервов повышения эффективности производства нового продукта, обеспечении гибкости планирования в соответствии с изменяющимся спросом, снижении производственных запасов и запасов готовой продукции, разработке гибкой и динамичной ценовой политики. Расширение масштабов деятельности вызывает постоянную нехватку собственных оборотных, и в том числе денежных средств, необходимых для 'создания требуемых запасов. Так как к этому времени успешно развивающееся производство нового продукта приобретает положительную репутацию в финансовых кругах, основными источниками финансирования становятся кредиты банков. Возможным источником инвестиций на этой фазе развития может стать акционирование предприятия или средства, мобилизуемые путем эмиссии его ценных бумаг.

Фазы зрелости, характеризующейся максимальным объемом производства и реализации, новый продукт достигает в условиях, когда его основные параметры начинают терять перспективы дальнейшего улучшения. Для снижения издержек и максимизации прибыли предприятие стремится к совершенствованию менеджмента и технологии производства, повышению ее эффективности. Главной задачей и заботой предприятия на этой фазе становится поиск новых инновационных идей, модернизация инновационного продукта, его модификация для специфических условий или требований новых рынков (например, тропическое исполнение, разнообразие дизайна, учет индивидуальных требований, поиск новых областей применения и т. п.). Опять увеличивается потребность в инвестициях, связанных с научными исследованиями и опытно-конструкторскими разработками, испытаниями новых инновационных продуктов. В области финансирования на этой стадии наиболее приемлемой формой выступают кредитные средства банков. Могут использоваться для финансирования целевых инновационных проектов средства федерального и региональных бюджетов или льготные кредиты специальных фондов поддержки предпринимательства.

Фаза старения не является органическим следствием зрелости продукта. Она может наступать в любой момент времени под влиянием неблагоприятных внешних или внутренних факторов и возникающей кризисной ситуации. Главным симптомом фазы старения является снижение продаж и ограниченные возможности реализации инновационного продукта на новых рынках. Кардинальным способом выхода из кризисной ситуации является модернизация продукта, поиск новых сегментов или новых рынков сбыта. При своевременной подготовке модернизированного или замещающего продукта предприятие имеет возможность сохранить покупательский спрос и соответственно продлить жизненный цикл продукта. Производственный менеджмент на этой фазе должен быть ориентирован на выбор наиболее рациональной схемы замещения устаревшего продукта новым. В зависимости от формы совмещения периодов

выпуска нового и устаревшего продукта различают три схемы перехода — последовательную, параллельную и параллельно-последовательную.

Последовательная схема предусматривает полное прекращение производства устаревшего продукта, освобождение производственных площадей и организацию нового производства. Такая прерывно-последовательная схема перехода наиболее проста с точки зрения управления, но связана со значительными экономическими потерями и рисками вследствие прерывания производственного процесса, потери части покупателей. *Параллельная схема* предусматривает организацию наряду с действующим параллельного производства нового продукта на новых производственных площадях. По мере освоения нового производства оно постепенно замещает старое, и работники устаревшего производства переводятся на выпуск нового продукта. Параллельная схема требует квалифицированного менеджмента, связана большими затратами средств и ресурсов, но не прерывает производственный процесс и сокращает период освоения нового продукта. *Параллельно-последовательная схема* заключается в последовательном замещении отдельных узлов и агрегатов устаревшего продукта в рамках действующего производства. Для этой схемы менеджментом разрабатываются специальные графики перехода, основанные на предварительно подготовленных конструкторами переходных моделях продукта. Параллельно-последовательная схема позволяет быстро освоить новый продукт, однако ее применение возможно лишь при условии высокой степени заимствования и подобия нового и устаревшего продукта.

Обновление производства связано с потребностью в масштабных инвестициях. При наличии значительных активов предприятие может рассчитывать на получение залогового кредита банков. Другими источниками финансирования санационных мер на этой фазе могут стать средства от реализации имеющихся активов, включая и нематериальные. Объективное определение фазы жизненного цикла продукта в каждый из периодов его производства способствует правильному выбору стратегии развития предприятия и менеджмента, рациональному использованию финансовых ресурсов.

2.2. МАРКЕТИНГОВАЯ РАЗРАБОТКА ПРОДУКТА

2.2.1. ЗАДАЧИ МАРКЕТИНГА ПРОДУКТА

Производственный менеджмент, ориентированный на рынок, при планировании нового продукта должен быть обеспечен масштабной информацией: 1) о рынках, их составных элементах, состоянии и тенденциях развития; 2) о конкурентах, их потенциале и планах развития; 3) о потребителях, их требованиях к продуктам и покупательной способности.

Создание этой информации, ее сбор, обработка и целевое использование при подготовке производственных решений и составляет содержание маркетинга продукта. Маркетинговая деятельность как элемент стратегии продукта имеет целью обеспечение устойчивого положения создаваемого продукта на

рынке с учетом общих тенденций научно-технического прогресса, потенциальных возможностей предприятия, состояния рынка и воздействия на рынок факторов внешней среды. Маркетинг продукта изучает характер, состояние и динамику отношений в рыночной среде между тремя основными субъектами рынка — производителем, потребителем и конкурентами (рис. 2.3).

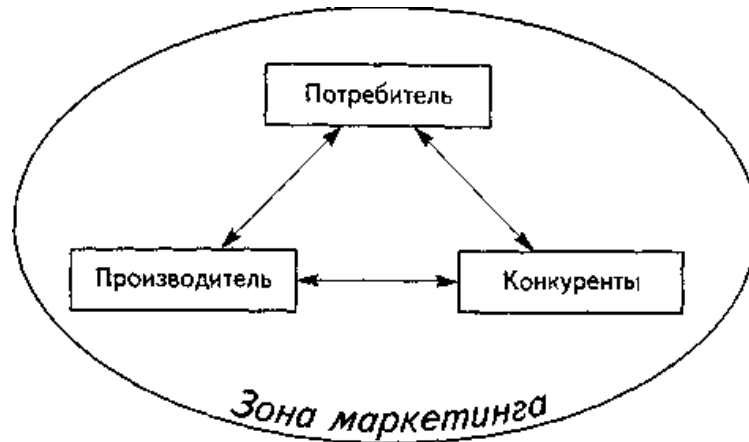


Рис. 2.3. Треугольник отношений в маркетинге продукта

Потребитель продукта характеризуется типом потенциального покупателя, составом его потребностей и схемой покупательского поведения. Для предприятия важно установить принципиальный тип преимущественного покупателя создаваемого продукта. Это может быть конечный (индивидуальный) потребитель или покупатель — производитель, использующий продукт для собственного производства. В качестве покупателя могут выступать посредники (оптовая и розничная торговля, агентства по продажам, дилерские или лизинговые фирмы и т. д.), органы государственной власти и управления (армия и флот, правительство, милиция, таможня и т. п.) или некоммерческие организации (органы образования, социальной защиты и др.). Каждый из потребителей имеет специфический характер потребностей, различающихся массовостью распространения, иерархией удовлетворения, временными и сезонными параметрами потребления и пр. Схема покупательского поведения предусматривает изучение мотивационных и побудительных факторов потребителя, его покупательской способности и прогнозирование факторов, влияющих на ее изменение. Особое значение имеет исследование функции спроса, отражающей влияние уровня цены на покупательский спрос.

Конкуренты характеризуются в маркетинговом исследовании составом конкурирующих продуктов и их производителей, основными технико-экономическими параметрами таких продуктов, формой поведения конкурентов на рынке. Для предприятия имеет важное значение число конкурентов, технический уровень их продукции, объем поставок по сравнению со спросом и характер ценовой политики. В процессе маркетингового исследования продукта должно быть получено полное и объективное представление о сильных и слабых сторонах создаваемого продукта и мерах по его продвижению на рынок.

Производитель продукта в рамках маркетингового исследования должен

располагать исчерпывающей информацией о собственном научно-техническом и производственном потенциале, прогнозе развития производственных мощностей, технико-экономических параметрах разрабатываемого изделия, сроках проектирования и производства нового продукта и продолжительности его жизненного цикла.

Маркетинговое исследование продукта должно дать менеджменту предприятия ответы на пять комплексов вопросов:

- Кто является потенциальным покупателем создаваемого продукта, каковы его мотивы и возможный объем потребности и от каких факторов они зависят?
- Какие конкуренты встретят на рынке новый продукт и каковы их конкурентные возможности?
- Каковы преимущества и недостатки нового продукта (его сильные и слабые стороны) и что необходимо сделать для повышения его конкурентоспособности?
- Какое влияние оказывает научно-технический прогресс на рыночную ситуацию, на увеличение продолжительности жизненного цикла продукта, масштабов спроса?
- Как формируется рыночный спрос на новый продукт, какова сегментация рынка и как позиционируется на нем новый продукт, какой рынок является целевым для нового продукта?

Наряду с перечисленными основными вопросами проектирования нового продукта и его позиционирования на возможных рынках маркетинговая разработка продукта решает комплекс задач, связанных с подготовкой планирования его сбыта и продвижения на рынок в течение его жизненного цикла.

2.2.2. ПРОЦЕСС МАРКЕТИНГА ПРОДУКТА

Маркетинговое исследование продукта представляет собой комплексный процесс, включающий ряд относительно самостоятельных аналитических разработок, основанных на использовании разнообразной информации (рис. 2.4). Инновационная идея относительно нового продукта должна изучаться прежде всего с точки зрения полезности для потребителя или возможности удовлетворения потребности. *Анализ потребителей* предусматривает определение места потребности в новом продукте в системе ценностей потребителя, оценку степени удовлетворения этой потребности на момент появления продукта. Должны учитываться количественные и временные параметры потребности в продукте, сопутствующие потребности и необходимость сервисного обслуживания покупателя.

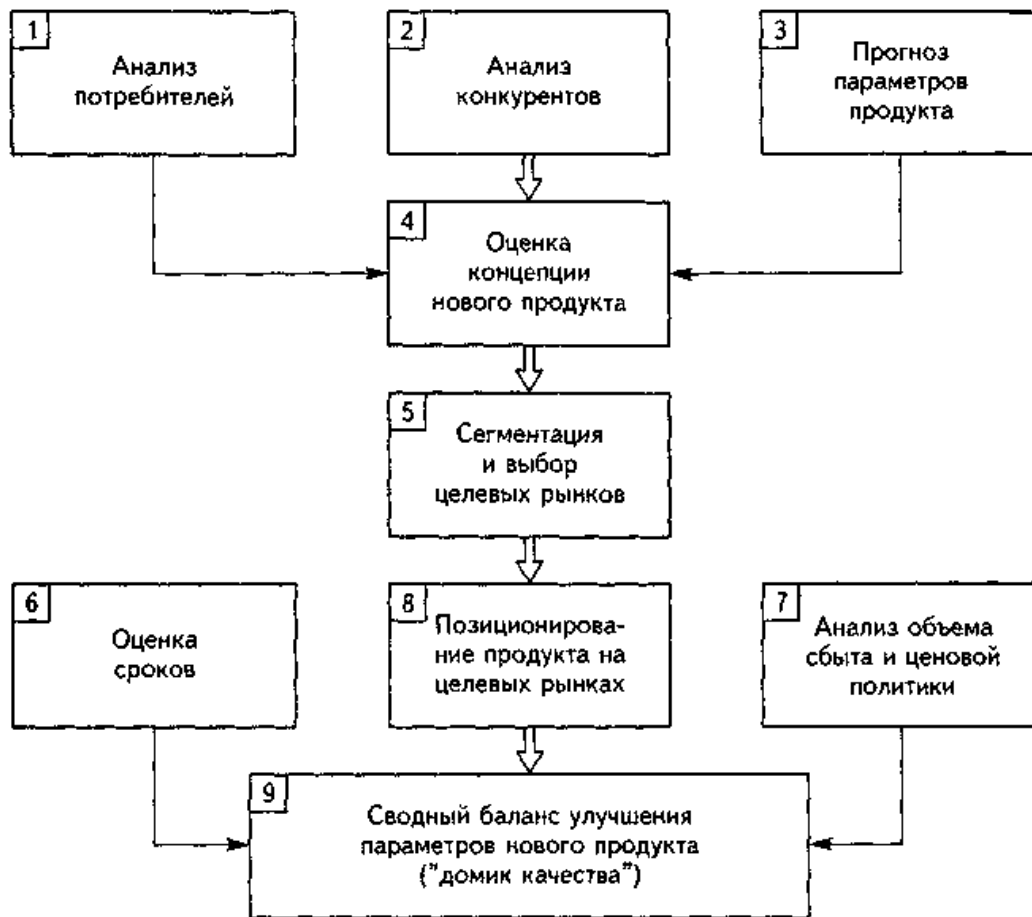


Рис. 2 4. Процесс маркетинга нового продукта

Анализ конкурентов и состояния конкуренции на потенциальных рынках продукта позволяет предприятию сформировать минимальный уровень требований к новому продукту и предусмотреть их в процессе конструирования. Оценка конкуренции продукта предусматривает два направления аналитической работы: 1) сбор и изучение информации о фирмах-конкурентах на рынках; 2) сравнительный анализ конкурентного уровня инновационного продукта. При изучении конкурентов важно объективно оценить не только их число, масштабы присутствия на потенциальных рынках и качество их товаров, но и потенциальные возможности развития к моменту появления инновационного продукта. Анализ конкурентного уровня инновационного продукта следует производить относительно не только уже существующих на рынке товаров, но и с учетом научно-технических прогнозов изменения параметров продукта за период его проектирования и производства.

Сегментация целевых рынков представляет собой процесс многомерной дифференциации потенциальных потребителей продукта на относительно однородные по характеру спроса группы. Принципиальное значение имеет выбор признаков сегментации. В качестве таковых нередко используются:

- экономические переменные (уровень доходов, способность к получению кредитов, финансовая состоятельность и т. п.);
- социально-демографические переменные (пол, возраст, состояние здо-

ровья и т. д.);

- географические, климатические и инфраструктурные переменные (транспорт, состояние дорог, климат и др.);
- поведенческие переменные (реакция на изменение цен, интенсивность потребления и т. п.).

В каждом конкретном случае состав признаков сегментации рынка должен тщательно изучаться специалистами и организовываться мониторинг их влияния на продуктовую стратегию предприятия.

Позиционирование продукта предусматривает действия по обеспечению его конкурентоспособного положения на рынке. Позиционирование осуществляется по отношению к конкурентам с учетом особенностей инновационного продукта путем определения ожидаемого объема реализации, занимаемой продуктом доли рынка. Современная практика маркетинга использует большое число разнообразных качественных и количественных методов прогнозирования и планирования возможных объемов сбыта продукции с учетом спроса. Наиболее распространенными из них являются метод опроса и обобщения мнений специалистов, метод стандартного распределения вероятностей, метод анализа на основе контролируемой доли рынка, метод анализа конечного использования и др.

Результаты анализа конкурентной ситуации, полученные в ходе маркетингового исследования, должны быть направлены прежде всего на развитие инновационной идеи, уточнение параметров продукта. Для этого необходимо сбалансировать разнообразные и нередко противоречивые требования. Эффективным и достаточно распространенным на крупных фирмах методом динамического многофакторного балансирования требований к продукту является *метод развертывания функции качества (quality function deployment, QFD)*. Суть метода заключается в том, что над разработкой нового продукта работают межфункциональные группы, включающие маркетологов, инженеров-проектировщиков и производственников. Информацию о разнообразных требованиях к продукту заносят в специальную матрицу, называемую «домиком качества». В «домике качества» происходит взаимное согласование разноречивых и разнообразных характеристик продукта с задачами их улучшения и уточнения. С помощью такой матрицы группа участников преобразует полученные требования потребителей в конкретные инженерные задачи и решения. По существу, подобное построение отражает методологию *функционально-стоимостного анализа* продукта на разных стадиях его проектирования, производства и реализации.

2.3. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРОДУКТА

2.3.1. СУЩНОСТЬ И ВИДЫ ПРОГНОЗОВ

Система управления инновационной деятельностью предусматривает выполнение особых расчетов, связанных с разработкой научно-технических про-

гнозов. *Научно-технический прогноз* представляет собой комплексную вероятностную оценку содержания, направлений и объемов будущего развития науки и техники в той или иной области. Основная функция научно-технического прогнозирования заключается в поиске наиболее эффективных путей развития исследуемых продуктов на основе всестороннего ретроспективного анализа и изучения тенденций их изменения. В системе управления прогноз обеспечивает решение следующих важнейших задач:

- определение возможных целей и приоритетных направлений развития прогнозируемого объекта;
- оценку социальных и экономических последствий реализации каждого из возможных вариантов развития прогнозируемых объектов;
- определение мероприятий, необходимых для обеспечения каждого из возможных вариантов развития прогнозируемых объектов;
- оценка ресурсов, необходимых для осуществления намеченных программ мероприятий.

Прогноз сокращает число вариантных проработок при разработке продукта, повышает качество обоснования плановых решений, определяет условия их выполнения, моделирует возможные пути развития объекта, необходимые для их осуществления мероприятия и ожидаемые результаты. Таким образом, прежде всего он служит для обоснования плановых решений. Однако прогнозные разработки могут использоваться и для определения возможных последствий выполнения или невыполнения плановых решений. Необходимость разработки различных видов научно-технических прогнозов предопределяется сложностью инновационных разработок как объектов управления. Прогнозы различаются по характеру объектов, содержанию и периоду прогнозирования, масштабам и степени комплексности, уровню разработки и т. д. Практика прогнозирования предусматривает разработку научно-технических прогнозов на всех уровнях управления инновационной деятельностью. На рис. 2.5 представлена иерархическая структура научно-технических прогнозов в общей системе прогнозирования.

По глубине описания будущего прогноз значительно опережает фактические изменения, происходящие в той или иной продуктовой области. Чем раньше обнаружены объективные тенденции в развитии прогнозируемого объекта, тем эффективнее управление инновационной деятельностью в этой сфере. В практике предусматривается разработка трех видов прогнозов: краткосрочных (на период от 1 до 5 лет), среднесрочных (на период до 15 лет) и долгосрочных (на 15 и более лет). При определении периода научно-технического прогнозирования должны учитываться характер конкретного объекта прогнозирования, а также общие темпы технического прогресса в данной области знаний. Чем уже тематические рамки разрабатываемого прогноза, тем меньше должен быть период прогнозирования. В новых, быстро развивающихся областях науки и техники периоды прогнозирования сокращаются, а прогнозы обновляются чаще, чем в традиционных областях. Для конкретных образцов разрабатываемой техники предприятия обычно ограничиваются разработкой краткосрочных прогнозов развития продуктов на период не более пяти лет.



Рис. 2.5. Взаимосвязь отдельных прогнозов в общей системе прогнозирования

2.3.2. МЕТОДЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Разнообразие видов научно-технических прогнозов и задач, решаемых с их помощью в системе управления, требует применения различных систем и методов построения прогнозов. Каждый прогноз возникает в результате много-ступенчатого процесса получения необходимой информации, ее переработки с помощью специальных приемов и оценки достоверности полученных результатов. Совокупность этих трех элементов и характеризует конкретный метод разработки научно-технического прогноза. Оттого, какие конкретные данные необходимы для разработки прогноза, зависят выбор носителей информации, способ ее получения, процедура выполнения специальных расчетов с целью объективной оценки перспектив развития исследуемого объекта.

Современная отечественная и зарубежная практика насчитывает более 130 различных методов разработки прогнозов. Все многообразие методических приемов научно-технического прогнозирования условно можно свести к трем важнейшим группам:

- методы экстраполяции;
- экспертные методы прогнозирования;

- методы моделирования (рис. 2.6).

Сущность *методов экстраполяции* состоит в том, что, анализируя изменение отдельных параметров разрабатываемых продуктов в прошлом и исследуя факторы, обуславливающие эти изменения, можно сделать выводы о закономерностях развития и путях совершенствования техники в будущем. В научно-техническом прогнозировании принято выделять два вида задач, решаемых методами экстраполяции: задачи динамического и статического анализа. В динамической задаче главным и единственным фактором развития выступает фактор времени. В этом случае прогноз развития научного направления или вида техники составляется на основе тщательного анализа временных рядов, отражающих изменение того или иного прогнозируемого параметра во времени. Например, анализируется изменение во времени таких параметров, как мощность, скорость, надежность, весовые и габаритные характеристики и пр. Динамическая задача прогнозирования предполагает наличие эволюционных процессов в развитии прогнозируемых процессов с однонаправленным изменением основных параметров. В этом случае прогноз изменения параметров объекта в будущем строится по аналогии с ретроспективной практикой его развития.

Чаще всего для прогнозирования технических параметров используются функции вида:

$$\hat{y}_t = b_0 + b_1 t,$$

где \hat{y}_t - прогнозируемый параметр;

t —год в прогнозируемом периоде;

b_0 и b_1 —расчетные коэффициенты аппроксимирующей функции.

Наиболее часто в прогнозировании применяются функции: линейная, экспоненциальная, степенная, логарифмическая, полиномиальная и др.

В аналитическом выражении развития прогнозируемого объекта (параметра) фактор времени рассматривается как независимая переменная, а значения параметров выступают как функции этой переменной. Однако состояние техники и соответствующее изменение прогнозируемых параметров зависят от того, какие факторы, в каком направлении и с какой интенсивностью влияли на их развитие.

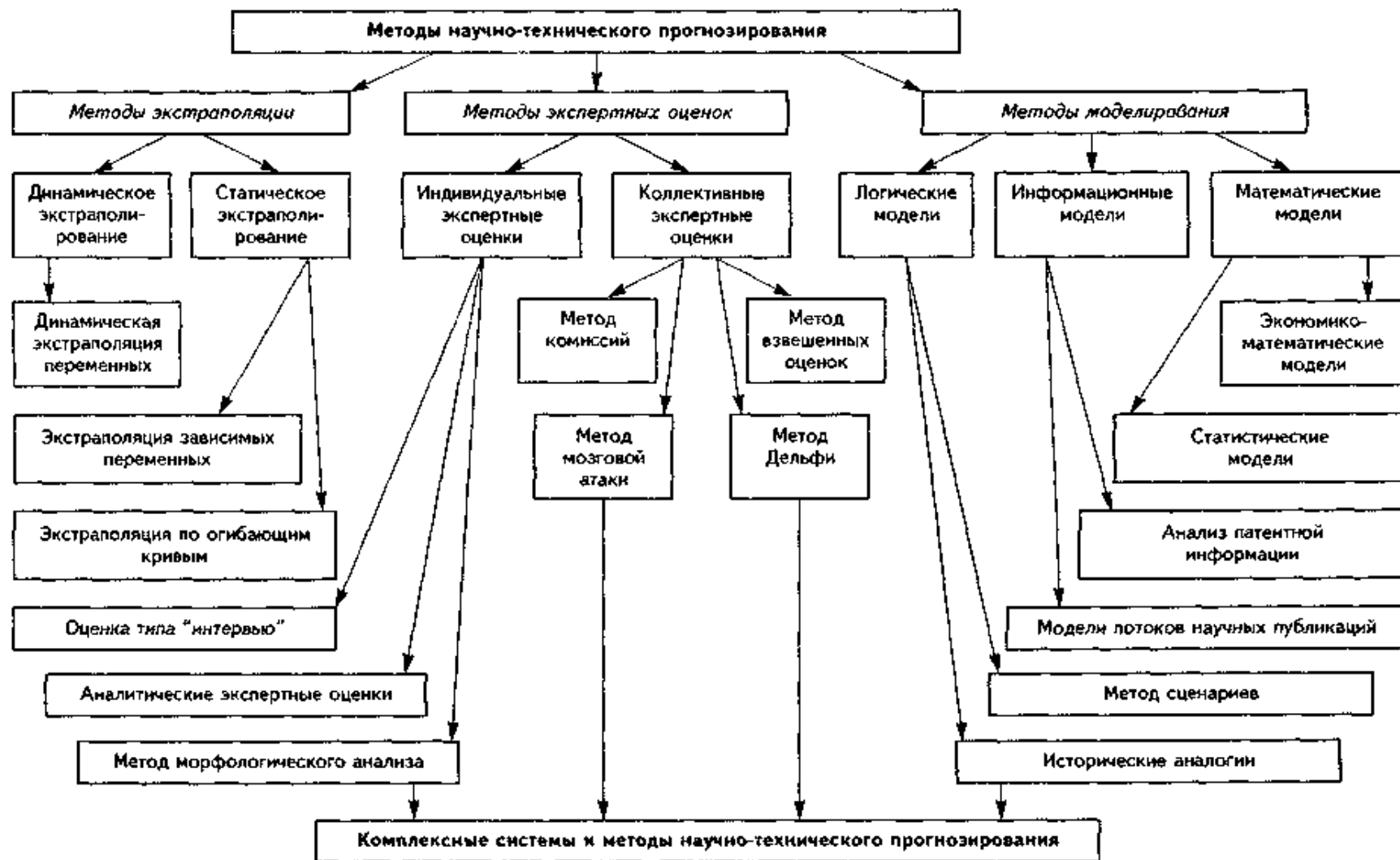


Рис. 2.6. Классификация методов и систем прогнозирования

Изменение параметра во времени выступает как результат действия многих факторов. Поэтому крайне важно в процессе разработки прогноза исследовать зависимости главных прогнозируемых параметров от факторов, влияющих на их развитие. Статистическое прогнозирование параметров по факторам, влияющим на их развитие, принято называть *экстраполяцией* зависимых переменных. Оно осуществляется на основе методов корреляционного и регрессионного анализа. Типичным примером экстраполяции параметров проектируемой техники методами корреляционного и регрессионного анализа является прогнозирование значений трудоемкости разработки машин и агрегатов по совокупности конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

Экстраполяция тенденций предполагает сходство условий, функций и принципов действия прогнозируемых объектов в прошлом и будущем. Быстрая смена, изменение принципов действия создаваемой техники оказывают большое влияние на качество прогнозов. Для прогнозирования быстро эволюционирующих процессов и объектов применяется метод экстраполяции переменных по огибающим кривым. Содержание этого метода заключается в построении огибающей кривой, приближенно отражающей общую тенденцию изменения прогнозируемого параметра по данным, характерным для различных поколений объектов одного функционального назначения. Прогнозирование по огибающей кривой сводится к экстраполяции точечных или интервальных значений параметра на тот или иной период. Схема построения огибающей кривой на основе семейства кривых, характерных для изделий одного класса продуктов, представлена на рис. 2.7.

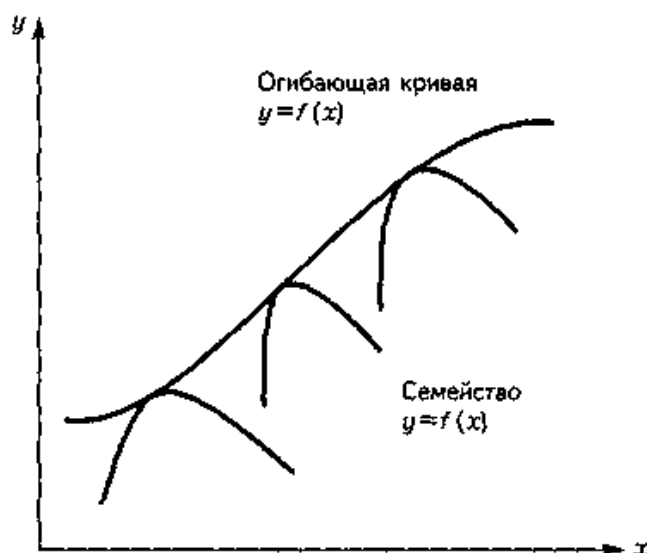


Рис. 2.7. Построение огибающей кривой на основе семейства кривых

Экстраполяция тенденций относится к количественным методам прогнозирования. Для прогнозирования качественных характеристик, а также объектов, развитие которых не поддается формализации и статистическому моделированию, широко используются *методы экспертных оценок*. Суть экспертных методов научно-технического прогнозирования состоит в том, что на основе

априорных оценок квалифицированных специалистов делается заключение о путях развития техники, перспективных направлениях научных исследований и разработок. В зависимости от формы работы с экспертами различают индивидуальные и коллективные методы экспертизы.

Индивидуальные методы экспертизы предусматривают персональную работу с каждым экспертом и получение частного, предварительно не согласованного с другими мнениями, заключения эксперта. Форма получения экспертных оценок может быть различной. Нередко опрос при индивидуальной экспертизе проводится методом интервью при непосредственном взаимодействии с экспертом. При этом эксперт руководствуется в основном лишь априорными представлениями о прогнозируемом объекте. Чаще всего эксперты опрашиваются заочно путем заблаговременной пересылки подготовленных для них анкет (аналитические экспертные оценки). В этом случае индивидуальные экспертные оценки носят аналитический характер, так как эксперт имеет возможность получить и проанализировать всю необходимую информацию об опыте развития и взаимосвязях прогнозируемого объекта. Однако и здесь оценка эксперта выступает в большинстве случаев как продукт его интуитивного мышления.

Среди методов индивидуальной экспертной оценки особого внимания заслуживает метод морфологического анализа. Он предусматривает строгую процедуру анализа и оценки возможных вариантов решения сложных, многоплановых технических проблем. Суть этой процедуры состоит в расчленении проблемы на отдельные составляющие, в определении возможных их состояний в будущем и последовательном рассмотрении всевозможных сочетаний ожидаемых состояний по всем составляющим проблемы.

Индивидуальные экспертные оценки редко используются как самостоятельный метод разработки прогноза. В целях повышения обоснованности прогнозных высказываний индивидуальные оценки нескольких экспертов чаще всего сопоставляются и объединяются, образуя коллективную экспертную оценку. Методы, предусматривающие такое объединение и сопоставление частных оценок, принято называть коллективной, или групповой экспертизой. Как правило, ее применение сопровождается повышением точности и глубины разрабатываемых прогнозов. В то же время на групповом мнении нередко отражается коллективная односторонность суждений, обусловленная общностью культуры, традиций, влиянием главенствующего направления в развитии техники и т. п. Поэтому коллективное мнение экспертов может носить компромиссный характер в ущерб получению ценного оригинального решения. Перечисленные недостатки коллективной экспертизы в наибольшей степени характерны для метода, получившего название «метод комиссий».

Содержание разнообразных методов коллективных экспертных оценок сводится главным образом к тому, чтобы использовать все достоинства групповой экспертизы, сведя к минимуму ее недостатки. Осуществляется это, прежде всего, путем создания условий, благоприятствующих формированию объективных оценок. Одну из интереснейших попыток создания таких условий представляет собой метод мозговой атаки. Сущность этой процедуры заключается в том, что работа группы экспертов распадается на два этапа: на первом — гене-

рируются идеи, новые технические решения, на втором — производится практическая оценка полученной информации и отбор рациональных решений. Эффективность мозговой атаки, проводимой с учетом определенных правил, оценивается по числу новых идей, выявленных в процессе обсуждения проблемы. В отличие от методов комиссий и мозговой атаки процедура метода Дельфи предусматривает полную изоляцию экспертов и анонимность их мнений. Опрос производится в форме анкет для выяснения относительной важности и сроков свершения ожидаемых событий в прогнозируемой области. Групповое решение принимается не по мнению большинства, а на основе статистической обработки индивидуальных оценок с учетом степени согласованности мнений экспертов, которая характеризуется относительной величиной размаха индивидуальных оценок.

Ряд методов отражает нормативный подход к разработке научно-технических прогнозов. При таком подходе перспективы развития науки и техники определяются исходя из заранее установленной цели. В этом случае задача прогноза состоит в том, чтобы сформировать структуру взаимосвязанных элементов, обеспечивающих безусловное и наиболее рациональное достижение установленной цели. Структура взаимосвязанных элементов образует иерархическую систему, графическое изображение которой называют «деревом целей». На каждом его уровне располагаются элементы, раскрывающие содержание или средства решения проблем вышестоящего уровня. Примером нормативного подхода к разработке прогноза развития науки и техники на уровне отрасли может служить метод взвешенных оценок. Его содержание заключается в построении дерева целей, состоящего из пяти уровней: общие цели развития, основные задачи развития научных исследований и разработок, главные научно-технические проблемы и важнейшая тематика научных и опытно-конструкторских работ. Элементы каждого уровня оцениваются через систему взвешенных оценок.

Одним из наиболее перспективных подходов к разработке прогнозов считается *моделирование процессов развития техники*, т. е. определение перспектив изменения техники на основе адекватных моделей ее развития. По характеру используемых моделей различаются логические, информационные и математические модели прогнозирования. Логическое моделирование включает тщательное изучение внутренней логики развития прогнозируемого объекта и разработку на этой основе соответствующих исторических моделей (образцов). Исторические аналогии используются затем при решении конкретных ситуаций и задач развития прогнозируемого объекта. Практический интерес представляют методы построения различных информационных моделей. Так, статистический анализ числа научных публикаций, научных журналов, частоты использования печатных работ и т. п. дает возможность судить о темпах и характере развития научных дисциплин, тех или иных видов техники.

В настоящее время разработаны и используются методы научно-технического прогнозирования, основанные на анализе информационных массивов, содержащихся в заявках на изобретения и выданных патентных документах. Отдельные подходы предусматривают комплексную оценку техниче-

ской значимости и экономической целесообразности использования анализируемых патентов и определение перспективности различных технических решений. Математические модели прогнозирования представляют собой наиболее универсальные и достаточно строгие методы анализа тенденций развития техники. Они позволяют дать количественное описание динамики развития реальных объектов прогнозирования, изучить характер и направления влияния различных факторов на их изменение. Для моделирования процессов научно-технического развития особенно часто используются методы статистического анализа, исследование производственных функций, динамическое программирование.

Отметим, что ни один из реально существующих прогнозов не разрабатывается на основе только одного метода. Создание прогноза развития конкретного вида техники представляет собой сложное исследование, в процессе выполнения которого используются разнообразные методы и подходы, образующие комплексные системы прогнозирования. В зарубежной практике прогнозирования известны такие системы, как ПАТТЕРН, ЦПО (Франция), ФОРКАСТ и КВЕСТ, Дельфи и др. Система прогнозирования развития науки и техники включает создание прогнозов по приоритетным направлениям научно-технического развития страны, региональных и отраслевых прогнозов, а также прогнозов развития отдельных видов техники. Однако основная роль в научно-техническом прогнозировании принадлежит научным организациям и предприятиям, использующим прогнозы в маркетинговых исследованиях и при формировании продуктовых планов инновационной деятельности.

2.4. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

2.4.1. СУЩНОСТЬ И ВИДЫ ПРОДУКТОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Продуктовое планирование составляет важнейший элемент системы производственного менеджмента на предприятии. Его задачи заключаются в определении направлений и пропорций в технической политике предприятия, установлении перспективной тематики научных исследований и конструкторских разработок, формировании структуры перспективной производственной программы выпуска инновационной продукции и осуществлении комплекса инновационных мероприятий. В самостоятельных научных и конструкторских организациях продуктивное планирование представлено формированием тематического плана, содержащего перечень научных исследований и разработок и инновационных проектов, направленных на реализацию принятой концепции перспективного развития предприятия. В процессе тематического планирования осуществляется отбор важнейшей тематики, оценка ее эффективности и уровня качества планируемых результатов, определяются исполнители, сроки и смет-

ная стоимость выполнения работ. От качества и уровня обоснованности расчетов при формировании тематического плана зависят научно-технические и хозяйственные результаты деятельности организации в текущем периоде и в перспективе.

На промышленных предприятиях, реализующих заключительные стадии инновационного процесса, продуктивное планирование выражается в формировании продуктового портфеля предприятия и планировании его производственной программы на определенный период. Производственная программа предприятия определяет номенклатуру и объем производства конкретных видов инновационной продукции. При ее формировании осуществляется изучение конъюнктуры рынка, ценовой политики, планирование затрат на производство новой продукции, планирование мероприятий по технической подготовке производства новой продукции, распределение производственных заданий по цехам и участкам, а также по отрезкам времени календарного периода. Обоснованность продуктового планирования обеспечивается при соблюдении требований:

- наличия эффективной маркетинговой системы в областях стратегических интересов и специализации предприятия;
- наличия эффективной системы научно-технического прогнозирования, способствующего раннему распознаванию перспективных направлений развития науки и техники в областях специализации предприятия;
- использования системы ранжирования и отбора предложений при формировании продуктового портфеля, основанной на применении объективных множественных критериев;
- наличия эффективной и динамичной информационной системы обеспечения маркетинга, научно-технического прогнозирования и планирования инноваций;
- использования научных методов оценки и экономического обоснования инновационных предложений и проектов.

На предприятии различают стратегическое и оперативное продуктивное планирование. Стратегические планы формируют научную и продуктовую политику предприятия на долгосрочную перспективу, определяющую состав развиваемых научно-технических направлений, структуру рынков и характер поведения на каждом из них, перспективные сдвиги в структуре и порядок обновления выпускаемой продукции, требования к техническому развитию предприятия. Оперативные планы, составляемые на год, обеспечивают реализацию стратегических решений и предусматривают формирование конкретного тематического плана научно-технических мероприятий и производственной программы.

Продуктивное планирование должно быть тесно увязано с другими видами плановых расчетов в системе инновационного менеджмента на предприятии. Планирование маркетинга и научно-техническое прогнозирование создают информационную базу для разработки тематических планов и формирования производственных программ. Техничко-экономическое планирование, расчеты ресурсов и финансовое планирование устанавливают ограничения и обеспечива-

ют необходимую сбалансированность тематических и производственных программ. Календарное планирование конкретизирует задания тематических планов и обеспечивает их координацию во времени и по исполнителям.

2.4.2. ПРОЦЕСС ПРОДУКТОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ

Продуктовое планирование представляет собой сложный, многоуровневый итерационный процесс, в котором принимают участие менеджеры, плановые службы, аналитические, исследовательские и разрабатывающие подразделения предприятия. Он включает информационное обеспечение, аналитические исследования, маркетинговые разработки, экономические обоснования и сметные расчеты, а также оценки собственного потенциала и обоснования управленческих решений. Общий процесс продуктового планирования инноваций содержит три основные стадии расчетов:

- формирование продуктовых предложений;
- оценка предложений и отбор продуктов;
- формирование сбалансированного плана.

Первая стадия — формирование продуктовых предложений - имеет задачей подготовку возможно большего числа перспективных инновационных идей относительно состава инновационных продуктов, изменения структуры рынков или технического развития предприятия. Основными источниками инновационных предложений на этой стадии выступают результаты маркетинговых исследований, научно-технических прогнозов и разработка перспективной продуктовой политики предприятия. Маркетинговые исследования в рамках продуктового планирования ориентированы на формирование продуктового портфеля предприятия. *Продуктовым портфелем* принято называть возможную совокупность продуктово-рыночных и научно-технических направлений его деятельности на длительную перспективу, обладающую наибольшей способностью по обеспечению потенциала прибыли предприятия. Главным компонентом продуктового портфеля выступает продуктово-рыночное направление как комбинация предполагаемого инновационного продукта и определенного сегмента рынка. В качестве формы представления продуктового портфеля при планировании инноваций в мировой практике используют так называемые портфельные матрицы. На рис. 2.8 представлена такая матрица, определяющая четыре возможные структурные концепции развития инновационного направления или отдельного продукта.

<i>Рынки Продукты</i>	<i>Освоенные рынки</i>	<i>Новые рынки</i>
<i>Освоенные продукты</i>	Интенсификация рынков: • позиционирование продукта • резервирование ниши рынка	Развитие рынков: • вариация продуктов • аппликационные исследования
<i>Новые продукты</i>	Развитие продуктов: • исследования и разработки • модификации продуктов	Диверсификация

Рис. 2.8. Продуктово-рыночная матрица инновационного портфеля

Первая концепция, отраженная в матрице, характеризует поведение предприятия относительно освоенных продуктов, реализуемых на существующих рынках. Инновационное поведение предприятия в этой ситуации должно быть направлено на интенсификацию использования возможностей существующих рынков путем позиционирования на них освоенных продуктов, т. е. обеспечения конкурентоспособности продуктов на рынках. Если продукт по своим характеристикам не представляется перспективным, то инновационная позиция предприятия может проявиться в мерах, направленных на выведение его с рынка, с тем чтобы открыть нишу для нового инновационного продукта.

Вторая концепция характеризует поведение предприятия относительно продвижения освоенных продуктов на новые рынки. Это связано с инновационной активностью, направленной на поиск новых сфер применения или возможностей использования уже имеющегося продукта. Реализация этой концепции требует проведения научных исследований с целью создания продукта с новыми по потребительским свойствам, учитывающими требования новых рынков и соответствующих вариаций в производственной программе. Инновации при этом реализуются в форме аппликационных исследований и разработок, расширяющих области применения продукта, изобретения или технологии.

Третья концепция характеризует инновационное поведение предприятия в условиях продвижения на освоенные рынки нового продукта. Развитие исследований и разработок с целью создания новой конкурентоспособной модификации продукта составляет основное направление инновационной деятельности предприятия в этой ситуации. Речь в данном случае идет о работах, направленных на создание и освоение производства новой продукции или такой модификации старого продукта, которая бы обладала новыми потребительскими свойствами. Мероприятия реализуются в форме аппликационных исследований и разработок, расширяющих области применения продукта, изобретения или технологии.

Четвертая концепция (и наиболее продуктивная) связана с созданием нового продукта и продвижением его на новые рынки. Такую инновационную политику предприятия принято называть *диверсификацией*, т. е. расширением научного или производственного профиля предприятия за счет создания и освоения производства качественно новой продукции и освоения новых рынков ее реализации. Это наиболее сложная, рискованная и самая перспективная концепция инновационного развития с точки зрения создания потенциала успеха.

Предложения по тематике инновационной деятельности предприятия формируются и из третьего важного источника — политики развития его перспективной производственной программы, разрабатываемой на основе маркетинговых исследований и научно-технических прогнозов. При формировании перспективной производственной программы предприятия возможны по крайней мере четыре варианта его программной политики: стабилизация, модификация, вариация и диверсификация. Схематически они представлены на рис. 2.9.

<i>Продукты</i>	<i>Продукты</i>	<i>Продукты</i>	<i>Продукты</i>
A ₁ Б ₁ A ₂ Б ₂ A ₃ Б ₃	A ₁ Б ₁ A ₂ Б ₂ A ₃ Б ₃ A _{4м}	A ₁ Б ₁ A ₂ Б ₂ A ₃ Б ₃ A ₄ A ₅ A ₆	A ₁ Б ₁ C ₁ A ₂ Б ₂ C ₂ A ₃ Б ₃ C ₃
Стабилизация	Модификация	Вариация	Диверсификаций

Рис. 2.9. Виды перспективной продуктовой политики предприятия

Стабильная продуктовая политика не требует инновационной активности и предусматривает сохранение принятой ассортиментной структуры производственной программы. Политика модификации имеет целью освоение производства модифицированного продукта с новыми потребительскими свойствами в соответствии с требованиями рынка. Эта политика реализуется при ограниченных производственных мощностях и отсутствии возможности их расширения. Поэтому освоение производства модифицированного продукта $A_{4м}$ осуществляется взамен ранее выпускаемого продукта A_4 .

Политика вариации состоит в том, что благодаря увеличению производственной мощности используются дополнительные варианты расширения номенклатуры производственной программы за счет поиска новых сфер применения модифицированных продуктов и продвижения их на новые рынки. На практике подобная вариация производственной программы имеет место чаще всего при использовании блочного конструирования инновационной продукции, позволяющего осуществлять гибкую модификацию изделий в соответствии с требованиями новых рынков.

Политика модификации и вариации производственных программ позволяет продлить жизненный цикл инновационного продукта. Однако перспективная политика требует при формировании инновационной производственной программы ориентироваться на новые продукты и продвижение их на новые рынки. Такую продуктовую политику в производстве принято называть диверсификацией. В мировой практике различают три вида диверсификации при формировании продуктовой политики: горизонтальную, вертикальную и смешанную. Вертикальная диверсификация связана с расширением научно-производственного профиля за счет развития новых научных направлений и освоения инновационной продукции. Горизонтальная диверсификация связана с инновациями, направленными на расширение состава и структуры рынков реализации продукции предприятия. Смешанная форма диверсификации отражает наиболее интенсивную и рискованную инновационную концепцию предприятия. Осуществление масштабной диверсификации при формировании продуктовых планов возможно путем реализации следующих инновационных мер: проведение собственных на-учных исследований и разработок, приобретение лицензий на использование чужих разработок, расширение производства за счет приобретения новых предприятий, развитие кооперации с партнерами.

Анализ возможных сочетаний форм и методов диверсификации производства на основе инновационных процессов может осуществляться с помощью специальной матрицы, представленной на рис. 2.10. Он позволяет предприятию сформировать целостную продуктовую политику, ориентированную на масштабные инновации.

<i>Метод</i> \ <i>Формы</i>	<i>Горизонтальная диверсификация</i>	<i>Вертикальная диверсификация</i>	<i>Смешанная диверсификация</i>
Собственные исследования	Д ₁	Д ₂	Д ₃
Приобретение лицензий	Д ₄	Д ₅	Д ₆
Приобретение инновационного продукта	Д ₇	Д ₈	Д ₉
Кооперация	Д ₁₀	Д ₁₁	Д ₁₂

Рис 2.10. Формы и методы инновационной диверсификации предприятия

Анализ портфельных матриц по отдельным продуктам способствует формированию предложений к тематическому плану инновационной деятельности предприятия. На этом этапе особое значение имеет использование специальных методов и приемов поиска перспективных инновационных идей. Процесс поиска и оценки инновационных идей требует в современных условиях постоянной и достаточно строгой регламентации. В последние годы в отечественной и зарубежной практике используется большое число разнообразных методов и приемов поиска инновационных идей. Они составляют две большие группы - методы пассивного и активного поиска (рис. 2.11).

Использование разнообразных методов и приемов поиска инновационных идей наряду с постоянным анализом портфельных матриц и стратегическим планированием продуктовой политики позволяет формировать большое число альтернативных инновационных предложений к тематическому плану, конкурирующих между собой по имеющимся ресурсам и ожидаемым результатам. По данным консалтинговых фирм, для одного успешного инновационного продукта в среднем требуется рассмотреть не менее 300 различных идей и предложений. Поэтому наиболее ответственной стадией продуктового планирования инноваций является стадия оценки предложений и отбора наиболее актуальной тематики.

В отечественной и зарубежной практике для решения задачи используются, как правило, разнообразные методы селекции конкурирующих предложений, основанные на многокритериальной оценке и двухступенчатом отборе перспективной тематики. На первой ступени оценка предложений и грубая селекция их производится по совокупности критериев, отражающих рыночную ситуацию с предлагаемым инновационным продуктом. В качестве критериев на этой ступени отбора могут использоваться следующие параметры рыночной ситуации: динамика спроса на инновационный продукт, ожидаемая доля рынка, оценка рыночного риска, наличие рыночных барьеров, состояние конкуренции, гибкость цен, ожидаемая рентабельность, требуемые инвестиции, обеспечен-

ность ресурсами, ожидаемый объем производства инновационного продукта.



Рис. 2.11. Методы поиска инновационных идей

Перечисленные параметры могут иметь количественную или качественную оценку. Для оценки значений критериев используются предварительно построенные специальные шкалы качественной и количественной оценки того или иного параметра в условных единицах, например в баллах. Обычно принимается единый для всех критериев масштаб их значений, соответствующий определенному количеству баллов. На рис. 2.12 приведен пример построения подобной шкалы критериев оценки первой ступени селекции предложений. Она предусматривает использование пятиступенчатой шкалы значений критериев и учитывает различный уровень значимости используемых критериев для принятия решения о начале разработки предложения на инновационный продукт.

По результатам оценки путем сопоставления слабых и сильных сторон по каждому предложению составляется оценочная матрица и рассчитывается обобщенный показатель качества предложения.

<i>Критерии оценки</i>	<i>Шкала критериев оценки в баллах</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Динамика спроса	Снижение	Без изменений	Слабый рост	Тенденция к росту	Резкий рост
Доля рынка	Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Рыночный риск	Очень высокий	Высокий	Средний	Тенденция к росту	Невысокий
Рыночные барьеры	Очень большие	Большие	Средние	Нормальные	Небольшие
Состояние конкуренции	Очень сильная	Сильная	Средняя	Незначительная	Отсутствует
Гибкость цен	Отсутствует	Малый диапазон	Средний диапазон	Широкий диапазон	Очень широкий диапазон
Ожидаемая рентабельность	Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Требуемые инвестиции	Очень высокие	Высокие	Средние	Низкие	Очень низкие
Обеспеченность ресурсами	Очень низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Полная
Объем производства	Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий

Рис. 2.12. Шкала оценки критериев первой ступени селекции инновационных предложений

На рис. 2.13 представлен пример заполнения подобной матрицы по совокупности критериев первой ступени селекции для условного предложения. Отбор предложений на первой ступени селекции производится в соответствии с обобщенным показателем путем ранжирования предложений и нормативного ограничения минимально допустимого уровня обобщенного показателя. Ограничение устанавливается предприятием исходя из располагаемых ресурсов и возможностей развития инновационного потенциала в планируемом периоде. На этой ступени селекции состав предложений, допустимых к дальнейшему рассмотрению, должен превышать инновационные возможности предприятия.

Критерии оценки	Значение коэффициента (К)	Шкала оценки					Частная оценка (Б)	Взвешенная оценка (К) x (Б)
		1	2	3	4	5		
Динамика	2,5						4	10,0
Доля рынка	1,5						3	4,5
Рыночный риск	1						5	5,0
Рыночные барьеры	0,5						2	1,0
Состояние	0,5						4	2,0
Гибкость цен	0,5							1,5
Ожидаемая рентабельность	1,5						4	6,0
Требуемые инвестиции	0,5						5	2,5
Обеспеченность ресурсами	0,5						4	2,0
Объем производства	1,0						3	2,0
Суммарная значимость	10	Обобщенная оценка						37,5

Рис. 2.13. Матрица сводной оценки инновационного предложения на первой ступени селекции

На второй ступени отбора осуществляется детальная селекция допустимых к разработке предложений по совокупности критериев, характеризующих научно-технический уровень и стратегическую привлекательность предложений. В качестве критериев на этой ступени отбора могут использоваться следующие параметры: относительная доля рынка, качество продукта (по международным стандартам), уровень технологии, экономическая эффективность, патенте- и лицензеспособность, компетентность руководства, квалификация кадров. Механизм оценки предложений на второй ступени селекции может быть тем же, что и на первой ступени, но с учетом специфической расстановки приоритетов по критериям отбора инновационных предложений. Изложенную схему селекции инновационных предложений следует рассматривать необособленно, а как часть общей системы формирования продуктового портфеля. Только при таком системном рассмотрении она может обеспечить активный поиск плодотворных инновационных идей и объективный отбор перспективных предложений с учетом рыночной ситуации, общих тенденций развития инновационной сферы и реальных возможностей и интересов предприятия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое жизненный цикл продукта и какие факторы влияют на его продолжительность?
2. Каковы особенности функционирования продукта на разных фазах его жизненного цикла?

3. Что означает стратегия продукта и из каких элементов она состоит?
4. В чем состоят задачи маркетинга нового продукта?
5. Дайте характеристику задач стратегического и оперативного маркетинга продукта.
6. Что такое позиционирование продукта?
7. Какие задачи решает научно-техническое прогнозирование в производственном менеджменте?
8. Какие методы используются для разработки научно-технических прогнозов?
9. В чем состоит формирование продуктовой программы предприятия?
10. Какие методы используются для оценки вариантов продуктовой программы?

ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВОГО ПРОДУКТА

3.1. ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС: СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ

3.1.1. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ ИННОВАЦИЙ

Появление нового товара в производстве и на рынке является, как правило, результатом целенаправленной инновационной деятельности, главная задача которой заключается в создании и распространении инноваций. Понятие «*инновации*» относится к широкому кругу нововведений в различных сферах производства и обращения товаров: новым продуктам или услугам, способам их производства, новшествам в организационной, финансовой или сервисной сферах, любым усовершенствованиям, обеспечивающим экономию затрат или создающим условия для такой экономии. Важнейшим признаком инноваций в рыночных условиях является улучшение потребительских свойств нового товара в целях обеспечения и поддержания на высоком уровне конкурентоспособности предприятия. *Под инновациями понимается конечный результат инновационной деятельности в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности.* Инновация считается осуществленной, если инновационный продукт освоен в производственном процессе или внедрен на рынок. В практике функционирования организаций в различных областях производства, снабжения, сбытовой и управленческой деятельности осуществляется большое разнообразие инноваций. Типология их приведена на рис. 3.1³. Принципиальное значение для содержания инновационного процесса имеет предметная область инновационной деятельности. В соответствии с этим признаком принято различать инновации, связанные с развитием:

- продуктов,
- технологий,
- сырья и материалов,
- элементов систем управления,
- рынков реализации продукции и услуг.

Продуктовые инновации, предусматривающие создание новых или усовершенствование выпускаемых продуктов, представляют собой тип инноваций наиболее распространенный и важный для обеспечения конкурентоспособности производственного предприятия.

³ Основы инновационного менеджмента: теория и практика: Учеб. пособие/ Под ред. П Н Завлина, А. К. Казанцева и Л.Э. Миндели. - Экономика, 2000.

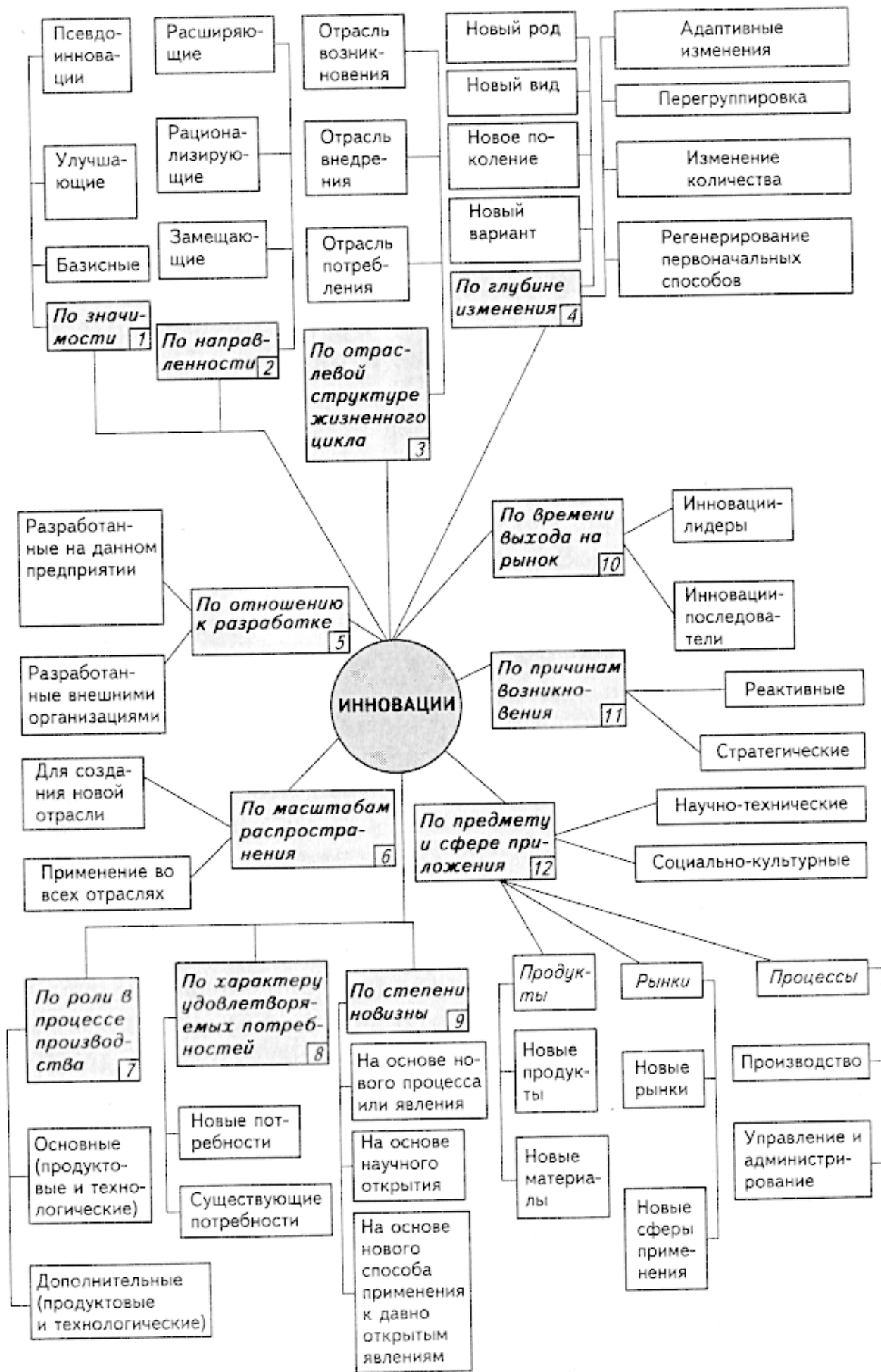


Рис. 3.1. Типология инноваций и их классификация

3.1.2. СОДЕРЖАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Создание новых продуктов, обладающих высокими техническими, потребительскими и экономическими параметрами, представляет собой весьма сложный процесс, требующий значительных затрат времени и ресурсов, привлечения большого числа как внешних, так и внутренних исполнителей, теснейшим образом связанный со всеми другими сферами деятельности предприятия. На рис. 3.2 представлена структура типичного инновационного процесса создания нового продукта. Можно выделить три основные фазы инновационного процесса:

- исследовательская фаза или формирование концепции продукта;
- проектирование нового продукта;
- освоение производства нового продукта и продвижение его на рынок.

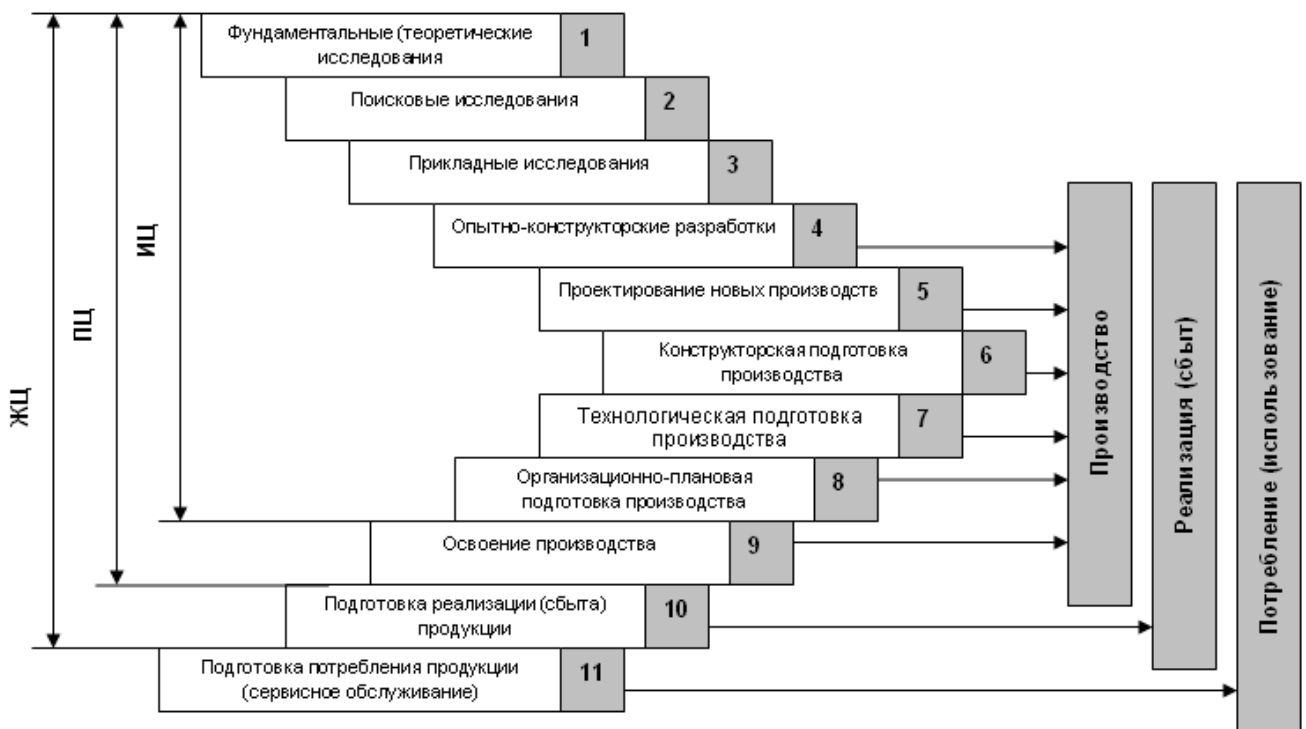


Рис. 3.2. Структура инновационного процесса создания нового продукта:
ИЦ - инновационный цикл; ПЦ - производственный цикл; ЖЦ - жизненный цикл

На первой фазе — фазе формирования концепции продукта проводится комплексный анализ экономической и научно-технической информации о возможном спросе на новую продукцию, ситуации на рынках, конкурентных позициях других производителей, научных и технических возможностях и ограничениях в развитии продукта, экономическом и научно-техническом потенциале предприятия. Основными инструментами такого аналитического исследования выступают инструменты и методы инновационного маркетинга в сочетании с методами научно-технического прогнозирования. Результатом первой фазы инновационного цикла должен стать вывод об экономической целесообразности, технической возможности и основных параметрах нового продукта. Совокупность этих выводов принято называть *концепцией продукта*.

На второй фазе инновационного процесса осуществляется собственно проектирование нового продукта. Основная задача этой фазы заключается в детальной инженерной проработке нового изделия. Она включает проведение необходимых исследований, выполнение опытно-конструкторских разработок, изготовление и испытание опытных образцов новой продукции и разработку детальных чертежей для ее изготовления. На фазе проектирования продукта закладываются уровень его конкурентоспособности и длительность жизненного цикла. Именно на этой фазе инновационного процесса определяются экономические и организационные параметры будущего производства.

Третья фаза инновационного процесса — фаза освоения производства и продвижения нового продукта на рынок заключается в проведении комплекса работ по проектированию нового производства начиная с его технической подготовки, организационного проектирования производственных процессов и включая наращивание производства, достижение проектной мощности и заданной себестоимости. Инновационный процесс завершают работы по продвижению нового продукта на рынок и связанная с этим дистрибуторская деятельность предприятия.

Каждая из перечисленных фаз инновационного процесса включает выполнение относительно самостоятельных стадий создания и проектирования нового продукта. Эти стадии могут выполняться во времени последовательно или параллельно друг другу. В любом случае для предприятия важно максимально возможное сокращение длительности инновационного процесса. Это важно и с точки зрения конкуренции, и в целях сокращения инвестиционных потребностей. Поэтому в последнее время широко распространяется практика ускоренного проектирования на основе совмещения отдельных фаз и стадий инновационного процесса, получившая название *совмещенного проектирования (concurrent engineering, CE)*. Принцип совмещенного проектирования используется, как правило, на фирмах, осуществляющих неоднократные масштабные инновационные проекты, направленные на обновление ассортимента выпускаемой продукции, развитие технологии и организации производства, расширение рынков сбыта продукции. В этих условиях появляется возможность формировать устойчивые группы специалистов, тесно взаимодействующих между собой и в рамках межпроектной координации и интеграции. Как правило, технической и организационной основой такой интеграции является внутрифирменная типизация и стандартизация процессов и узлов, позволяющая использовать принципы модульного проектирования для создания новых или модернизации имеющихся образцов продукции. Пример процесса совмещенного проектирования приведен на рис. 3.3⁴.

Инновационные процессы представляют собой крайне специфические объекты управления, требующие использования специальных приемов и методов подготовки и обоснования управленческих решений. Их специфика проявляется в следующем:

- комплексный характер процесса, предусматривающий необходимость

⁴ Чейз Р. Б., Эквилайн Н. Дж., Якобе Р. Ф. Производственный и операционный менеджмент. 8-е изд./Пер. с англ. М.: Вильямс, 2001.

выполнения большого числа взаимосвязанных разнородных работ - от проведения исследований до продвижения нового товара на рынок;

- низкий уровень технологической регламентации процесса вследствие его однократности и неповторяемости;
- неопределенный, вероятностный характер процесса и связанные с этим риски его участников;
- персонифицированный характер творческого труда участников процесса, определяющий высокую степень зависимости конечных результатов от индивидуальных условий и потенциальных способностей исполнителей;
- высокие темпы морального устаревания научно-технической информации, полученной в результате творческого процесса;
- нематериальный во многих случаях характер конечных и промежуточных результатов труда, выражающихся в новой научно-технической информации, сложность возникающих в инновационном процессе отношений собственности.

В рамках одной организации одновременно, как правило, осуществляется не один, а несколько инновационных проектов по различным изделиям или видам деятельности. Все они независимо от конкретного содержания взаимосвязаны между собой, так как конкурируют по ресурсам, часто направлены на замену уже освоенных в производстве продуктов. Поэтому возникает необходимость в выполнении специфических расчетов по планированию и организации инновационных процессов на предприятии.

Развитие инновационной деятельности и ее специфика привели к появлению нового функционального направления в производственном менеджменте, получившего название инновационного менеджмента. *Инновационный менеджмент — это функциональная область менеджмента и практической деятельности, направленная на формирование и обеспечение достижения инновационных целей путем рационального использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов.*

Функциональные стадии	Фазы разработки					
	Разработка концепции	Планирование продукта	Детальное проектирование продукта и технологии		Экспериментальное производство и наращивание выпуска	Освоение рынка
			Фаза I	Фаза II		
Создание продукта	Поисковых технологий, замысел продукта, построение имитационных моделей	Выбор комплектующих и взаимосвязей с поставщиками, эскизное проектирование, определение структуры продукции	Детальное проектирование продукта и увязка с технологическим процессом, изготовление действующих опытных образцов и их испытание	Доработка проекта продукта, участие в изготовлении второй опытной партии образцов	Тестирование и оценка pilotных образцов, устранение недоработок	Оценка продукта по коммерческим результатам
Маркетинг	Выявление основных рыночных потребностей, выработка и обоснование концепции продукта	Определение параметров целевого потребителя, разработка системы критериев сбыта и оценки маржи, первые контакты с потенциальными потребителями	Тестирование покупательского спроса и оценка потребителями опытных образцов	Второе тестирование покупательского спроса, уточнение оценок потребителями опытных образцов, планирование массированного выхода на рынок, составление плана сбыта	Подготовка к массированному выходу на рынок, подготовка сбытового и обслуживающего персонала, подготовка системы «заказ—производство»	Наполнение каналов сбыта, реклама и продвижение продукции, взаимодействие с основными потребителями
Производство	Выработка и обоснование технологической концепции	Создание системы стоимостных оценок, определение структуры производственного процесса, моделирование технологии, подбор поставщиков	Детальное проектирование производственного процесса, проектирование и разработка инструментария и оборудования, участие в изготовлении действующих опытных образцов	Тестирование и опробование инструментария и оборудования, второе изготовление опытных образцов, установка оборудования и разработка новых рабочих процедур	Изготовление pilotкой коммерческой партии, доработка производственного процесса по pilotным испытаниям, тренировка персонала и проверка каналов поставок	Наращивание производства до необходимых объемов, достижение намеченного уровня качества, дохода и производственных затрат

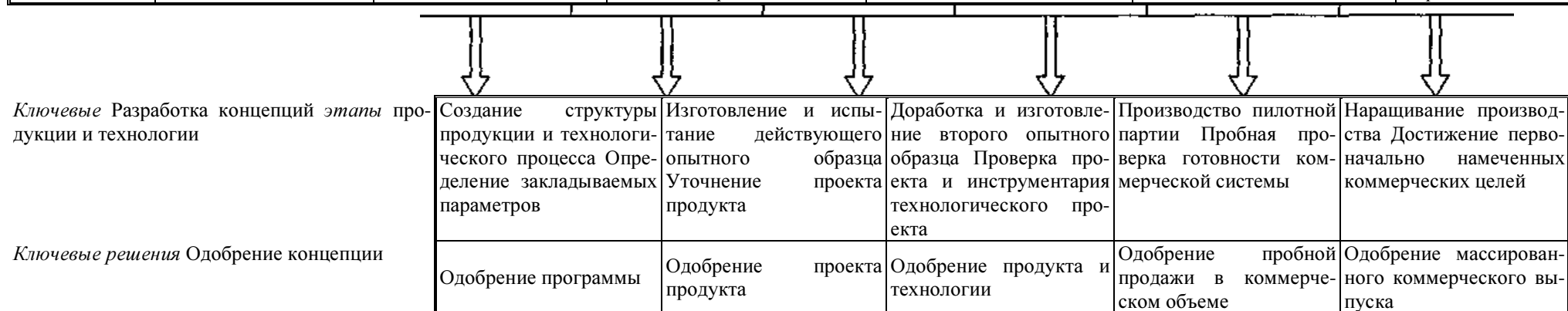


Рис. 3.3. Основные стадии создания нового продукта при межфункциональной интеграции

3.2. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАДИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТА

Развитие современного производства конкурентоспособной продукции немислимо без масштабных, ориентированных на долгосрочный период научных исследований. Наука создает предпосылки для постоянного прогресса в области выпускаемой техники и используемой в производстве технологии. Новые научные знания, открытие новых законов и закономерностей, явлений в природе и технике появляются как результат научных исследований, составляющих начальную стадию процесса создания новой продукции.

Научно-исследовательские работы (НИР) — это целенаправленная деятельность, имеющая своей задачей создание новой информации об объектах, явлениях или процессах, происходящих в природе, обществе или технике. В зависимости от целей, содержания и характера результатов различают:

- фундаментальные исследования;
- поисковые исследования;
- прикладные исследования.

Особенности различных видов исследований графически представлены на рис. 3.4.

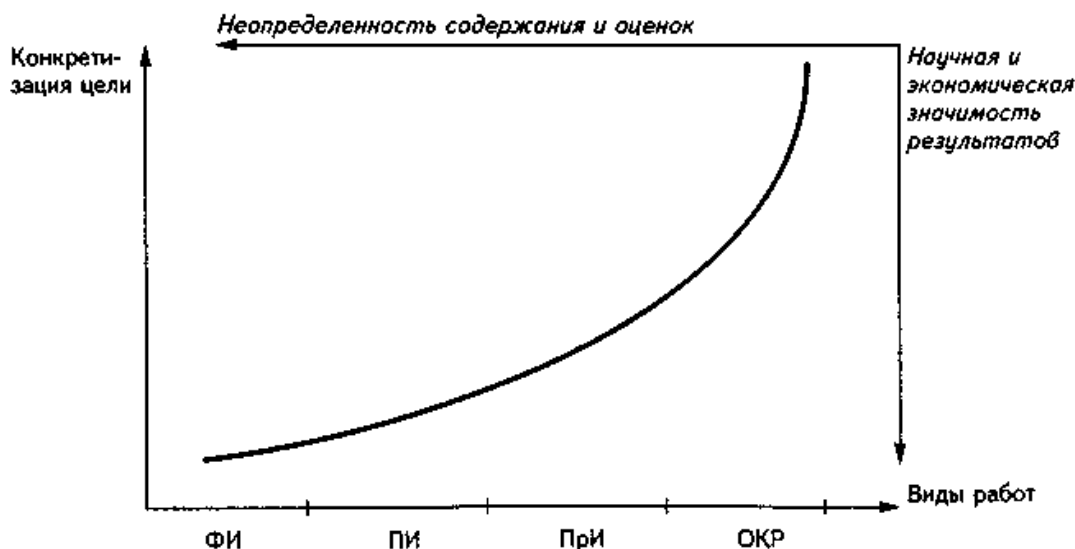


Рис 3 4 Особенности различных видов исследований:

ФИ - фундаментальные исследования, ПИ - поисковые исследования, ПРИ - прикладные исследования; ОКР - опытно-конструкторские разработки

Фундаментальные исследования, как правило, имеют наиболее общий и абстрактный характер. Они направлены на расширение знаний и понимание наиболее общих закономерностей, действующих в природе, технике и обществе, без проникновения в области их конкретного применения. На основе результатов фундаментальных исследований определяются научно-технические проблемы поискового и прикладного характера, решение которых способствует созданию новой техники. Фундаментальные исследования имеют ярко выра-

женный индивидуальный характер и отличаются наибольшей неопределенностью содержания и структуры научного процесса. Они с трудом поддаются управленческому регулированию. В них крайне важен индивидуальный подход, учитывающий персонифицированный характер труда и высокую степень зависимости процесса и результатов исследования от индивидуальных склонностей и способностей исследователей. В то же время этот вид исследований способен обеспечивать результаты, имеющие огромное общенаучное и государственное значение. В России фундаментальные исследования выполняются, как правило, в государственном секторе науки — в академических институтах, вузах и ведомственных научных учреждениях.

Поисковые исследования выполняются, как правило, на базе полученных результатов фундаментальных исследований и направлены на создание научного задела в целях его дальнейшего использования в прикладных разработках. Необходимость в поисковых исследованиях возникает при отсутствии ясности в направлении использования полученных данных, возможных способах их трансформации для решения научных и технических проблем. Главные задачи поисковых исследований заключаются в следующем:

- изучение возможности применения известных или вновь открытых явлений и закономерностей для создания новой техники, технологии или материалов;
- оценка и прогнозирование развития отдельных направлений науки, техники и технологии;
- поиск сфер, областей и изучение условий применения новых решений и открытий (так называемые аппликационные исследования).

Результатом поисковых исследований являются часто новые направления конструирования, новые подходы к решению традиционных задач, новые виды технологий и способы управления производственными процессами. Цели и задачи поисковых исследований формулируются более конкретно, чем в фундаментальных работах. Содержание процесса и ожидаемые результаты отличаются большей направленностью на конкретные практические потребности. Планирование и организация поисковых работ характеризуются меньшей неопределенностью.

Прикладные исследования направлены на решение конкретных научно-технических и организационно-экономических проблем, связанных с выполнением последующих проектных разработок. Прикладные исследования выполняют нередко задачу технического и экономического обоснования возможности, целесообразности, а также путей проектирования нового продукта. Прикладные исследования включают:

- поиск путей улучшения существующих конструкций, технологий или материалов в целях повышения конкурентоспособности продуктов;
- определение способов использования новейших достижений науки и техники для создания новой конкурентоспособной продукции;
- проведение аналитических работ по обобщению опыта конкурентов и исследованию рыночной конъюнктуры;
- выполнение модельных разработок, проведение экспериментальных и

испытательных работ.

Выполнение прикладных исследований, как правило, связано с большими объемами экспериментальных и испытательных работ по конкретным объектам новой техники. Этот вид исследований непосредственно ориентирован на создание определенных образцов продукции или технологий. По этому признаку принято различать четыре группы прикладных исследований, направленных на создание:

- технических объектов (машин, приборов и т. п.),
- технологий,
- видов материалов,
- способов и систем управления.

Этот вид исследований более строго ориентирован на потребности рынка, обычно регламентирован по времени и по исполнителям. Затраты при проведении прикладных исследований резко возрастают по сравнению с другими видами исследовательских работ. Планирование основывается на укрупненных нормативных расчетах и предусматривает наличие организации опытно-экспериментальной базы.

3.3. КОНСТРУИРОВАНИЕ НОВОГО ПРОДУКТА

3.3.1. ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Новое изделие появляется в результате сложного процесса его проектирования, изготовления многочисленных макетов, опытных и экспериментальных образцов, их испытания, корректировки и отработки рабочей документации. Весь этот комплекс разнообразных работ в отечественной практике составляет содержание *опытно-конструкторских разработок* (ОКР) и *конструкторской подготовки производства* (КПП) нового продукта.

Опытно-конструкторские разработки — это комплекс работ, осуществляемых с целью создания новых видов техники с заданными технико-экономическими параметрами в виде опытного образца, опытной установки и рабочей документации для их промышленного изготовления и использования. По своему содержанию ОКР часто являются органическим продолжением выполненных прикладных исследовательских работ, подтвердивших техническую возможность и экономическую целесообразность создания нового продукта. Конструирование нового продукта при этом сводится к разработке необходимого комплекса конструкторских документов, к работам по изготовлению, отладке и испытаниям опытного образца. Главная задача при этом состоит в создании конкурентоспособного продукта, отличающегося высоким научно-техническим уровнем инженерных решений, способного удовлетворять потребительский спрос рынка.

Опытно-конструкторские разработки, выполняемые в определенной области техники, в отличие от научно-исследовательских работ характеризуются

достаточно устойчивым составом стадий, этапов и работ. Технология их проведения, приемы инженерных разработок и расчетов регламентируются, как правило, специальными отраслевыми или внутрифирменными нормативными документами, основанными на разработанной в стране системе государственных стандартов, определяющих состав этапов ОКР, порядок их проведения и требования к оформлению документации. Это прежде всего ГОСТ 15.001-73 «Разработка и постановка продукции на производство. Основные положения», ГОСТ 15.001-82 «Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок проведения патентных исследований», ГОСТ 2.103-68 «Единая система конструкторской документации» и др. Типовой перечень работ, составляющих содержание опытно-конструкторских разработок, представлен в табл. 3.1⁵.

Комплекс работ по конструированию нового продукта обычно включает три относительно самостоятельные стадии ОКР:

- подготовительную,
- разработку проектной документации,
- разработку рабочей документации.

На *подготовительной стадии* конструирования нового продукта обосновывается необходимость его создания и согласовывается состав его основных технико-экономических параметров. На этой стадии изучается рыночная ситуация, проводятся маркетинговые исследования, анализируется и прогнозируется спрос на новый продукт, устанавливаются технологические ограничения на условия производства нового продукта. Результаты расчетов и согласований отражаются в утверждаемом *техническом задании* (ТЗ) на разработку. Этот важнейший документ содержит наиболее существенные характеристики проектируемого продукта, детализируемые по следующим аспектам: состав изделия и требования к его комплектации, показатели назначения, требования к надежности, безопасности, технологичности, унификации и т. п. На подготовительной стадии осуществляется регламентация процесса выполнения проекта: определение состава этапов и работ, последовательности и календарных сроков их выполнения, установление состава исполнителей и распределение заданий между ними, выявление контрагентов и планирование кооперации. Планирование и организация работ по проекту включает определение организационной формы проведения работ (самостоятельно или сторонней организацией), формирование рабочих групп, составление календарных графиков работ по проекту, расчет потребных ресурсов и их обеспечение и т. п.

⁵ Пузыня К.Ф., К. Ф., Казанцев А. К., Барютин Л. С. Организация и планирование научных исследований и опытно-конструкторских разработок. Учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1989.

Таблица 3.1

Типовой перечень работ опытно-конструкторских разработок

<i>Этапы ОКР</i>	<i>Цель работ</i>	<i>Типовое содержание работ</i>
Разработка технического задания	Разработка технического задания	Составление, согласование и утверждение технического задания на ОКР
Разработка технического предложения	Разработка технического предложения с присвоением документам литеры "П"	Подбор необходимых материалов Разработка и утверждение технического предложения
Разработка эскизного проекта	Разработка эскизного проекта с присвоением документам литеры "Э"	Изучение, анализ и обобщение подобранных материалов и научно-технической литературы Выявление возможных вариантов разработки и оценка их эффективности. Уточнение основных исходных данных на базе выбранного варианта разработки Разработка блок-схемы и габаритных чертежей изделия Составление принципиальных схем Оптимизация параметров принципиальной схемы
	Проектирование, изготовление и лабораторные испытания макета изделия	Разработка конструкции макета и составление эскизов Изготовление макета Настройка и лабораторные испытания макета Обобщение и анализ данных испытаний Составление пояснительной записки к эскизному проекту Оформление, рецензирование и защита эскизного проекта Внесение изменений в эскизный проект по результатам защиты
Разработка технического проекта	Разработка технического проекта с присвоением документам литеры "Т"	Составление и согласование уточненного технического задания на разработку по результатам защиты эскизного проекта Уточнение принципиальной схемы изделия Выбор конструкции: расчет ее элементов

Окончание табл. 3.1

Этапы ОКР	Цель работ	Типовое содержание работ
	Изготовление и испытание макетов	<p>Экспериментальная проверка основных узлов</p> <p>Конструирование и изготовление технологического образца изделия</p> <p>Испытание технологического образца изделия</p> <p>Разработка конструкции основных узлов изделия с учетом данных испытаний технологического образца</p> <p>Запросы патентных формуляров и разрешений на применение и поставку материалов и комплектующих изделий</p> <p>Оформление, рецензирование и защита технического проекта</p> <p>Внесение изменений в технический проект по результатам защиты</p>
Разработка рабочей документации	<p>Разработка конструкторских документов, предназначенных для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии)</p> <p>Изготовление и заводские испытания опытного образца (опытной партии)</p>	<p>Составление технического задания на рабочее проектирование изделия</p> <p>Разработка схем и рабочих чертежей, уточнение предварительных заявок на материалы и комплектующие изделия</p> <p>Составление эксплуатационно-технической документации, оформление патентных формуляров и составление карт технического уровня</p> <p>Выпуск информационных материалов</p> <p>Технологическая подготовка производства</p> <p>Изготовление и настройка опытного образца изделия</p> <p>Заводские испытания опытного образца на соответствие требованиям технического задания и технических условий</p> <p>Корректировка рабочих чертежей</p> <p>Доработка текстовой документации (технического описания, инструкции по эксплуатации и ремонту)</p>
	<p>Государственные испытания опытного образца (опытной партии)</p> <p>Корректировка конструкторской документации по результатам государственных приемных и других испытаний опытного образца (опытной партии) с присвоением конструкторской документации литеры "О", "О₁", "О₂", "О₃" и т. д.</p>	<p>Проведение государственных испытаний по специальной программе</p> <p>Корректировка и доработка рабочей документации изделия</p> <p>Корректировка и доработка текстовой документации (технического описания, инструкции по эксплуатации, ремонтной документации и т. д.)</p> <p>Оформление требуемого по ГОСТу комплекта документации</p>

Разработка проектной документации предусматривает выполнение комплекса работ, определяющих концептуальные решения по новому продукту: выбор принципа действия, общую компоновку продукта, требования к составу узлов и функциональных блоков, инженерный и стоимостной анализ функциональной структуры продукта, проведение экспериментальных работ и испытаний отдельных узлов и компоновочных решений и т. п. Эта стадия проектирования продукта включает выполнение этапов разработки *технического предложения, эскизного проекта и технического проекта*. Завершение каждого из перечисленных этапов сопровождается, как правило, подготовкой соответствующей проектной документации, проведением согласований с заказчиком по достигнутому промежуточным результатам.

Разработка рабочей документации завершает проектирование нового продукта. На этой стадии осуществляется подготовка комплекса конструкторской документации, необходимой для материального воплощения проектируемого изделия. Рабочий проект предусматривает наиболее полную детализацию разрабатываемой конструкции, обеспечивающую возможность изготовления, контроля и приемки отдельных деталей и узлов, а также сборки, испытания и эксплуатации продукта у потребителя. Рабочая документация включает подготовку рабочих чертежей деталей, сборочных единиц и узлов изделия, производственной и эксплуатационной документации (паспорт изделия, описание для пользователя, инструкция по эксплуатации, документы сервисного обслуживания, гарантийная документация и пр.). При проведении инженерных расчетов обосновывается выбор системы допусков, проверяются размерные цепи, оптические, механические, электрические и прочие параметры, характеристики отдельных деталей и узлов. На этой стадии, среди прочей документации, составляются сводные спецификации деталей и узлов проектируемого изделия, необходимые для организации его производства, осуществляется кодирование конструктивных элементов нового продукта и конструкторской документации.

Спецификации составляются в виде специальных ведомостей Деталей и узлов изделия, а также могут быть представлены в графической форме, отражающей иерархическую структуру построения изделия. Графическое представление спецификации выполняется в форме иерархической схемы узлового и поддетального состава изделий. Конструкторские спецификации нового продукта являются важнейшим результатом ОКР, широко используемым в производственном менеджменте для организации нового производства, календарно-плановых расчетах в производственных подразделениях и планировании поставки по кооперации комплектующих деталей и узлов.

Главная задача ОКР заключается в обеспечении высокого *научно-технического уровня* (НТУ) создаваемого продукта и его конкурентоспособности на рынке. Поэтому в процессе проектирования продукта на разных стадиях его создания осуществляется расчет и уточнение параметров НТУ. Показатели научно-технического уровня выступают в качестве основных критериев при формировании тематических планов НИР и ОКР в организациях. Они используются при оценке промежуточных и окончательных результатов проектирования. В зависимости от задач расчета различают прогнозируемое, планируемое и

фактически обеспеченное значение научно-технического уровня продукта.

Научно-технический уровень — это относительная характеристика основных технико-экономических параметров разрабатываемых изделий в сравнении с высшими отечественными или зарубежными достижениями. В практике применяются различные количественные и качественные методы оценки научно-технического уровня продукта. В их основе в большинстве случаев лежит использование многокритериального подхода, основанного на применении разнообразных частных характеристик, определяющих эксплуатационные, эргономические, эстетические, технические, экономические и другие параметры, сводимые затем в обобщенную интегральную характеристику. Процедура оценки НТУ продукта обычно включает выполнение ряда последовательных расчетов в соответствии со схемой, приведенной на рис. 3.5.

1	Выбор и обоснование состава частных параметров оценки научно-технического уровня продукта	n_1
2	Оценка относительной значимости частных параметров научно-технического уровня продукта	K_{zni}
3	Определение значений частных параметров научно-технического уровня продукта	b_i
4	Выбор и обоснование продуктов-аналогов для оценки научно-технического уровня продукта	Конкурирующие продукты-аналоги
5	Установление (прогнозирование) нормативного значения параметров для оценки НТУ продукта	b_{ni}
6	Оценка научно-технического уровня продукта по частным параметрам	При $b_i \rightarrow \max$ $y_i = \frac{b_i}{b_{ni}} \times 100\%$
		При $b_i \rightarrow \min$ $y_i = \frac{b_{ni}}{b_i} \times 100\%$
	Расчет обобщенной (интегральной) оценки научно-технического уровня продукта	$y = \sum_{i=1}^n y_i \times K_{zni}$

Рис. 3.5. Процедура оценки научно-технического уровня продукта

Оценка НТУ во всех случаях включает элементы качественной и количественной экспертизы. Эксперты привлекаются для отбора критериальных показателей, оценки их значимости для предприятия, для выбора аналогов при сопоставлении образцов или установления нормативного (целевого) значения параметров. В ограниченное число критериев (обычно это 5—7 параметров) включаются прежде всего целевые характеристики продукта, преимущественно количественно измеримые, определяемые на ранних стадиях проектирования и взаимно независимые. Коэффициенты значимости параметров призваны отразить для организации целевую направленность усилий по повышению НТУ и

конкурентоспособности выпускаемой продукции, а также относительную ценность и сложность реализации каждого из этих направлений. В качестве нормативных могут использоваться либо значения параметров лучших отечественных или зарубежных аналогов, либо параметры лидирующих по продажам образцов, либо прогнозируемые значения на определенный период времени. При этом для сравнения могут выбираться различные конкретные образцы продукта, обладающие лучшими значениями хотя бы по одному из параметров оценки. В этом случае сравнение оцениваемого продукта осуществляется с гипотетической идеальной моделью, каждая из характеристик которой имеет наилучшее из известных в отечественной или мировой практике значений. При сравнении важно учитывать направление изменения оценочного параметра, характеризующее прогрессивную тенденцию развития продукта. Пример расчета НТУ нового продукта приведен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Исходные данные и расчет научно-технического уровня нового образца техники (выпрямитель для электродуговой сварки)

№ п/п	Важнейшие параметры, определяющие МТУ изделий данного направления техники, и тенденции их улучшения (+, -)	Значимость параметра по данным экспертизы (баллов), $K_{зн}$	Изделие-аналог с высшим достигнутым значением по параметру	Значения параметров		НТУ по 1-му параметру (%), $У$	НТУ по i -му параметру с учетом его значимости (%), $У_i K_{зн}$
				По аналогам, принятым за мировой уровень, $Б$	Достигнутые по анализируемому изделию, $Б$		
1	Коэффициент полезного действия (+)	0,25	S,-500 ФРГ	77%	69%	89,61	22,41
2	Уровень стабилизации выходных параметров (+)	0,15	АРФ-500 Япония	0,40 балла	0,55 балла	137,5	20,62
3	Установленная мощность (+)	0,17	АРФ-500 Япония	38кВА	42кВА	110,27	18,75
4	Наработка на отказ (+)	0,2	ВКС-500	1500ч	1500ч	100	20,0
5	Кратность регулирования сварочного тока (-)	0,13	АРФ-500 Япония	1:15	1:10	67	8,71
6	Возможность дистанционного регулирования (+)	0,10	S,-500 ФРГ	0,45 балла	0,45 балла	100	10,0
		1,0					100,48

Источник: Пузыня К. Ф., Казанцев А. К., Барютин Л. С, Организация и планирование научных исследований и опытно-конструкторских разработок: Учеб пособие. М.: Высшая школа, 1989.

Высокий научно-технический уровень и конкурентоспособность продукта являются не единственной задачей, решаемой инженерными службами при его проектировании. Конструкция нового продукта должна учитывать масштабы и условия его производства и ориентироваться на минимальные производственные затраты. С этой целью осуществляется комплекс работ, который составляет содержание конструкторской подготовки производства.

3.3.2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Конструкторская подготовка производства (КПП) — это совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих техническую готовность предприятия к выпуску нового продукта в установленные сроки с заданными параметрами качества, объемом производства и уровнем затрат. Главная задача конструкторской подготовки заключается в целесообразном и эффективном приспособлении отработанной конструкции продукта к условиям его будущего производства при обязательном сохранении заложенных в конструкцию параметров качества.

Конструкторская подготовка производства является органическим продолжением или составной частью базовой опытно-конструкторской разработки продукта. Для условий единичного производства, выполнения индивидуальных заказов или экспериментальных работ подготовка технической документации на новый продукт полностью завершается в процессе опытно-конструкторской разработки. Если предполагается организация повторяющегося (серийного или массового) производства нового продукта, то разработка рабочей документации в соответствии со сложившейся практикой осуществляется поэтапно: сначала — на опытный образец (или опытную партию), затем — на установочную серию нового продукта и, наконец, — на устойчивое, повторяющееся производство. В таком итерационном процессе, составляющем содержание конструкторской подготовки производства, последовательно отрабатываются качественные параметры продукта и решаются две главные задачи:

- повышение уровня унификации и стандартизации конструкции;
- обеспечение технологичности продукта.

Унификация — комплекс мер, направленных на устранение необоснованного многообразия типов и конструкций продуктов и их узлов, форм и размеров деталей и заготовок, профилей и марок материалов. Основанная на применении в конструировании типовых технических решений, унификация представляет собой одно из эффективных направлений, позволяющих повысить качество продуктов, уменьшить трудоемкость и сократить сроки проектирования и освоения производства нового продукта. В качестве основных направлений конструктивной унификации выступают:

- сокращение номенклатуры изделий, сборочных единиц и узлов, имеющих одинаковое или сходное эксплуатационное назначение и параметры;
- заимствование отдельных деталей, узлов для нового продукта из числа ранее освоенных в производстве на основе конструктивной преемственности;
- создание параметрических рядов (гамм) продуктов, аналогичных по конструктивному решению, но различных по габаритам, мощности и другим эксплуатационным параметрам;
- типизация форм и размеров деталей и заготовок, профилей и марок используемых материалов.

Стандартизация представляет собой высшую форму унификации. *Меж-*

дународная организация по стандартизации (ИСО) приняла следующее определение стандартизации. «Стандартизация — это процесс установления и применения правил с целью упорядочения деятельности в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей максимальной экономии, с соблюдением функциональных условий и требований безопасности». Стандарты устанавливаются обязательные для выполнения нормы, образцы, типы решений и распространяются не только на конструкцию продукта, но на все другие факторы производства.

Прогрессивной формой конструирования новой продукции на основе унификации и стандартизации является агрегирование, позволяющее осуществлять так называемое модульное проектирование продукта. *Агрегирование* — это система проектирования продукта путем компоновки его из ограниченного числа унифицированных элементов и, прежде всего, модулей машин. Использование модульного проектирования резко сокращает сроки проведения и затраты на разработку продукта, позволяет широко применять современные системы автоматизированного конструирования на базе систем CAD/CAM.

Для количественной характеристики уровня конструктивной унификации и стандартизации используются три показателя: коэффициент преемственности, коэффициент повторяемости и коэффициент межпроектной унификации. *Коэффициент преемственности* ($K_{\text{пр}}$) рассчитывается по отдельным продуктам и определяется как отношение количества заимствованных составных частей изделия к общему количеству типоразмеров составных частей в изделии П (в процентах):

$$K_{\text{пр}} = \frac{П - П_{\text{нп}}}{П - 1} \times 100\%,$$

где $П_0$ - количество оригинальных типоразмеров составных частей изделия, разработанных впервые для данного продукта.

Коэффициент повторяемости ($K_{\text{П}}$) также рассчитывается по отдельным продуктам и характеризует насыщенность изделия повторяющимися составными частями, т. е. уровень внутрипроектной унификации изделия и степень взаимозаменяемости его составных частей. Он определяется как удельный вес повторяющихся составных частей изделия в их общем количестве (в процентах):

$$K_{\text{му}} = \frac{\sum_{i=1}^n П_i - П_{\text{нп}}}{\sum_{i=1}^n П_i - П_{\text{max}}} \times 100\%,$$

где $П_{\text{нп}}$ — количество неповторяющихся составных частей изделия.

Коэффициент межпроектной (взаимной) унификации ($K_{\text{му}}$) рассчитывается по группе сходных продуктов и характеризует уровень заимствования внутри этой группы. Он определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{пр}} = \frac{П - П_0}{П} \times 100\%,$$

где $П_i$ - количество типоразмеров составных частей i -го продукта;
 $П_n$ — общее количество типоразмеров составных частей в группе из n продуктов;
 $П_{\text{тах}}$ —максимальное количество типоразмеров составных частей одного продукта.

Обеспечение *технологичности продукта* при его проектировании составляет одну из важнейших задач конструкторской подготовки производства независимо от места проведения базовой конструкторской разработки: внутри фирмы или за ее пределами. Различают производственную и эксплуатационную технологичность как существенный фактор конкурентоспособности продукта. Под *производственной технологичностью* принято понимать совокупность характеристик продукта, определяющих степень соответствия конструкции продукта организационно-технологическим условиям его производства на конкретном предприятии. Организационно-технологические условия производства нового продукта характеризуются масштабом производства, его организационным типом, применяемыми методами организации производственных процессов[^], составом производственного оборудования, квалификационной и профессиональной структурой персонала и многими другими параметрами, которые должны учитываться разработчиками в процессе конструкторской подготовки. Производственная технологичность продукта оценивается тремя группами показателей:

- конструктивными показателями — масса изделия и его элементов, количество и разнообразие составных элементов, уровень унификации и стандартизации конструкции, разнообразие используемых материалов и т. д. Показатели могут определяться как абсолютные (в целом по изделию), относительные (в расчете на одну деталь, на единицу мощности, на производительность и т. п.) и сравнительные (по отношению к заменяемому образцу, лучшему представителю и др.);

- технологическими показателями — материалоемкость, выход годного продукта, нормы расхода материалов, качество, класс шероховатости поверхностей и пр.

- экономическими показателями — масштаб и трудоемкость производства, себестоимость, длительность производственного цикла и т. п.

Эксплуатационная технологичность характеризует степень соответствия продукта рациональным условиям его эксплуатации. Для ее оценки используются показатели удельной трудоемкости профилактического обслуживания продукта, надежности конструкции, трудоемкости ремонта, удельные затраты на текущее обслуживание и ремонт и др.

Технологичность конструкции обеспечивается конструктивными решениями практически на всех стадиях и этапах проектирования нового продукта. Высоких результатов в этой области можно достичь лишь при координации работы и сотрудничестве всех участников процесса проектирования и освоения производства нового продукта и прежде всего конструкторов, технологов, производственников и менеджеров.

3.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ПРОДУКТА

3.4.1. СУЩНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Выпуск нового продукта на основе разработанной конструкции возможен лишь при наличии тщательно проработанной технологической документации и с использованием средств технологического оснащения производственных процессов. Технологическое обеспечение нового производства осуществляется в рамках самостоятельного комплекса работ, составляющих содержание технологической подготовки производства. Организация технологической подготовки производства на предприятиях регламентируется требованиями государственных стандартов *Единой системы технологической подготовки производства* (ЕСТПП).

Технологическая подготовка производства (ТПП) — это совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску нового продукта в установленные сроки, с заданными параметрами качества, объемом производства и уровнем затрат. В рамках ТПП решаются следующие основные задачи проектирования производства нового продукта на предприятии:

- обеспечение технологичности конструкции изделия;
- выбор и разработка технологических процессов по всем стадиям производства и составным элементам нового продукта;
- проектирование и изготовление средств технологического оснащения производственных процессов;
- управление процессами технологической подготовки нового производства.

Решение этих задач может осуществляться как собственными технологическими службами предприятия (внутризаводская подготовка), так и внезаводскими специализированными организациями на основе кооперации. Как и при конструкторской подготовке, в технологическом обеспечении новых производств большое значение имеет учет конкретных организационно-технических условий предприятия, типизация и унификация технологических процессов и средств технологического оснащения. На российских предприятиях при осуществлении технологической подготовки производства пользуются рекомендациями стандартов системы ЕСТПП: ГОСТ 14.301-73 «Общие правила разработки технологических процессов и выбора средств технологического оснащения», ГОСТ 14.301-72 «Виды технологических процессов» и др. В рамках ТПП предприятия используют различные виды технологических процессов, в зависимости от организационного типа и масштабов производства, метода организации, уровня механизации и автоматизации основных технологических операций. Примерная классификация технологических процессов представлена на

рис. 3.6.

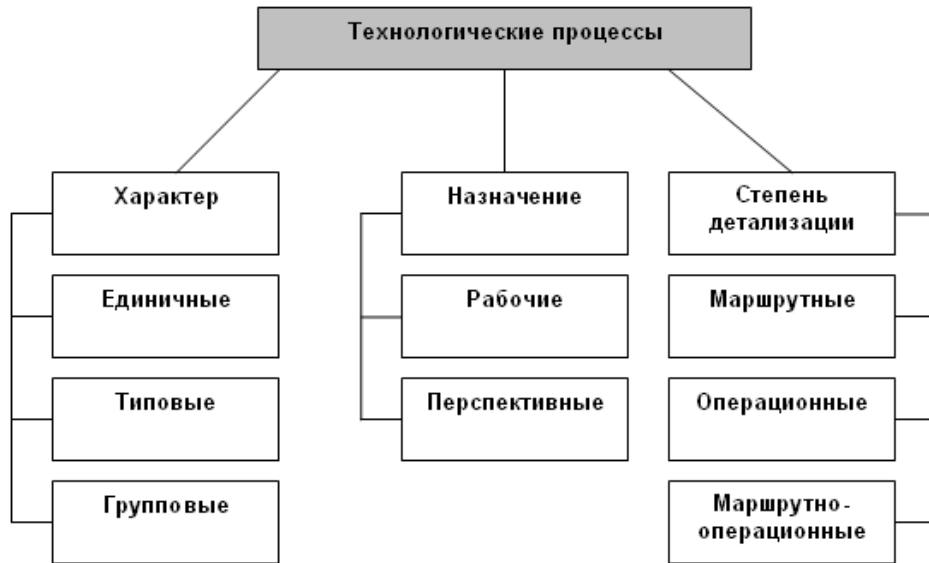


Рис. 3.6. Классификация технологических процессов на предприятии

По характеру различают единичные, типовые и групповые технологические процессы. *Единичные технологические процессы* предназначены для изготовления продукта одного наименования, назначения или типоразмера независимо от количества и типа производства. *Типовой технологический процесс* применяется для совокупности однородных по технологическим и конструктивным признакам деталей, сборочных единиц или изделий. Он разрабатывается на типового представителя и содержит максимально возможный перечень операции для всей совокупности деталей данного типологического класса. *Групповой технологический процесс* применяется для изготовления предметов с различными конструктивными, но общими технологическими признаками. Групповой процесс разрабатывается на комплексный предмет, содержащий все конструктивные элементы данной группы предметов. Использование групповой технологии, соответствующих средств технологического оснащения и оборудования позволяет применять прогрессивные партионные методы организации в единичном и мелкосерийном производстве. Групповая технология является основой для создания групповых поточных линий и гибких автоматизированных производственных систем в различных сферах и отраслях народного хозяйства.

Глубина проработки технологических процессов и степень их детализации зависят от стадии подготовки и организационного типа нового производства. В единичном и опытном производстве при высокой квалификации персонала нередко ограничиваются лишь разработкой межцеховых маршрутных технологий. В серийном и массовом производстве маршрутные технологические карты (рас-цеховки) составляются лишь на первой стадии технологической подготовки и являются основой для последующей детальной пооперационной проработки.

3.4.2. СОСТАВ РАБОТ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА

Общий порядок работ по технологической подготовке производства нового продукта представлен на рис. 3.7.

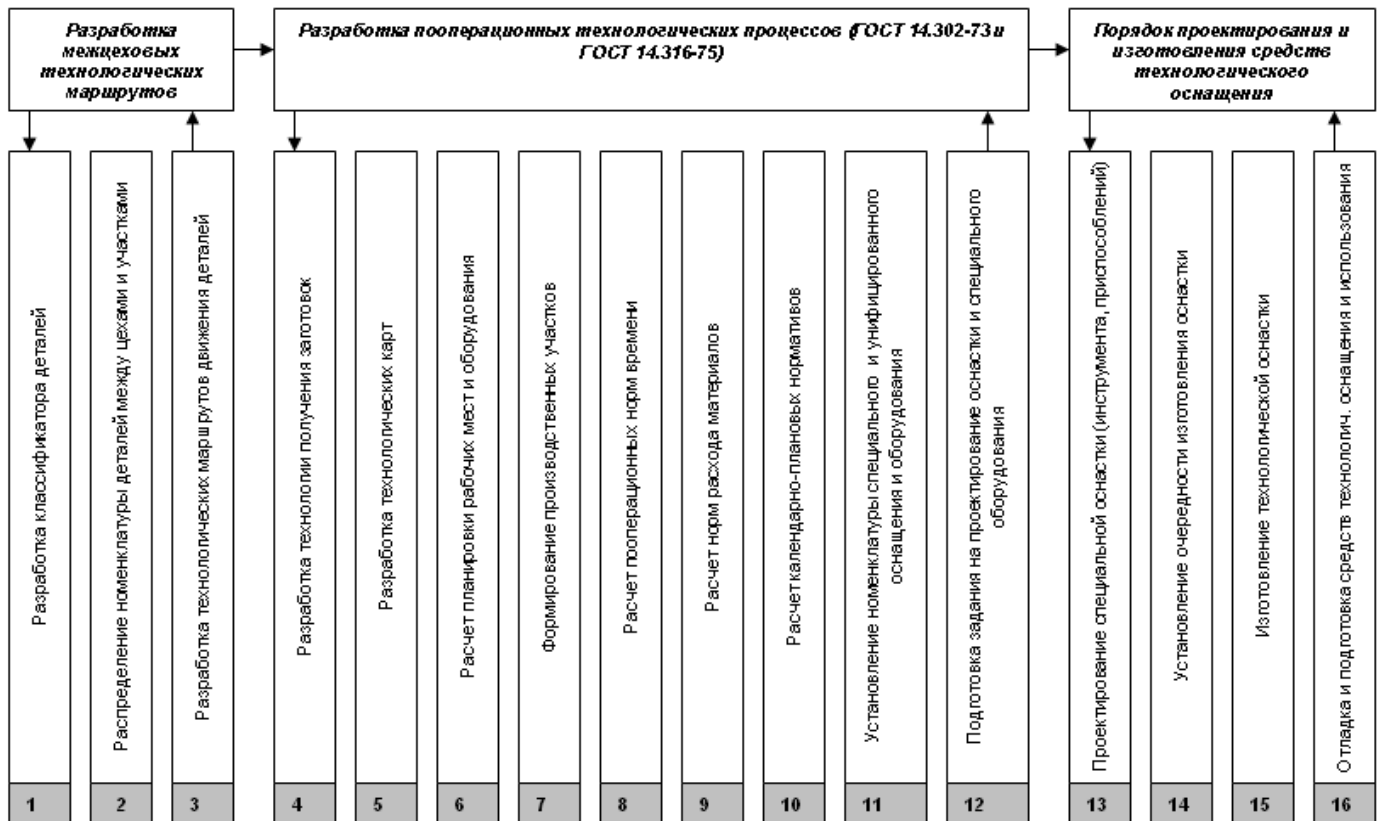


Рис. 3.7. Порядок работ по технологической подготовке производства нового продукта

Завершается технологическая подготовка проектированием, изготовлением и отладкой технологической оснастки для реализации разработанных технологических процессов. Принципиальное значение на этой стадии имеет определение экономически целесообразного уровня технологического оснащения производственных процессов, а также разработка и применение унифицированных (типовых и групповых) средств технологического оснащения. Для оценки уровня технологической оснащенности используются показатели общего количества оснастки и различных ее видов по изделию, относительное количество оснастки в расчете на одну деталь, затраты на оснастку, производительность оборудования, удельный вес прогрессивных видов оснастки и др.

По формам организации различают внутривзаводскую и взаводскую технологическую подготовку производства. На предприятии технологическое обеспечение производства осуществляют службы главного технолога. К ним относятся отдел главного технолога, конструкторские бюро по оснастке, инструментальные производства, нормативно-плановые службы. Планирование и

координацию всех работ по подготовке производства новых продуктов осуществляет, как правило, специальная служба — *бюро планирования подготовки производства* (БПП), находящееся в подчинении главного инженера предприятия.

3.5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Организация работ по проектированию продуктов как одна из функций производственного менеджмента представляет собой совокупность правил и управленческих решений, направленных на формирование и обеспечение эффективности инновационных процессов на предприятии. Специалисты различают пространственную и временную организацию процессов создания и освоения новых изделий на предприятии. Временная организация устанавливает календарную последовательность и сроки выполнения отдельных заданий, стадий и этапов проектирования, загрузку исполнителей. Пространственная организация выражается через разделение заданий на отдельные задачи и операции, объединение их в однородные группы или комплексы и закрепление за определенными специально создаваемыми структурными подразделениями предприятия. Таким образом, пространственная организация инновационных процессов выражается через организационную структуру предприятия.

Понятие *организационной структуры* достаточно емкое и включает совокупность рабочих мест, должностей, производственных подразделений и органов управления процессами создания и освоения производства новых продуктов. Организационная структура. Нормируется исходя из требований обеспечения конкурентоспособности и экономической эффективности результатов, целесообразности и рациональной кооперации участников. В рамках организационной структуры независимо от масштабов и направленности инновационной деятельности предприятия выделяют две составляющие структуру управления и научно-производственную структуру.

Структура управления инновационными процессами представляет собой состав органов управления, характер их специализации, т. е. состав закрепленных за ними функций и задач управления и формы координации их деятельности. Обычно структура управления формально закрепляется уставом предприятия и документально оформляется специальными положениями об отделах и службах и должностными инструкциями. В зависимости от характера специализации служб могут использоваться три разновидности структур управления: линейная, линейно-штабная и многолинейные (функциональные) системы. Схематическое представление различных структур управления инновациями на предприятии и их основные характеристики приведены на рис. 3.8.

Линейная структура управления как наиболее авторитарная, но простая и экономная используется преимущественно в узкоспециализированных инновационных структурах без развитой инфраструктуры, с ограниченной численностью сотрудников. *Линейно-штабная структура* приемлема в большей сте-

пени для предприятий, в которых значительный удельный вес составляют НИ-ОКР. Для прогнозирования, выработки стратегии, разработки и оценки отдельных проектов, например, может создаваться специальный «штабной» орган в форме научно-технического отдела, ответственного за принятие важнейших инновационных решений. *Многолинейная, или смешанная, структура* управления инновационной деятельностью используется для многопрофильных, диверсифицированных предприятий со сложной внешней инновационной инфраструктурой.

При выборе типа структуры управления необходимо учитывать то, что она по своей природе вторична и в значительной степени зависит от характера принятой на предприятии научно-производственной структуры. *Научно-производственная структура* представляет собой состав основных научных и производственных звеньев предприятия и формы их кооперации при осуществлении инновационных процессов. В зависимости от характера закрепляемых ³³ подразделениями и службами заданий, т. е. в зависимости от их специализации, выделяют четыре классических типа инновационных структур: дивизиональную, функциональную, матричную и проектную. На практике чаще всего используются смешанные типы инновационных структур, формируемые исходя из объективных условий инновационной деятельности предприятий. На рис. 3.9-3.12 схематически представлены особенности и специфические задачи менеджмента для каждого типа научно-производственной структуры.

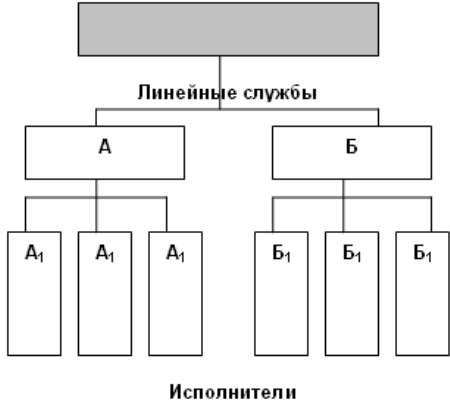
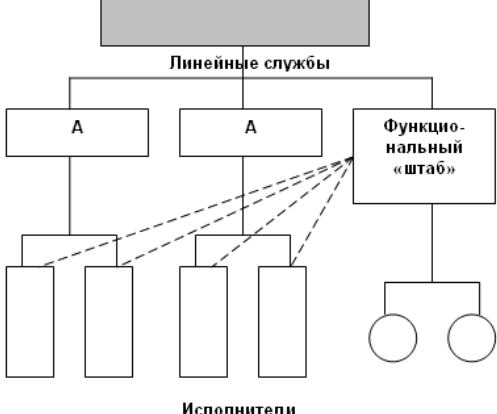
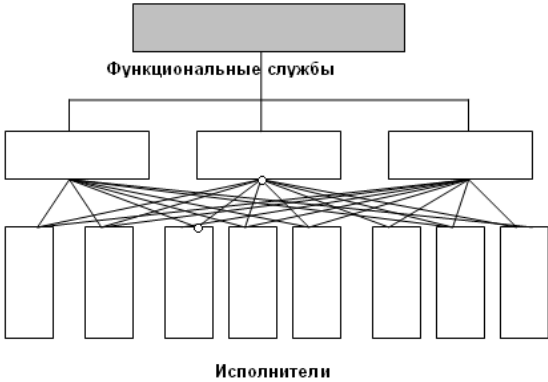
<i>Линейная структура</i>	<i>Линейно-штабная структура</i>	<i>Многолинейная (функциональная) структура</i>
		
ДОСТОИНСТВА		
<ul style="list-style-type: none"> • Четкое разграничение ответственности и компетенции • Простой контроль • Оперативные формы принятия решений • Простые иерархические коммуникации • Персонифицированная ответственность 	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение загрузки линейных руководителей • Повышение качества подготовки решений за счет привлечения специалистов • Улучшение горизонтальной координации • Баланс функционального и линейного руководства 	<ul style="list-style-type: none"> • Высокий профессиональный уровень подготовки решений • Оперативные коммуникации • Разгрузка высшего руководства • Профессиональная специализация руководителей
НЕДОСТАТКИ		
<ul style="list-style-type: none"> • Высокие профессиональные требования к руководителям • Сложные коммуникации между исполнителями • Низкий уровень специализации руководителей • Ярво выраженный авторитарный стиль руководства • Перегрузка руководителей 	<ul style="list-style-type: none"> • Увеличение штата за счет штатных структур • Опасность конфликтов линейных и функциональных структур • Сложность вертикальных коммуникаций • Нечеткость процедур принятия решений 	<ul style="list-style-type: none"> • Сложность подготовки и согласования решений • Отсутствие единого руководства • Дублирование распоряжений и коммуникаций • Сложность контроля

Рис. 3.8. Организационные структуры управления инновациями на предприятии

Схематическое представление		
Область применения	<ul style="list-style-type: none"> • Многопрофильные предприятия • Предприятия с размещением структур в различных регионах • Средние по размеру предприятия, осуществляющие сложные инновационные проекты 	
Особенности	<p style="text-align: center;"><i>Слабые стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Высокая потребность в руководящих кадрах • Сложная координация • Повышенные затраты за счет дублирования функций • Сложность осуществления единой инновационной политики • Разобщенность персонала • Слабый синергический эффект 	<p style="text-align: center;"><i>Сильные стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Четкое разграничение ответственности • Высокая гибкость и адаптивность системы • Высокая самостоятельность структурных единиц • Разгрузка высшего менеджмента • Простота коммуникационных сетей • Кадровая автономия, высокая мотивация
Специфические задачи менеджмента	<ul style="list-style-type: none"> • Обоснование критериев выделения проектов и продуктовых групп • Тщательный подбор руководителей подразделений • Обеспечение единой инновационной политики в продуктовых группах • Предотвращение внутрифирменной конкуренции между продуктовыми группами • Предотвращение сепаратистского, автономного развития продуктовых групп • Приоритет линейных руководителей над специалистами 	

Рис. 3.9. Дивизиональная структура инновационной деятельности

Схематическое представление		
Область применения	<ul style="list-style-type: none"> • Однопродуктовые производства • Предприятия, реализующие сложные и длительные инновационные проекты • Средние по размеру узкоспециализированные предприятия • Научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации 	
Особенности	<p><i>Слабые стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие единого технического руководства по проектам (продуктам) • Снижение персональной ответственности за конечный результат • Сложность контроля за ходом процесса в целом и по отдельным проектам • Размытость ответственности и границ компетенции • Сложность коммуникаций 	<p><i>Сильные стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Профессиональная специализация руководителей подразделений • Снижение риска ошибочных решений • Высокий профессионализм специалистов • Большие возможности координации • Простота формирования и реализации единой инновационной политики
Специфические задачи менеджмента	<ul style="list-style-type: none"> • Тщательный подбор специалистов и руководителей функциональных подразделений • Выравнивание загрузки подразделений • Обеспечение координации деятельности функциональных подразделений • Разработка специальных мотивационных механизмов • Предотвращение сепаратистского, автономного развития функциональных подразделений • Приоритет специалистов над линейными руководителями 	

Рис. 3.10. Функциональная структура инновационной деятельности

Схематическое представление		
Область применения	<ul style="list-style-type: none"> • Многопрофильные предприятия со значительным объемом НИОКР • Союзы и объединения предприятий с централизованной инфраструктурой • Организации холдингового типа 	
Особенности	<p><i>Слабые стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Высокие требования к линейным и функциональным руководителям • Высокие требования к коммуникациям • Трудности и длительность согласования при принятии концептуальных решений • Ослабление персональной ответственности и мотивации • Необходимость принятия компромиссных решений • Возможность конфликтов между линейными и функциональными руководителями ввиду двойной подчиненности первых 	<p><i>Сильные стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Четкое разграничение ответственности по проектам • Большая гибкость и адаптивность основных подразделений • Хозяйственная и административная самостоятельность подразделений • Высокий профессионализм функциональных руководителей • Благоприятные условия развития коллективного стиля руководства • Простота разработки и реализации единой инновационной политики
Специфические задачи менеджмента	<ul style="list-style-type: none"> • Обеспечение единой инновационной политики в продуктовых группах • Выделение состава функциональных служб и подразделений • Тщательная подготовка положений об отделах и должностных инструкций • Разработка специальных мотивационных механизмов, регламентирующих внутрифирменную кооперацию • Обеспечение централизации управления по объектам (проектам) 	

Рис. 3.11. Матричная структура инновационной деятельности

Схематическое представление		
Область применения	<ul style="list-style-type: none"> • Создание новых предприятий • Освоение новых инновационных продуктов • Учреждение дочерних фирм или филиалов • Проведение масштабных НИОКР • Временные организации, создаваемые для решения отдельной задачи 	
Особенности	<p><i>Слабые стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Сложные механизмы координации • Возможность конфликтов из-за двойного подчинения • Размытость ответственности по отдельному проекту • Сложность контроля работ по проекту в целом • Сложность осуществления единой инновационной политики • Необходимость дифференцированного контроля по функциям и проектам 	<p><i>Сильные стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Высокая гибкость и адаптивность системы • Снижение риска ошибочных решений • Профессиональная специализация руководителей функциональных подразделений • Возможность учета специфических условий регионов • Ограничение сфер ответственности кадровая автономия функциональных подразделений • Целевое руководство проектом на основе единоначалия
Специфические задачи менеджмента	<ul style="list-style-type: none"> • Обоснование критериев выделения целевых проектов • Специфические требования к подбору руководителей проектов • Обеспечение единой инновационной политики • Предотвращение конфликтов вследствие двойного подчинения сотрудников • Разработка специальных мотивационных механизмов, регламентирующих внутрифирменную кооперацию 	

Рис. 3.12. Проектная структура инновационной деятельности

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определение понятия «инновации».
2. По каким признакам классифицируются инновации?
3. Опишите содержание инновационного процесса в производственном менеджменте.
4. В чем состоит содержание исследовательской стадии проектирования продукта?
5. Какие этапы составляют содержание конструирования нового продукта?

6. В чем состоит технологическая подготовка производства нового продукта?
7. На какие параметры продукта влияет унификация его конструкции?
8. Чем измеряется уровень технологичности нового продукта?
9. В каких организационных формах осуществляются исследования и проектирование продуктов?
10. Как можно количественно оценить научно-технический уровень продукта?

ГЛАВА 4. УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ

В экономике современной России получает широкое распространение *концепция управления проектами (project management)*. Основу этой концепции составляет взгляд на проект как на изменение исходного состояния любой системы, связанное с затратой времени и средств. Процесс этих изменений, осуществляемых по заранее разработанным правилам в рамках бюджета и временных ограничений, — это управление проектами. К настоящему времени управление проектами стало признанной во всех индустриально развитых странах методологией инновационной деятельности. В отечественной практике эта концепция нашла отражение в широком применении программно-целевого метода управления (особенно планирования), предусматривающего формирование и организацию выполнения *целевых комплексных программ (ЦКП)*, представляющих собой комплекс взаимосвязанных мероприятий, направленных на достижение конкретных социально-экономических целей. Зарубежный опыт использования программно-целевого подхода к управлению проектами более разнообразен. В рамках программно-целевой организации постоянно возникают новые методы, организационно-экономические формы и их разновидности, в наибольшей мере отвечающие успешному решению тех или иных задач социально-экономического и технико-экономического развития.

Крупнейшей международной организацией в области управления проектами является Международная ассоциация управления проектами (ИНТЕРНЕТ, INTERNET), объединяющая более 20 национальных организаций Европы и других стран. С 1991 г. Российская ассоциация управления проектами (СОВНЕТ) является ее членом. Развернутая система проектов и программ реализуется в научной и инновационной сферах. Инновационные проекты и программы их реализации составляют существенную часть хозяйственного механизма управления научно-техническим развитием страны.

4.1. ПОНЯТИЕ И СОДЕРЖАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ

4.1.1. СУЩНОСТЬ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Определение и основные элементы инновационных проектов. Понятие «*инновационный проект*» рассматривается: 1) как форма целевого управления инновационной деятельностью; 2) как процесс осуществления инноваций; 3) как комплект документов. Как форма целевого управления инновационной деятельностью инновационный проект представляет собой сложную систему взаимообусловленных и взаимосвязанных по ресурсам, срокам и исполнителям

мероприятий, направленных на достижение конкретных целей (задач) на приоритетных направлениях развития науки и техники. Как процесс осуществления инноваций — это совокупность выполняемых в определенной последовательности научных, технологических, производственных, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, приводящих к инновациям. В то же время инновационный проект — это комплект технической, организационно-плановой и расчетно-финансовой документации, необходимой для реализации целей проекта (на Западе для обозначения этого аспекта проекта используется термин *design*). Наиболее полно и комплексно сущность инновационного проекта проявляется в его первом аспекте. Учитывая все три аспекта понятия «инновационный проект», можно дать следующее его определение.

Инновационный проект — это система взаимосвязанных целей и программ их достижения, представляющих собой комплекс научно-исследовательских, опытно-конструкторских, производственных, организационных, финансовых, коммерческих и других мероприятий, соответствующим образом организованных (увязанных по ресурсам, срокам и исполнителям), оформленных комплектом проектной документации и обеспечивающих эффективное решение конкретной научно-технической задачи (проблемы), выраженной в количественных показателях и приводящей к инновации. К основным элементам инновационного проекта (рис. 4.1) относятся:

- однозначно сформулированные цели и задачи, отражающие основное назначение проекта;

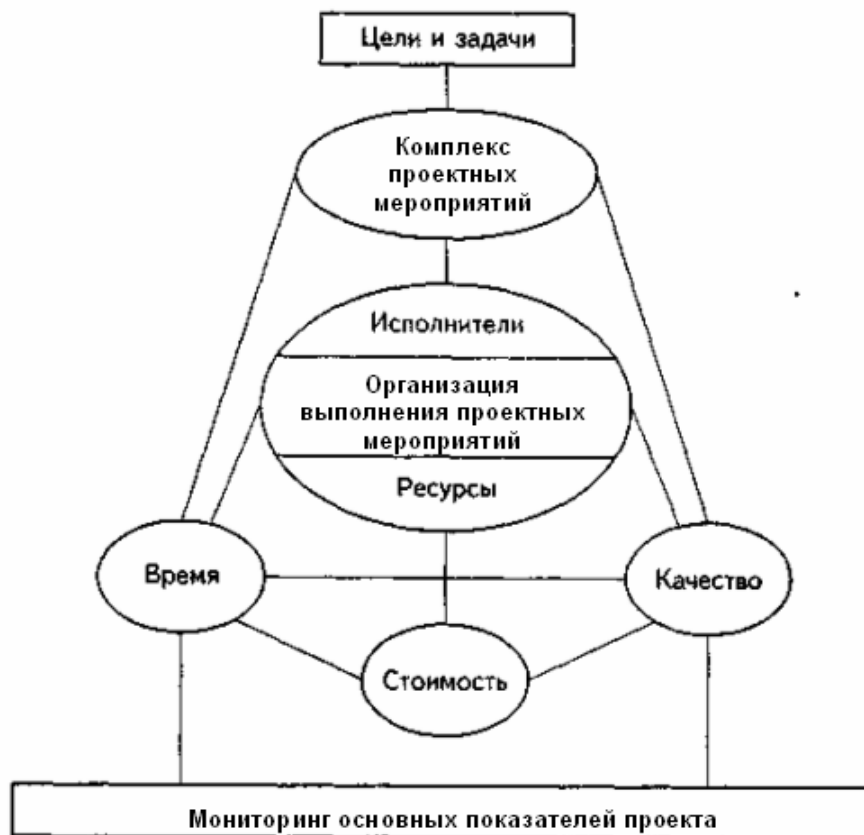


Рис. 4.1. Основные элементы (характеристики) инновационного проекта

- комплекс проектных мероприятий по решению инновационной проблемы и реализации поставленных целей;
- организация выполнения проектных мероприятий, т. е. увязка их по ресурсам и исполнителям для достижения целей проекта в ограниченный период времени и в рамках заданных стоимости и качества-
- основные показатели проекта (от целевых — по проекту в целом и до частных — по отдельным заданиям, темам, этапам, мероприятиям и исполнителям), в том числе показатели, характеризующие его эффективность.

Инновационные проекты могут формироваться как в составе научно-технических программ, реализуя задачи тех или иных направлений (заданий, разделов) программы, так и отдельно, решая конкретную проблему на приоритетных направлениях развития науки и техники.

Задачи инновационных проектов. Формирование инновационных проектов для решения важнейших научно-технических проблем (задач) обеспечивает:

- комплексный, системный подход к решению конкретной задачи (цели) научно-технического развития;
- количественную конкретизацию целей научно-технического развития и строгое отражение конечных целей и результатов проекта в управлении инновациями;
- сквозное непрерывное управление процессами создания, освоения, производства и потребления инноваций;
- обоснованный выбор путей наиболее эффективной реализации целей проекта;
- сбалансированность ресурсов, необходимых для реализации инновационного проекта;
- межведомственную координацию и эффективное управление сложным комплексом работ по проекту.

Основные участники инновационных проектов. Реализация замысла инновационного проекта обеспечивается участниками проекта. В зависимости от вида проекта в его реализации могут принимать участие от одной до нескольких десятков (иногда сотен) организаций. У каждой из них свои функции, степень участия в проекте и мера ответственности за его реализацию. Все эти организации в зависимости от выполняемых ими функций принято объединять в конкретные группы (категории) участников проекта.

Заказчики — будущие владельцы и пользователи результатов проекта. В качестве заказчиков могут выступать как физические, так и юридические лица.

Инвесторы — физические или юридические лица, вкладывающие средства в проект. Инвестор может быть и заказчиком. Если это не одно и то же лицо, то инвестор заключает договор с заказчиком, контролирует выполнение контрактов и осуществляет расчеты с другими участниками проекта. Инвесторами в России могут быть органы, уполномоченные управлять государственным и муниципальным имуществом; организации и предприятия, предпринимательские объединения, общественные организации и другие юридические лица всех форм собственности; международные организации, иностранные юридические

лица; физические лица — граждане РФ и иностранные граждане. Одними из основных инвесторов, обеспечивающих финансирование проекта, являются банки.

Проектировщики — специализированные проектные организации, разрабатывающие проектно-сметную документацию. Ответственной за выполнение всего комплекса проектных работ обычно является одна организация, называемая генеральным проектировщиком. За рубежом ее представляют архитектор и инженер. *Архитектор* - это лицо или организация, имеющие право профессионально, на основе соответствующим образом оформленной лицензии выполнять работу по созданию проектно-сметной документации. *Инженер* — это лицо или организация, имеющие лицензию на занятие инжинирингом, т. е. комплексом услуг, связанных с процессом производства и реализации продукции проекта.

Поставщики — организации, обеспечивающие материально-техническое обеспечение проекта (закупки и поставки).

Исполнители (организации-исполнители, подрядчики, субподрядчики) ~ юридические лица, несущие ответственность за выполнение работ в соответствии с контрактом. К ним относятся научно-технические организации, производственные предприятия, вузы и т. д.

Научно-технические советы (НТС) — ведущие специалисты по тематическим направлениям проекта, несущие ответственность за выбор научно-технических решений, уровень их реализации, полноту и комплексность мероприятий для достижения проектных целей; организующие конкурсный отбор исполнителей и экспертизу полученных результатов.

Руководитель проекта (в принятой на Западе терминологии «*проект-менеджер*») — юридическое лицо, которому заказчик делегирует полномочия по руководству работами по проекту, т. е. по планированию, контролю и координации работ участников проекта. Конкретный состав полномочий руководителя проекта определяется контрактом с заказчиком. *Команда проекта* - специфическая организационная структура, возглавляемая руководителем проекта и создаваемая на период осуществления проекта с целью эффективного достижения его целей. Состав и функции команды проекта зависят от масштабов, сложности и других характеристик проекта. Команда проекта вместе с его руководителем является *разработчиком проекта*. Для выполнения части своих функций разработчик может привлекать специализированные организации.

Поддерживающие структуры проекта — это организации различных форм собственности, содействующие основным участникам проекта в выполнении задач проекта и образующие вместе с ними инфраструктуру инновационного предпринимательства. К поддерживающим структурам относятся инновационные центры, фонды поддержки программ (проектов), консалтинговые фирмы, органы независимой экспертизы, патентно-лицензионные фирмы, аудиторские фирмы, выставочные центры и т. п.

4.1.2. ВИДЫ И СОДЕРЖАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Виды инновационных проектов. Многообразие возможных целей и задач научно-технического развития предопределяет громадное разнообразие видов инновационных проектов. Их общепринятой классификации не существует. Целесообразно классифицировать инновационные проекты по таким признакам, как период реализации проекта, характер целей проекта, вид удовлетворяемой потребности, тип инноваций и уровень принимаемых решений.

В зависимости от времени, затрачиваемого на реализацию проекта и достижение его целей, инновационные проекты могут подразделяться на долгосрочные (стратегические), период реализации которых превышает 5 лет; среднесрочные - с периодом реализации от 3 до 5 лет; краткосрочные - на период менее 3 лет. С точки зрения характера целей проект может быть конечным, т. е. отражать цель решения инновационной проблемы (задачи) в целом, или промежуточным, связанным с достижением промежуточных результатов решения сложных проблем. По виду удовлетворяемых потребностей проект может быть ориентирован на существующие потребности или на создание новых. Классификация инновационных проектов по типу инноваций предполагает их деление на проекты: 1) по введению нового (радикального) или усовершенствованного (инкрементального) продукта; 2) по введению нового или усовершенствованного метода производства; 3) по созданию нового рынка; 4) по освоению нового источника поставки сырья или полуфабрикатов; 5) по реорганизации структуры управления.

По уровню принятия решений и сфер, охватываемых инновационными проектами, они подразделяются на федеральные (межгосударственные) и президентские инновационные проекты, основные задания которых могут включаться в состав федеральных научно-технических программ; региональные инновационные проекты, задания которых могут включаться в региональные научно-технические программы; отраслевые (межотраслевые) инновационные проекты, задания которых могут включаться в планы отдельных министерств и ведомств; инновационные проекты отдельных предприятий и организаций, задания которых включаются в планы предприятий. *Схема классификации инновационных проектов* в соответствии с выделенными признаками приведена на рис. 4.2.

Принадлежность инновационного проекта к тому или иному виду определяет его специфическое содержание и использование особых методов формирования и управления проектом. Вместе с тем единство проектных принципов позволяет использовать общие методические положения для управления инновационными проектами.



Рис. 4.2. Классификация инновационных проектов

Содержание инновационных проектов. Можно выделить три аспекта рассмотрения содержания инновационного проекта: 1) по стадиям инновационной деятельности; 2) по процессу формирования и реализации; 3) по элементам организации. Инновационный проект охватывает все стадии инновационной деятельности, связанной с трансформацией научно-технических идей в новый или усовершенствованный продукт, внедренный на рынок, в новый или усовершенствованный технологический процесс, использованный в практической деятельности, либо в новый подход к социальным услугам. С точки зрения стадий осуществления инновационной деятельности проект включает научные исследования и разработки, проектно-конструкторские и опытно-экспериментальные работы, освоение производства, организацию производства и его пуск, маркетинг новых продуктов, а также финансовые мероприятия.

В основе рассмотрения инновационного проекта по процессу его формирования и реализации лежит концепция *жизненного цикла инновационного проекта*, которая исходит из того, что инновационный проект есть процесс, происходящий в течение конечного промежутка времени. В таком процессе можно выделить ряд последовательных по времени этапов (фаз), различающихся по видам деятельности, обеспечивающих его осуществление. Инновационный проект, рассматриваемый как процесс, совершающийся во времени, охватывает следующие этапы⁶:

- *формирование инновационной идеи (замысла)* — это процесс зарожде-

⁶ Во Всемирном банке и подразделении ООН - ЮНИДО принято деление жизненного цикла инновационного проекта на фазы - предынвестиционную и эксплуатационную.

ния инновационной идеи и формулирования генеральной (конечной) цели проекта. На этом этапе определяются конечные цели проекта (количественная оценка по объемам, срокам, размерам прибыли) и выявляются пути их достижения, определяются субъекты и объекты инвестиций, их формы и источники;

- *разработка проекта* — это процесс поиска решений по достижению конечной цели проекта и формирования взаимоувязанного по времени, ресурсам и исполнителям комплекса заданий и мероприятий по реализации проекта. На этом этапе осуществляются сравнительный анализ различных вариантов достижения целей проекта и выбор наиболее эффективного варианта для реализации; разрабатывается план реализации инновационного проекта; решаются вопросы организации работы над проектом (формирование команды проекта); производится конкурсный отбор потенциальных исполнителей проекта и оформляется контрактная документация;

- *реализация проекта* — это процесс выполнения работ по реализации поставленных целей проекта. На этом этапе осуществляется контроль исполнения календарных планов и расходования ресурсов, корректировка возникших отклонений и оперативное регулирование хода реализации проекта;

- *завершение проекта* — это процесс сдачи результатов проекта заказчику и закрытия контрактов (договоров). Этим завершается жизненный цикл инновационного проекта.

Рассматривая инновационный проект по элементам организации, можно выделить в нем две части: органы управления формированием и реализацией проекта и участники проекта.

4.1.3. СУЩНОСТЬ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ

Элементы управления проектами. Управление инновационными проектами можно рассматривать с трех позиций: как систему функций, как процесс принятия управленческих решений и как организационную систему. С позиций функционального подхода к управлению инновационными проектами процесс управления заключается в реализации функций. Каждая управленческая функция также представляет собой процесс, потому что тоже состоит из серии взаимосвязанных действий. Процесс управления является общей суммой всех функций. В настоящее время нет единого мнения по вопросу о том, что такое управленческие функции. Обычно выделяют следующие функции: целеполагание, планирование, организацию, контроль. Считается, что функции мотивации, активизации, анализа и координации пронизывают все указанные этапы управления. Функциональный подход к процессам управления с их последующим разделением на работы, операции и т. п. позволяет описать Деньте стороны полного цикла процесса управления.

Как процесс принятия управленческих решений управление инновационными проектами представляет собой выполнение определенной последовательности взаимосвязанных этапов. При всем разнообразии подходов к структури-

зации указанного процесса представляется целесообразным выделить следующие основные этапы процесса принятия решений: определение целей; формулировка ограничений и критериев принятия решений; разработка альтернатив (поиск решений); оценка и выбор альтернативы; реализация решений. Существенной особенностью процесса принятия решений является выполнение на каждом этапе этого процесса остальных этапов в различных сочетаниях. Это связано с тем, что каждый этап процесса принятия решений, в свою очередь, представляет собой процесс (микропроцесс) принятия решений, требующий определения цели, поиска решений и применения соответствующих методов обоснования и выбора решений (принцип «колеса в колесе»). Как организационная система управление инновационными проектами характеризуется организационной структурой, включающей состав и взаимосвязь органов управления, регламентацию их функций, обязанностей, прав и ответственности, технологию управления и построенной таким образом, что все органы управления обеспечивают достижение конечной цели проекта. Учитывая три рассмотренных аспекта понятия «управление», можно дать следующее его определение. *Управление инновационным проектом* — это процесс принятия и реализации управленческих решений, связанных с определением целей, организационной структуры, планированием мероприятий и контролем за ходом их выполнения и направленных на реализацию инновационной идеи.

Стадии управления инновационными проектами. Обобщенно цикл управления можно представить двумя стадиями: 1) разработка инновационного проекта; 2) управление реализацией инновационного проекта. На первой стадии определяются цели проекта и ожидаемые конечные результаты, дается оценка конкурентоспособности и перспективности результатов проекта, возможного эффекта, формируются состав заданий и комплекс мероприятий проекта, осуществляется планирование проекта и его оформление. Важнейшим на этой стадии является оценка реализуемости проекта. На второй стадии выбираются организационные формы управления, решаются задачи измерения, прогнозирования и оценки складывающейся оперативной ситуации по достижению результатов, затратам времени, ресурсов и финансов, анализу и устранению причин отклонений от разработанного плана, коррекция плана.

Принципы управления инновационными проектами. Управление инновационными проектами должно основываться на совокупности научно обоснованных и проверенных практикой принципов. К числу основных принципов относятся:

- *принцип селективного управления.* Суть данного принципа состоит в поддержке проектов по приоритетным направлениям развития науки и техники и адресной поддержке инноваторов — авторов комплексных проектов;
- *принцип целевой ориентации проектов на обеспечение конечных целей.* Этот принцип предполагает установление взаимосвязей между потребностями в инновациях и возможностями их осуществления. Причем конечные цели конкретных проектов ориентируются на потребности, а промежуточные — на конечные цели этих проектов;
- *принцип полноты цикла управления проектами.* Указанный принцип от-

ражает замкнутую упорядоченность составных частей проектов как систем. Полный цикл процесса управления предполагает всю совокупность решений — от выявления потребностей до управления передачей полученных результатов;

- *принцип этапности инновационных процессов и процессов управления проектами.* Данный принцип предполагает описание полного цикла каждого этапа формирования и реализации проекта. Принцип этапности отражает свойство последовательного накопления информации при выполнении этапов и скачкообразного, качественного перехода в новое состояние при удовлетворении внешних требований к завершению данного состояния;

- *принцип иерархичности организации и управления инновационными процессами.* В соответствии с этим принципом инновационные процессы могут быть представлены с разной степенью детальности, соответствующей определенному уровню иерархии. Все уровни деятельности согласуются друг с другом так, что нижестоящий уровень подчиняется вышестоящему, а состояния процесса (принимаемые решения, цели, промежуточные и конечные результаты) на вышестоящем уровне обязательны при определении его состояний на нижестоящем;

- *принцип многовариантности при выработке управленческих решений.* Инновационные процессы протекают под воздействием фактора неопределенности, который необходимо учитывать в процессе управления. Для снижения степени неопределенности необходимо переход к многовариантной подготовке альтернативных решений о выборе состава конечных целей проектов, альтернативных способов их достижения, вариантов комплексного обеспечения Раоот, включая разный состав исполнителей, стоимость и длительность выполнения работ, материально-технические ресурсы и условия стимулирования исполнителей;

- *принцип системности,* состоящий в разработке совокупности мер, необходимых для реализации проекта (организационно-экономических, законодательных, административных, технологических и т. д.), во взаимосвязи с концепцией развития страны в целом;

- *принцип комплексности.* Имеется в виду, что разработка отдельных увязанных между собой элементов проектной структуры, обес-

' печивающих достижение подцелей, должна осуществляться в соответствии с генеральной (конечной) целью проекта;

- *принцип обеспеченности (сбалансированности),* состоящий в том, что все мероприятия, предусмотренные в проекте, обеспечиваются различными видами необходимых для его реализации ресурсов — финансовых, информационных, материальных и трудовых.

4.2. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Разработка инновационного проекта представляет собой особым образом организованную научно-исследовательскую работу прогнозно-аналитического

и технико-экономического характера, связанную с постановкой цели проекта, формулированием его концепции, планированием проекта и оформлением проектно-сметной документации. *Концепция инновационного проекта* должна определять варианты его реализации, формировать основные цели и ожидаемые конечные результаты, оценивать конкурентоспособность и перспективность результатов проекта, а также оценивать его возможную эффективность. В процессе разработки концепции инновационного проекта можно выделить следующие этапы (рис. 4.3):

- формирование инновационной идеи и постановка цели проекта;
- маркетинговые исследования идеи проекта;
- структуризация проекта;
- анализ риска и неопределенности;
- выбор варианта реализации проекта.



Рис. 4.3. Содержание и этапы разработки концепции инновационного проекта

Формирование инновационной идеи и постановка цели проекта. Возникновение инновационной идеи является отправной точкой, с которой начинается разработка инновационного проекта. Формирование инновационной идеи рассматривается с двух позиций. С одной стороны, инновационная идея составляет основу, суть инновационного проекта, находящую отражение в постановке

генеральной (конечной) цели проекта (идея создания нового товара или услуги, идея организационных преобразований в отрасли, регионе, на действующем предприятии и т. п.). В то же время под формированием инновационной идеи (замысла) понимается задуманный план действий, т. е. способы или пути достижения цели проекта. Уже на этом этапе определяются альтернативные варианты решения проблемы. Идея может возникнуть спонтанно или явиться результатом длительного процесса, она может быть результатом коллективной экспертизы или индивидуального анализа. К методам генерирования и формирования инновационных идей относятся хорошо известные методы экспертных оценок, такие, как методы выявления мнений (метод интервью, метод анкетирования, написание сценариев и т. п.) и творческие методы (мозговая атака, морфологический анализ, метод Дельфи и т. д.).

Маркетинговые исследования идеи проекта. Параллельно с формированием инновационной идеи проекта проводятся ее маркетинговые исследования. Целью этого этапа является определение сферы влияния проекта на развитие народного хозяйства и, как следствие, количественное уточнение цели проекта и задач по отдельным периодам. Конечные цели и задачи инновационного проекта не всегда могут быть установлены в виде конкретных количественных показателей на стадии выбора и обоснования проблемы (инновационной идеи). Поэтому собственно разработка проекта должна начинаться с количественного уточнения конечной цели проекта и установления промежуточных задач ее реализации по отдельным временным периодам для различных вариантов.

С этой целью устанавливаются возможные потребители целевого продукта проекта; анализируются возможности и экономическая целесообразность замены производимой продукции новыми видами целевой продукции; изучается структура отраслей, обеспечивающих реализацию проекта сырьем, энергоресурсами, комплектующими изделиями и т. д.; анализируются новые сферы использования конечного продукта проекта; исследуются экономические и социальные последствия реализации проекта. На этапе маркетинговых исследований должны использоваться общие методы маркетинга инноваций. Результаты маркетинговых исследований выражаются в конкретных количественных значениях целевых параметров проекта.

Структуризация инновационного проекта. Установленные на предыдущих этапах целевые параметры проекта являются основой для формирования перечня проектных мероприятий по достижению конечной цели проекта. Для определения состава необходимых мероприятий конечные цели предварительно структурируются, т. е. разбиваются на составные элементы. Практика показала, что в структуризации проекта необходимо различать его функциональную и проблемную структуру.

Функциональная структура проекта. При структуризации инновационного проекта сначала устанавливается состав функциональных элементов, являющихся условием полного и комплексного его решения. Инструментом такой функциональной структуризации проблемы при разработке проекта служит *дерево целей*. Последнее представляет собой иерархическую систему, имеющую ряд уровней, на которых располагаются последовательно детализируемые

цели, требующие реализации. При этом цели каждого последующего уровня должны обеспечивать реализацию целей вышестоящего уровня (рис. 4.4).

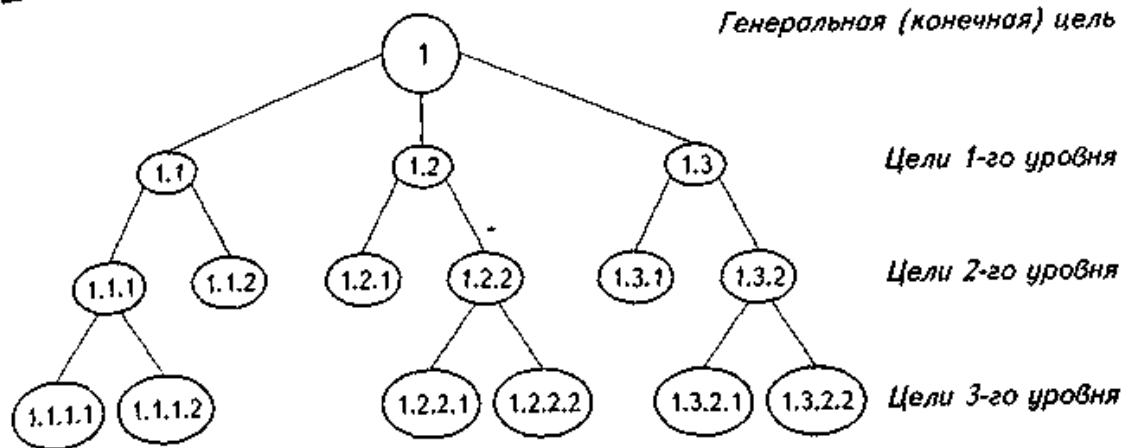


Рис. 4.4. Дерево целей

Построение дерева целей, т. е. последовательное разбиение конечной цели проекта на ее составляющие элементы, базируется не на формальных зависимостях, а на использовании преимущественно экспертных оценок специалистов. По каждому из установленных элементов, включая и альтернативные, определяется ограниченный перечень важнейших целевых показателей, характеризующий их научно-технический уровень и раскрывающий содержание целевых показателей элементов вышестоящего уровня. На основании частных прогнозов развития каждого элемента и с учетом сложившихся пропорций, удельных затрат и норм расхода рассчитываются возможные значения целевых показателей по отдельным периодам реализации проекта. При определении значений целевых показателей следует исходить из необходимости обязательного обеспечения целевых параметров соответствующего элемента вышестоящего уровня. Расчет целевых параметров по элементам дерева целей осуществляется последовательным разукрупнением - от высшего уровня к низшему.

Кроме целевых показателей по каждому из элементов дерева целей рекомендуется устанавливать ограничивающие параметры, определяющие особые условия достижения целей. Состав таких параметров и их значения подбираются и обосновываются экспертами исходя из специфики проекта. Ограничивающие параметры устанавливают требования, которые обязательно должны быть выдержаны при реализации проекта. Таким образом, установление состава ограничивающих параметров проекта и их значений может рассматриваться как первая и самая укрупненная стадия технико-экономического обоснования варианта реализации проекта.

Проблемная структура проекта. Построенное дерево целей переформулируется затем в проблемно выраженную систему заданий и мероприятий, имеющую также иерархическую структуру и называемую *деревом работ*. Если дерево целей устанавливает необходимые средства достижения целей проекта, то комплекс мероприятий (дерево работ) должен определять пути и способы

получения установленных средств. При формировании мероприятий должен использоваться композиционный принцип последовательного агрегирования работ низшего уровня в темы, задания, проблемы высшего уровня. Совокупность работ, установленных по элементам низшего уровня дерева целей, объединяется на последующих стадиях разработки проекта в темы, задания и этапы, связанные с созданием соответствующих элементов высшего уровня. Получаемое таким образом дерево работ представляет собой один из возможных вариантов реализации проекта (рис. 4.5).

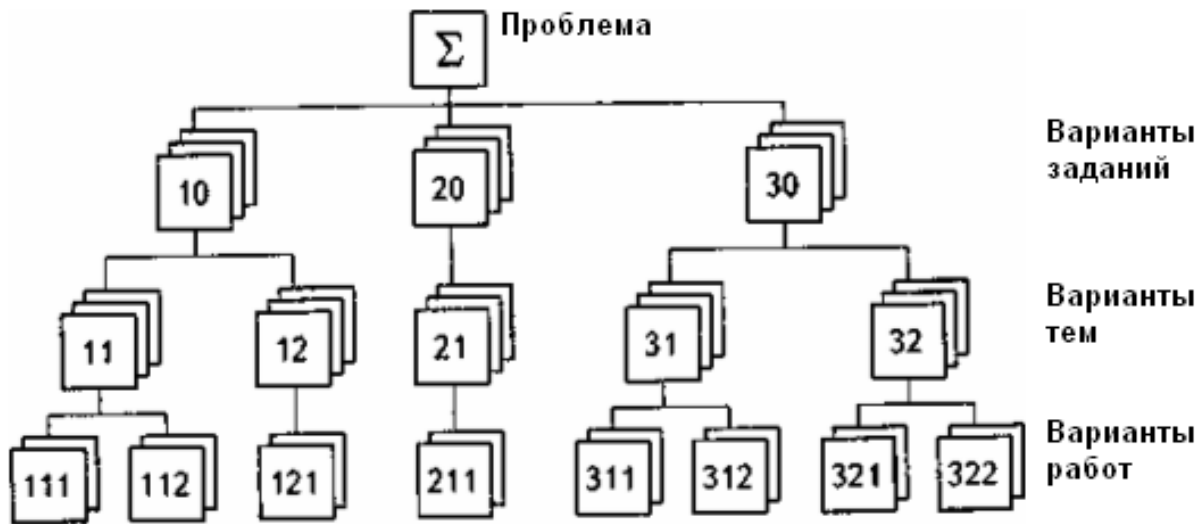


Рис. 4.5. Дерево работ

Любой из вариантов, способный реализовать цели проекта, следует рассматривать как допустимый. В пределах ограничивающих параметров проекта допустимые варианты его реализации могут различаться по технологическим способам производства продукта или пропорциям в распределении его производства по технологическим способам, видам используемых сырья и материалов, качественным характеристикам целевого продукта, принятым способам удовлетворения потребности в нем, составу мероприятий. Результатом структуризации проекта является перечень мероприятий (состав заданий, тем и работ), выполнение которых необходимо для достижения в установленные сроки целевых значений проекта по каждому из его вариантов.

Анализ риска и неопределенности. Одной из наиболее существенных особенностей инновационных проектов является то, что выполнение проектов осуществляется в условиях риска и неопределенности. При этом под *неопределенностью* понимается неполнота или неточность информации об условиях реализации проекта, в том числе о связанных с ними затратах и результатах. Неопределенность, связанная с возможностью возникновения в ходе реализации проекта неблагоприятных ситуаций и последствий, характеризуется понятием *риска*. При оценке проектов наиболее существенными представляются следующие виды неопределенности и инвестиционных рисков:

- риск, связанный с нестабильностью законодательства и текущей эконо-

мической ситуацией, условий инвестирования и использования прибыли;

- внешнеэкономический риск (возможность введения ограничений на торговлю и поставки, наличие сильных конкурентов и т. д.);
- неопределенность политической ситуации, риск неблагоприятных социально-политических изменений в стране или регионе;
- неполнота или неточность информации о динамике технико-экономических показателей, параметрах новой техники и технологии;
- колебания рыночной конъюнктуры, цен, валютных курсов и т. п.;
- производственно-технологический риск (аварии, отказ оборудования, производственный брак и др.);
- неопределенность целей, интересов и поведения участников;
- неполнота или неточность информации о финансовом положении и деловой репутации организаций-участников (возможность неплатежей, банкротства, срыва договорных обязательств).

Результат анализа риска при разработке инновационного проекта выражается в определении вероятности реализации различных альтернативных вариантов проекта и подлежит учету в расчетах эффективности.

Выбор варианта реализации инновационного проекта. Выбор из альтернативных вариантов инновационного проекта наиболее эффективного представляет собой одну из наиболее ответственных процедур разработки проекта. Основными задачами этого этапа являются установление основных критериев (показателей) эффективности инновационного проекта, расчет показателей эффективности альтернативных вариантов проекта с учетом вероятности их реализации, сравнение и выбор варианта инновационного проекта для реализации.

Для оценки эффективности инновационных проектов используется система показателей, установленная «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования». Сравнение различных вариантов проекта и выбор лучшего из них рекомендуется проводить с использованием методов *чистого дисконтированного дохода* (ЧДД) или *ожидаемого интегрального эффекта*, *индекса доходности* (ИД), *внутренней нормы доходности* (ВИД), срока окупаемости, расчета точки безубыточности и других методов, отражающих интересы участников или специфику проекта. При использовании показателей для сравнения различных проектов (вариантов проекта) они должны быть приведены к сопоставимому виду. Для применения каждого из них необходимо ясное представление о том, какой ВОПРОС экономической оценки инновационного проекта решается с его использованием и как осуществляется выбор решения. Ни один из перечисленных критериев не является достаточным для принятия проекта. Решение об инвестировании средств в проект должно приниматься с учетом значений всех перечисленных критериев и интересов всех участников инновационного проекта.

Итак, проведены необходимые исследования и выполнены этапы технико-экономического обоснования инновационного проекта — от определения цели до выбора наиболее эффективного варианта ее достижения. На этом заканчивается разработка концепции инновационного проекта.

4.3. ПЛАНИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

4.3.1. СОДЕРЖАНИЕ И ВИДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ

В управлении проектом планирование (программирование, разработка, детальной программы) занимает основное место, воплощая организующее начало процесса реализации проекта. Основная цель планирования — интеграция всех участников проекта для выполнения комплекса работ, обеспечивающих достижение конечных результатов проекта. *План реализации инновационного проекта представляет собой детальный, развернутый во времени, сбалансированный по ресурсам и исполнителям, взаимоувязанный перечень научно-технических, производственных, организационных и других мероприятий, направленных на достижение общей цели или решение поставленной задачи.* Таким образом, план содержит указания кому, какую задачу и в какое время решать, а также какие ресурсы нужно выделить на решение каждой задачи. Как правило, он оформляется в виде комплексной инновационной программы.

Система планов. При управлении инновационными проектами выделяется система планов, представленная на рис. 4.6.



Рис. 4.6. Виды планов инновационного проекта

Во временном разрезе (по периоду планирования) различают долгосрочные планы, период реализации которых превышает 5 лет; среднесрочные планы, с периодом реализации от 3 до 5 лет; краткосрочные планы — на период менее 3 лет. По целям различают стратегический и текущий планы реализации проекта. *Стратегический план* определяет целевые этапы и основные вехи проекта, характеризующиеся сроками завершения комплексов работ, поставки продукции (оборудования), подготовки фронта работ и т. д.; кооперацию организаций-исполнителей; потребности в материальных, технических и финансовых ресурсах с распределением по годам и кварталам. Основное назначение

стратегического плана — показать, как промежуточные этапы реализации проекта логически выстраиваются по направлению к его конечным целям. *Текущий план* уточняет сроки выполнения комплексов работ и потребность в ресурсах, устанавливает четкие границы между комплексами работ, за выполнение которых отвечают различные организации-исполнители, в разрезе года и квартала.

Планы могут детализироваться по уровню проекта (степени охвата работ проекта): план проекта в целом, планы организаций-участников проекта, планы отдельных видов работ (этапов, стадий, основных вех). План проекта в целом называется сводным, или комплексным, и охватывает все работы проекта. Планы отдельных организаций-участников (поставщиков, инвесторов и исполнителей) или отдельных видов работ (план НИОКР, бюджет проекта, план поставок и т. д.) являются частными или детальными. Содержательно планы подразделяются на продуктивно-тематические, объемно-календарные, технико-экономические (ресурсные) и бизнес-планы.

Продуктивно-тематический план инновационного проекта представляет собой увязанный по ресурсам, исполнителям и срокам осуществления комплекс заданий, тем НИР и ОКР, а также работ по их обеспечению для эффективной реализации целей проекта. В процессе продуктивно-тематического планирования по заданиям, включенным в проект, определяются следующие параметры: состав этапов работ и сроки их выполнения; состав ответственных исполнителей и соисполнителей по этапам; сметная стоимость каждого этапа (в том числе затраты на НИОКР, капитальные вложения, прочие затраты с разбивкой по годам); перечень важнейших материально-технических ресурсов, необходимых для реализации задания (с разбивкой по годам); расчеты экономической эффективности; карты технического уровня по новым видам продукции и технологическим процессам. Эффективными методами разработки продуктивно-тематического плана являются программно-целевые методы, инструментами — дерево целей и дерево работ, а основной формой — разработка комплексной программы реализации проекта.

Объемно-календарный план инновационного проекта определяет продолжительность и объем работ, даты начала и окончания выполнения работ, тем и заданий проблемно-тематического плана, резервы времени и величины ресурсов, необходимых для реализации проекта. Цель календарных расчетов — регламентация согласованного хода работ с учетом целесообразной их последовательности и взаимосвязи по каждой теме (заданию) проблемно-тематического плана и по отдельным организациям-исполнителям (детальные календарные планы), а также по проекту в целом (сводный оптимальный календарный план). В качестве метода календарного планирования в системе управления инновационными проектами рекомендуется использовать методы *сетевого планирования и управления* (СПУ), получившие с начала 1960-х гг. широкое распространение в бывшем СССР. Система СПУ предусматривает детальное изучение будущих работ и представление их в виде специального чертежа — *сетевого графика*. Использование при календарном планировании проекта сетевых методов позволяет определить перечень наиболее ответственных работ, составляющих критический путь проекта; установить минимальное время завершения

проекта; выделить работы, задачи с высоким риском; выделить слишком интенсивные периоды деятельности.

Основные процедуры и методы сетевого планирования инновационных проектов применяются в соответствии с известной общей практикой сетевого планирования и управления. Для проектов, состоящих из нескольких сотен наименований работ, качественное и оперативное выполнение функций управления вручную становится либо очень трудоемким, либо попросту невозможным. Неоспоримые преимущества ЭВМ вызвали к жизни широкий спектр специализированных систем управления проектами. В настоящее время программное обеспечение для сетевого планирования разработано практически для всех видов ЭВМ. Примерами таких систем планирования являются Milestones фирмы *Kidasa Software*, Artemis Project фирмы *Metier*, Primavera Project Planner, Time Line фирмы *Symantec*.

Технико-экономический план (ТЭП), или *ресурсный план*, представляет собой план ресурсного обеспечения инновационного проекта (материально-технического, интеллектуального, информационного, финансового) и определяет состав и потребность в ресурсах сроки поставок и потенциальных поставщиков и подрядчиков. В процессе ресурсного планирования подготавливаются и проводятся подрядные торги, заключаются договоры (контракты) на поставку. Договор поставки ресурсов является основополагающим документом, регламентирующим сроки, объемы и условия поставки ресурсов. Особым видом ресурсов являются денежные средства (финансы). Планирование затрат должно осуществляться таким образом, чтобы они могли удовлетворять потребности в финансовых ресурсах в течение всего срока осуществления проекта. Для этого составляется бюджет проекта.

Бюджет инновационного проекта — это план, выраженный в количественных показателях и отражающий затраты, необходимые для достижения поставленной цели. Общий бюджет показывает расход средств на проект по годам в течение всего периода времени его осуществления. При этом бюджет первого года с поквартальной и помесечной разбивкой определяется довольно точно, а бюджеты последних лет могут изменяться с учетом динамики цен. На общем бюджете основываются планы отдельных исполнителей. Бюджет проекта имеет двойное значение: во-первых, это план действия, а во-вторых - инструмент для руководства и контроля. Бюджет проекта направлен на решение двух основных задач:

- обеспечение динамики инвестиций, которая позволила бы выполнить проект в соответствии с временными и финансовыми ограничениями;
- снижение объема затрат и риска проекта за счет соответствующей структуры инвестиций и максимальных налоговых льгот.

Исходной информацией для планирования затрат на проект являются сметная документация по проекту и календарный план проекта. Планирование затрат при составлении бюджета проекта ведется от общего к частному, и распределение денежных средств на проект по календарным периодам осуществляется в три шага.

Шаг 1. Последовательно суммируется стоимость всех работ календарного

плана и строится интегральная кривая освоения денежных средств в течение срока осуществления проекта. При этом рассматриваются альтернативные варианты планирования затрат: при ранних сроках начала работ, при его поздних сроках и усредненный, наиболее вероятный вариант распределения затрат во времени.

Шаг 2. Размер необходимых затрат в каждый временной период определяется путем суммирования стоимости работ, которые выполнены в этот период по календарному плану.

Шаг 3. Осуществляется распределение затрат во времени по каждому виду работ. При этом рассматриваются возможные варианты использования средств: нормальный, ускоренный и замедленный.

Элементы стоимости, рассчитанные на основе калькуляций, составляемых в начале создания проекта, дают возможность сформировать бюджет по статьям затрат в целом на проект, по видам работ и исполнителям.

Различают четыре способа финансирования проекта:

- *акционерное финансирование* — представляет собой вложение денежных средств, оборудования и технологий;
- *финансирование из государственных источников* — осуществляется в рамках инвестиционных программ путем прямого субсидирования;
- *лизинговое финансирование* — подразумевает передачу участникам проекта (инвесторам) прав собственности на объект проектирования или его часть;
- *долговое финансирование* — осуществляется за счет кредитов банков и долговых обязательств юридических или физических лиц.

Бизнес-план инновационного проекта позволяет оценить и обосновать возможность реализации проекта в условиях конкуренции. При составлении бизнес-плана необходимо ответить на такие вопросы: Хороша ли идея плана? На кого рассчитан новый продукт (товар или услуга)? Найдет ли этот продукт своего покупателя? С кем придется конкурировать? Бизнес-план представляет собой краткий программный документ, дающий представление о целях и методах осуществления и ожидаемых результатах инновационного проекта. Он позволяет определить жизнеспособность проекта в условиях конкуренции, содержит ориентир критериев развития проекта и служит важным инструментом финансовой поддержки со стороны внешних инвесторов. Примерный состав, содержание разделов, методы и общие требования к составлению бизнес-плана инновационного проекта такие же, как и при разработке любого бизнес-плана в инновационной сфере.

Процесс планирования. Деятельность по разработке инновационных планов охватывает все этапы проектного управления - от разработки концепции проекта до контроля исполнения календарных планов и расходования ресурсов. Основные этапы процесса планирования представлены на рис. 4.7. На этапе разработки концепции проекта формируется продуктово-тематический план проекта в форме инновационной программы. Для этого проводятся количественное уточнение цели проекта и задач по отдельным периодам (дерево целей), выбор организационно-технологических решений, продуктово-тематическая разработка проекта (дерево работ) и расчет его основных параметров.

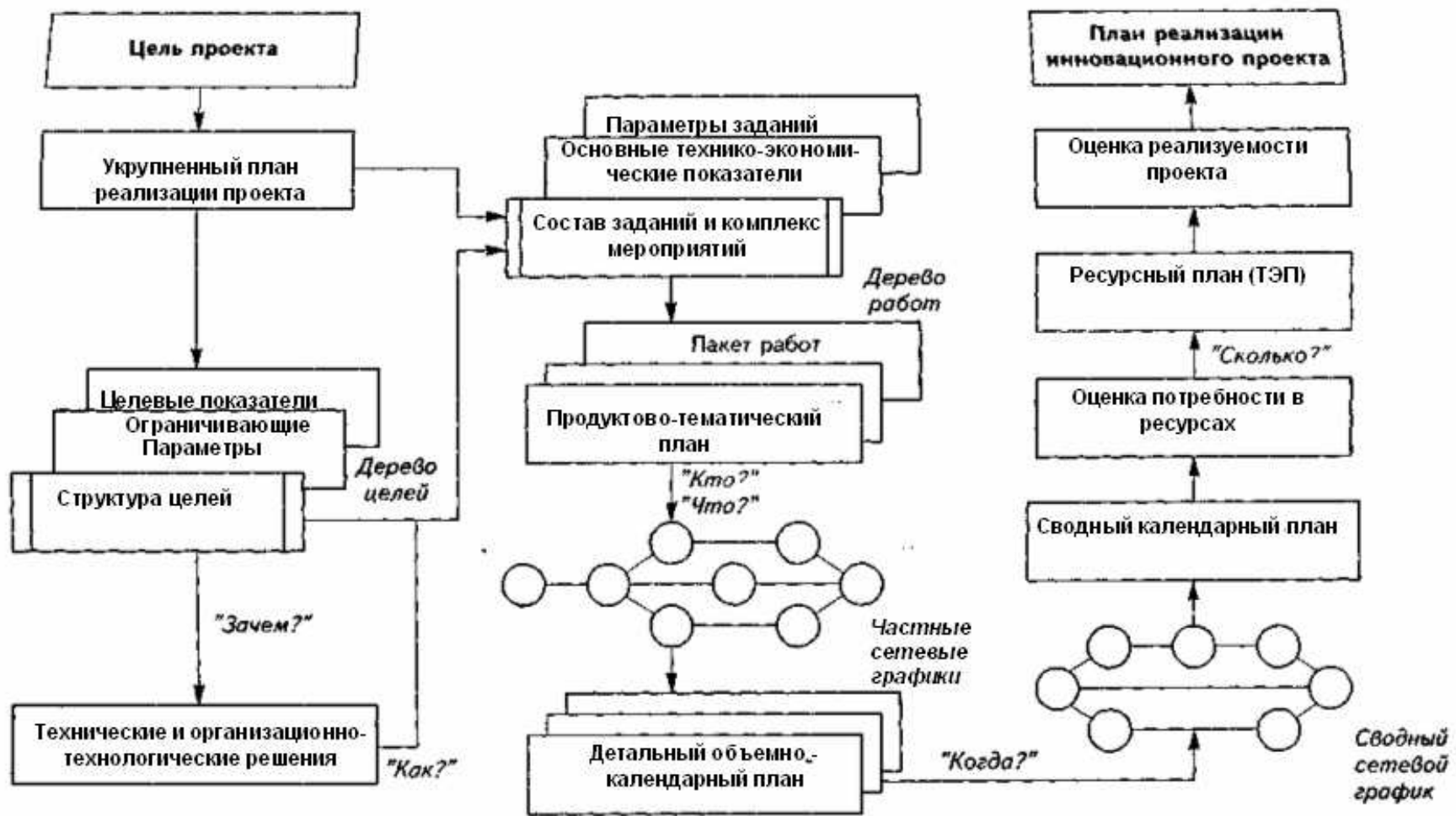


Рис. 4.7. Основные этапы процесса планирования инновационного проекта

На этапе планирования реализации инновационного проекта разрабатываются календарные и ресурсные планы. Для этого строятся частные и сводные сетевые модели комплексов работ, разрабатываются детальные и сводные календарные планы, определяется потребность в ресурсах и анализируется реализуемость проекта. На этом же этапе производится оформление документов по пакету планов и утверждение планов и бюджета. На этапе контроля хода реализации проекта осуществляется контроль за выполнением плановых заданий и при необходимости корректировка планов.

Номенклатура показателей и глубина разработки отдельных планов изменяется в зависимости от масштаба и вида инновационного проекта. Принимаемые в процессе планирования решения должны обеспечить реализуемость проекта в заданные сроки с минимальной стоимостью и затратами ресурсов и при высоком качестве выполнения работ. Различают четыре типа оценок реализуемости проекта: логическая (учет логических ограничений на возможный порядок выполнения работ во времени), ресурсная (учет ограниченности наличных или доступных ресурсов в каждый момент времени выполнения проекта), финансовая (обеспечение положительного баланса денежных средств как особого вида ресурса), экономическая (или оптимизация комплекса работ по времени, стоимости и качеству выполнения).

4.3.2. ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТА

Широкое распространение в мире получила система методов управления проектами, известная в России под названием *сетевое планирование и управление* (СПУ). Аппарат СПУ предназначен для решения двух основных проблем: формирования календарного графика выполнения работ проекта и принятия эффективных решений в процессе его реализации. Эффект, достигаемый при использовании системы СПУ, обусловлен формализацией структуры проекта и количественным выражением его параметров, в первую очередь - временных. Это позволяет использовать строгий математический аппарат и средства вычислительной техники для анализа и синтеза сетевых графиков проектов. Система СПУ — один из наиболее известных примеров использования математического аппарата к решению задач экономико-управленческого характера. Она основана на графическом представлении комплекса работ в виде *сетевой модели* проекта, которая отражает логические последовательности и взаимосвязи между отдельными работами. Для формального отображения сетевых моделей применяется математический аппарат *теории графов*.

Основные положения теории графов. Теория графов — область дискретной математики, которая занимается исследованием и решением разнообразных проблем, связанных с объектом, называемым *графом*. Первые работы по теории графов были выполнены в XVIII в. Леонардом Эйлером. Назовем графом $G(N, A)$ совокупность двух конечных множеств: N — множества *вершин* или *узлов* графа и A — множества пар этих вершин, называемых *ребрами* графа. Из определения следует, что граф может быть задан аналитически про-

стым перечислением элементов обоих множеств. Например:

$\{N\}_1^n = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, где число вершин $n = 6$;

$\{N\}_1^n = 3-6; 5-1; 2-4; 4-6; 6-5; 1-3; 2-3; 4-1$, где число ребер $k = 8$.

Однако наибольший интерес представляет второй способ его задания — *графический*. Зададим на плоскости множество NB в виде кружков и множество A в виде линий, соединяющих эти кружки. Тогда тот же граф будет иметь вид, представленный на рис. 4.8. Ребро считается ориентированным, если порядок следования вершин в соответствующей паре $(ij) \in A$ строго задан. Такие пары называются *дугами* графа и изображаются на рисунках стрелками. Граф $G(N, A)$ называется *ориентированным*, если все элементы его множества A - дуги.

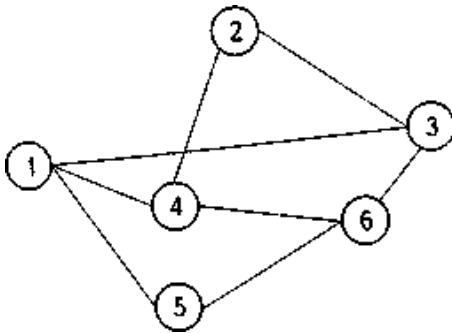


Рис. 4.8. Граф

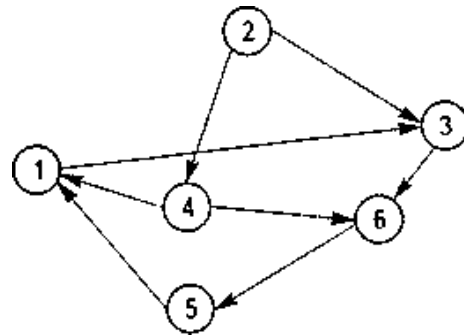


Рис. 4.9. Ориентированный граф

Если считать заданный выше граф ориентированным, то его графическое представление будет таким (рис. 4.9). *Путь* в ориентированном графе - это последовательность сцепленных одинаково ориентированных дуг, т. е. это такая последовательность дуг, в которой каждая вершина, конечная для предыдущей дуги, является начальной для последующей. *Цикл* в графе - это путь, начинающийся и заканчивающийся в одной и той же вершине. На рис.4.9 есть цикл - 1-3, 3-6, 6-5, 5-1. Вырожденный цикл, состоящий из одной дуги $(ii) \in A$ называется *петлей*. Цикл в неориентированном графе или цикл, составленный из дуг без учета их ориентации, называется *контуром*.

Граф называется *связным*, если при любом разбиении множества его вершин на два подмножества всегда найдется хотя бы одна дуга, принадлежащая множеству L , связывающая вершины двух этих подмножеств. Заданный нами ранее граф — связный. Граф $H(N, A)$ является *графом-деревом*, если для него выполняются два из трех условий: 1) это связный граф; 2) число его ребер на единицу меньше числа вершин, т. е. $k = n - 1$; 3) он не имеет контуров. Граф $H(N, A^*)$ является *подграфом-деревом графа* $G(N, A)$, если $H(N, A^*)$ — это граф-дерево, построенный на том же множестве узлов, что и $G(N, A)$, а множество его ребер $A^* \& A$. Один из возможных вариантов подграфа-дерева графа, изображенного на рис. 4.8, представлен на рис. 4.10.

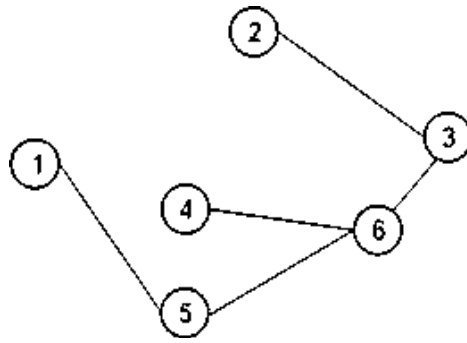


Рис. 4.10 Подграф-дерево неориентированного графа

Для выполнения формальных преобразований и постановки прикладных задач удобна *матричная* форма задания графов. Полную информацию о графе дает *матрица смежности вершин* (*матрица репрезентативности графа*). Это квадратная матрица размерности $n \times n$, в которой единицы ставятся на пересечении i -х строк и j -х столбцов для всех дуг $(ij) \in A$. Остальные клетки матрицы содержат нули. Если граф ориентированный, то вершинам i , называемым вершинами-предками, соответствуют строки матрицы, а вершинам j , называемым вершинами-потомками, — ее столбцы. Матрица смежности вершин графа, заданного с помощью рис. 4.9, показана в табл. 4.1.

Таблица 41

Матрица смежности вершин графа

		<i>Вершины-потомки</i>					
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Вершины-предки</i>	<i>1</i>			1			
	<i>2</i>			1	1		
	<i>3</i>						1
	<i>4</i>	1					1
	<i>5</i>	1					
	<i>6</i>					1	

Число единиц в матрице равно размерности множества A . Если граф не содержит петель, то его главная диагональ заполнена нулями. Любое ребро неориентированного графа можно представить как совокупность двух противоположно направленных дуг. Это значит, что матрица репрезентативности неориентированного графа включает два полных комплекта единиц и является симметричной относительно главной диагонали.

Постановка задачи управления проектом. Пусть дан ориентированный связный граф без циклов $G(N, A)$. Зададим на нем некоторую функцию T таким образом, что каждой дуге графа $(ij) \in A$ поставим в соответствие некоторое неотрицательное число t_{ij} . Назовем дуги графа работами, вершины — событиями, а числа t_{ij} — продолжительностями работ. *Работа* — это некоторое действие, сопровождающееся затратами времени, материальных, трудовых и финансовых ресурсов. *Фиктивная работа* не требует затрат времени или других ресурсов: $t_{ij} = 0$; она отражает лишь логическую взаимосвязь между событиями (за i следует

ж). Обозначается фиктивная работа, как правило, пунктирной стрелкой. *Событие* — это промежуточный этап выполнения комплекса работ. Событие означает, что все предшествующие ему работы завершены и существуют необходимые и достаточные условия для начала следующих за ним работ. С учетом введенных определений граф представляет собой *сетевую модель комплекса работ*. Такую модель можно отнести к группе од-нопродуктовых моделей, так как на ней подлежит контролю только один параметр — время.

Правила графического представления сетевых моделей. Сетевая модель комплекса работ должна быть представлена ориентированным связным графом без циклов. При этом она должна иметь только одно начальное и одно завершающее событие, т. е. одно логическое начало и одно завершение проекта. Если это требование не выполняется и возникают так называемые тупики первого и второго рода, то проблема решается введением фиктивных работ, как это показано на рис. 4.11.

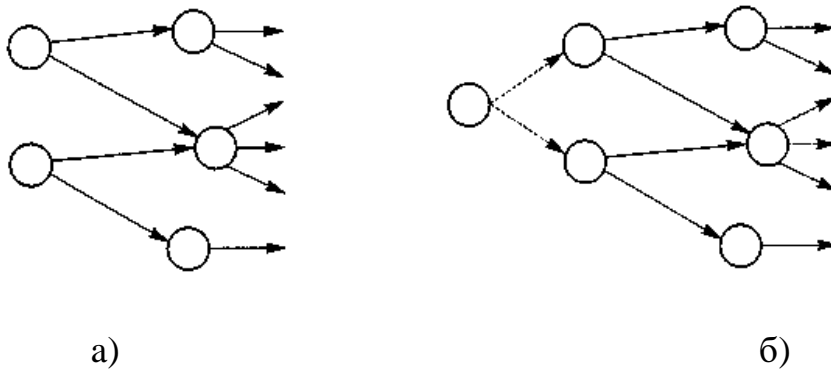


Рис. 4.11. Пример избавления от тупика первого рода в сети с помощью двух фиктивных работ:

а - технически неверно выполненное начало сети; б - начало сети соответствует требованиям к сетевым моделям проектов

Выдвигается еще одно требование к сетевым моделям. Поскольку одна работа в сетевой модели или дуга в графе связывает (представляет) пару смежных событий или вершин, второй, третьей и т. д. Работы (дуги) между парой тех же вершин быть не может. Однако, следуя реальной логике взаимосвязи работ, такая конструкция может возникнуть. Снять противоречия между техникой исполнения и логикой сетевой модели помогают те же фиктивные работы, дополнительно введенные в сеть (рис. 4.12).

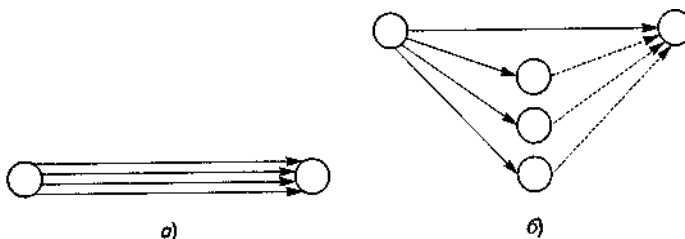


Рис. 4.12. Технически недопустимое (а) и правильное (б) графическое представление логической связи между четырьмя работами

4.3.3. РАСЧЕТ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТА

Основными задачами сетевого анализа являются календарное планирование и оперативный контроль сроков начала и завершения выполнения отдельных работ и этапов проекта с использованием его сетевой модели. Для этого предварительно выполняется расчет двух групп временных характеристик проекта — параметров свершения событий и параметров выполнения работ. К первой группе относятся: 1) ранние сроки свершения событий; 2) поздние сроки свершения событий; 3) резервы событий; 4) продолжительность критического пути. Ко второй группе относятся: ранние сроки начала и окончания работ; 2) поздние сроки начала и окончания работ; 3) резервы работ (полный резерв, свободный резерв, частный резерв первого рода, частный резерв второго рода).

Существуют два подхода к расчету временных характеристик, при которых продолжительности работ считаются: а) строго детерминированными величинами; б) случайными величинами. Рассмотрение методов СПУ начнем с первого подхода, как более простого в понимании и применении. Он был разработан и впервые использован в начале 1950-х гг., что определило качественный скачок в развитии теории и практики менеджмента проектов. Во всем мире этот подход известен как *метод критического пути (critical path method, CPM)*.

Ранний срок свершения события — это наиболее раннее время свершения данного события относительно начала выполнения комплекса работ. Ранний срок свершения события (t_{pi}) численно равен продолжительности максимального из путей от начального события сетевой модели до данного события. Отметим, что в реальной крупной сети число путей от ее начала до любого события, расположенного ближе к концу, может быть и очень велико. Поэтому прямо использовать приведенное выше определение для расчета ранних сроков событий не представляется возможным. Для этого используется специальный алгоритм, называемый *алгоритмом Форда*, существенно сокращающий объем проводимых вычислений: 1) для начального события сети всегда $t_{p1} = 0$; 2) для каждого последующего события по порядку выбирается максимум по всем его предкам $t_{pi} = \max\{t_{pi} + t_{ij}\}$. Результаты расчетов сводятся в таблицу, форма которой представлена ниже (табл. 4.2). Число записей ($t_{pi} + t_{ij}$) в столбце таблицы равно числу предков у данного события; максимальное значение как-либо выделяется и используется для расчетов ранних сроков последующих событий.

По определению ранний срок завершающего события сети равен длительности максимального полного пути данной сети, т. е. максимального пути, связывающего начальное и конечное события. Такой путь называется *критическим*. Именно этот путь (последовательность работ) определяет срок завершения проекта. Именно на работы критического пути руководители проекта в целом, направлений, тем и т. д. должны обращать основное внимание во избежание срыва сроков выполнения проекта, либо желая ускорить его завершение. Таким образом, алгоритм Форда позволяет найти *продолжительность критического пути $T_{кр}$* , однако он не дает ответа на вопрос, какая последовательность работ является критической. Работа принадлежит критическому пути, если вы-

полняется условие: $t_{pj} - t_{pi} = t_{ij}$, причем проверка начинается с завершающего события и идет к началу сети. Если проверять это условие наоборот от начального события, то ему будет удовлетворять множество работ, составляющих подграф-дерево максимальных путей от начального события до всех событий сети. И только одна ветвь этого дерева будет полной, т. е. явится критическим путем. Проверка условия от завершающего события к началу отсекает все лишние ветви и существенно сокращает объем вычислений. В сети возможно существование нескольких критических путей, имеющих максимальную и равную длительность.

Поздним сроком свершения события (t_{pi}) называется предельное по отношению к началу выполнения комплекса работ время свершения данного события, не влияющее на срок завершения проекта. Поздний срок свершения события численно равен разности между длиной критического пути T и продолжительностью максимального из путей от данного события до завершающего μ_i :

$$t_{pi} = T_{кр} - \mu_i.$$

Значения μ_i могут быть найдены с помощью алгоритма Форда, исполненного в обратную сторону, т. е. от завершающего события к начальному против направления стрелок. Тогда $\mu_i = \max\{\mu_j + t_{ij}\}$ (максимум отыскивается по всем потомкам j события i) и

$$t_{pi} = T_{кр} - \mu_i = T_{кр} - \max\{\mu_j + t_{ij}\} = \min\{T_{кр} - \mu_j - t_{ij}\},$$

но так как $t_{pi} = T_{кр} - \mu_i$, можно записать $t_{pi} = \min\{t_{pi} - t_{ij}\}$. Расчеты поздних сроков выполняются в той же таблице, что и ранних, по аналогичным правилам (табл. 4.2). На основании проверки выполнения условия $t_{pi} - t_{pi} = t_{ij}$ может быть построено дерево максимальных путей от каждого события сети до завершающего (при проверке от конца к началу) или сразу же выделен критический путь (при проверке от начального события к конечному).

Резерв события показывает продолжительность интервала времени, в течение которого может свершиться данное событие. Резерв событий R_i определяется по формуле:

$$R_i = t_{pi} - t_{pi}.$$

Ранние и поздние сроки начала и окончания работ. До сих пор речь шла только о сроках свершения событий. Однако исполнители проекта ориентируются на выполнение работ. Поэтому для их удобства вводится (рассчитывается) еще одна группа временных характеристик проекта, привязанных к работам, а именно:

раннее начало работы,

$$t_{рн}^{ij} = t_{pi};$$

раннее окончание работы, $t_{po}^{ij} = t_{pi} + t_{ij}$;

позднее окончание работы, $t_{no}^{ij} = t_{ni}$;

позднее начало работы,

$$t_{пн}^{ij} = t_{ni} - t_{ij}.$$

Резервы работ. Большое значение для менеджера проекта имеет знание резервов, которыми располагают отдельные работы. Существуют четыре вида резервов работ - полный, свободный и два частных; причем анализ каждого из них имеет для менеджера свой смысл:

полный резерв работы,

$$R_{п}^{ij} = t_{nj} - t_{pi} - t_{ij};$$

свободный резерв работы,

$$R_{св}^{ij} = \max\{t_{pj} - t_{ni} - t_{ij}; 0\};$$

частный резерв 1-го рода,

$$R_{ч1}^{ij} = t_{nj} - t_{ni} - t_{ij};$$

частный резерв 2-го рода,

$$R_{ч2}^{ij} = t_{pj} - t_{pi} - t_{ij}.$$

Полный резерв — это максимальный резерв работы. Он образуется, если событие-предок свершается в ранний срок, а событие-потомок - в поздний. Если работа использует полный резерв, то в сети появляется новый критический путь, проходящий через нее, и, следовательно, все работы, лежащие на этом пути, полностью лишаются резервов. Частично при этом лишаются резервов и работы, связанные с этим путем, т. е. такие работы, у которых только предок или потомок лежат на этом пути.

Свободный (независимый) резерв — это минимальный резерв работы. Поскольку интервал между t_{pi} и t_{ni} не может быть уменьшен, работа только сама располагает свободным резервом. Никакие другие работы воспользоваться им не могут. Свободный резерв возникает у работ достаточно редко и только в тех случаях, когда между событиями — предком и потомком данной работы существует другой «обходной» путь большей длительности, чем продолжительность самой работы. Свободный резерв — это единственный резерв, который по расчету может оказаться отрицательным. Но поскольку это не имеет смысла, резерв в таком случае принимается равным нулю. *Частный резерв 1-го рода* равен нулю на ветвях подграфа-дерева максимальных путей от каждого события сети до завершающего. Действительно, для работ, принадлежащих этому дереву, выполняется условие $t_{nj} - t_{ni} = t_{ij}$, или, что то же самое, $t_{nj} - t_{ni} - t_{ij} = 0$. Следовательно, частный резерв 1-го рода образуется у работ, не входящих в это дерево. Если работа использует данный резерв, то она частично или полностью лишит резервов другие работы, следующие за ней.

Частный резерв 2-го рода образуется у работ, не лежащих на дереве максимальных путей от начального до каждого события сети. Если работа исполь-

зует данный резерв, то это повлияет на резервы предшествующих работ, но не повлияет на резервы последующих. Результаты расчетов всех параметров работ сводятся в таблицу (табл. 4.3).

Пример 4.1

Пусть задана сетевая модель проекта (рис. 4.13). Длительность работ указана на модели около каждой из них. Требуется рассчитать все временные характеристики проекта, указать, как проходит критический путь.

Результаты расчетов ранних и поздних сроков свершения событий методом Форда сведены в табл. 4.2. Причем расчет поздних сроков выполнен двумя методами — через промежуточные величины μ и без них. Оба расчета имеют одинаковую силу, поэтому пользоваться можно любым из них. Напомним, что ранние сроки представлены в таблице слева направо, а значения μ и поздние сроки — справа налево. В таблицу также включен расчет резервов событий.

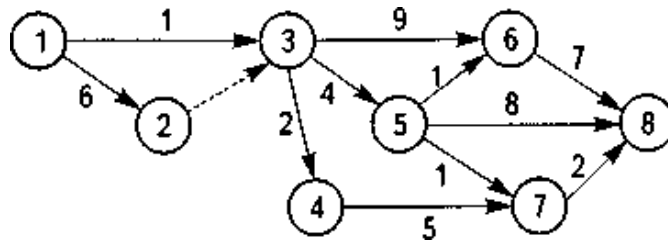


Рис. 4.13. Сетевая модель проекта

Таблица 4.2

Параметры	События							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ранние сроки свершения событий	0	6	1	8	10	15	11	22
			6			11	13	18
Промежуточные величины μ	0	6	6	8	10	15	13	22
	22	16	9	7	8	7	2	0
Поздние сроки свершения событий	5	6	13	15	14	15	20	22
	0	6	10		19			
Резервы событий	0	0	6	7	14	0	7	0

События на критическом пути всегда имеют нулевой резерв. Однако пользоваться этим свойством для отыскания последовательности критических работ надо осторожно. Например, для нашей сети, используя его, нельзя ответить на вопрос, единственен ли критический путь, проходящий по работам 1—2, 2—3 и далее, или есть второй — через работу 1—3.

Отыщем критический путь, следуя приведенному ранее алгоритму. Начнем с завершающего события:

$$\begin{aligned} t_{p8} - t_{p7} &= 22 - 13 = 9 > t_{78}; \\ t_{p8} - t_{p6} &= 22 - 15 = 7 = t_{68}; \\ t_{p8} - t_{p5} &= 22 - 10 = 12 > t_{58} \end{aligned}$$

Это означает, что работа 6 - 8 является критической и продолжать про-верку следует для события 6:

$$\begin{aligned} t_{p6} - t_{p3} &= 15 - 6 = 9 = t_{36}; \\ t_{p6} - t_{p5} &= 15 - 10 = 5 > t_{56}. \end{aligned}$$

Работа 3 - 6 также критическая, и проверку продолжим для события 3:

$$\begin{aligned} t_{p3} - t_{p1} &= 6 - 0 = 6 > t_{13}; \\ t_{p3} - t_{p2} &= 6 - 0 = 6 = t_{23}; \end{aligned}$$

Фиктивная работа 2—3 также принадлежит критическому пути, и проверку завершим работой 1—2:

$$t_{p2} - t_{p1} = 6 - 0 = 6 = t_{12}.$$

Таким образом, критический путь включает работы 1—2, 2—3, 3—6 и 6-8. Результаты расчетов раннего и позднего начала и окончания работ, а также всех четырех резервов работ приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Работа, ij	t_{ij}	Начало и окончание работ				Резервы работ			
		$t_{\text{нн}}$	$t_{\text{по}}$	$t_{\text{рн}}$	$t_{\text{по}}$	$R_{\text{Пij}}$	$R_{\text{Нij}}$	$R_{\text{ч1ij}}$	$R_{\text{ч2ij}}$
1 - 2	6	0	6	0	6	0	0	0	0
1 - 3	1	0	1	5	6	5	5	5	5
2 - 3	0	6	6	6	0	0	0	0	0
3 - 4	2	6	8	13	15	7	0	7	0
3 - 5	4	6	10	10	14	4	0	4	0
3 - 6	9	6	15	6	15	0	0	0	0
4 - 7	5	8	13	15	20	7	0(-7)	0	0
5 - 6	1	10	11	14	15	4	0	0	4
5 - 7	1	10	11	19	20	9	0(-2)	5	2
5 - 8	8	10	18	14	22	4	0	0	4
6 - 8		15	22	15	22	0	0	0	0
7 - 8	2	13	15	20	22	7	0	0	7

4.3.4. АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАВЕРШЕНИЯ ПРОЕКТА В СРОК

На практике при формировании первичных сетевых моделей бывает сложно дать точную оценку длительности выполнения отдельных работ. Особенно если это работы творческие по содержанию (например, исследовательские, конструкторские и др.). Тогда используется второй подход к расчету временных характеристик проекта: продолжительности работ считаются случайными величинами и задаются с помощью системы оценок.

В 1958 г. был разработан и впервые применен новый метод сетевого анализа — метод *PERT* (*program evaluation and review technique*), или *метод оценки и пересмотра программ*. Метод РДОГ использует статистические данные для количественной оценки неопределенности, которая может встретиться при вы-

полнении физических, а особенно — умственных работ. Он весьма эффективен там, где до сих пор не было основы для установления норм времени, необходимого для выполнения каждой из таких работ.

Напомним, что для задания случайной величины, как правило, достаточно указать: 1) закон ее распределения; 2) математическое ожидание; 3) дисперсию. Однозначного решения относительно закона распределения продолжительностей работ нет. Ученые склоняются к двум вариантам, которым соответствуют два подхода:

1. Если длительность работ считать подчиняющейся нормальному закону распределения, то следует использовать двухоценочную систему, в которой для каждой работы задаются оптимистическая оценка длительности (a) и ее пессимистическая оценка (b_{ij}). Причем $a_{ij} \leq t_{ij} \leq b_{ij}$.

При этом рассчитывается математическое ожидание длительности работы

$$(\bar{t}_{ij}): \quad \bar{t}_{ij} = \frac{3a_{ij} + 2b_{ij}}{5},$$

а также дисперсия длительности (σ_{ij}^2):

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{(b_{ij} - a_{ij})^2}{25}$$

2. Если длительность работ считать подчиняющейся закону β -распределения, то следует использовать трехоценочную систему, в которой дополнительно задается m — медиана, а расчеты выполняются несколько иначе:

$$\bar{t}_{ij} = \frac{a_{ij} + 4m_{ij} + b_{ij}}{6},$$

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{(b_{ij} - a_{ij})^2}{36}.$$

Далее могут быть рассчитаны все временные характеристики проекта с помощью уже известных алгоритмов (см. подраздел 4.3.3).

Поскольку в алгоритмах используются только действия сложения вычитания и применяются они к математическим ожиданиям длительности работ, то и результат любого расчета также будет представлять собой математическое ожидание случайной величины. Ее дисперсия будет равна сумме дисперсий работ, которые участвовали в расчете. Определенные таким образом параметры проекта в силу центральной предельной теоремы теории вероятности распределены по нормальному закону. Все сказанное справедливо лишь для достаточно больших проектов, где при расчетах параметров суммируются более десятка случайных величин—длительностей работ. Стохастическая постановка управления проектами позволяет решить две специфические задачи: 1) определить, с какой вероятностью проект будет завершён к плановому сроку; 2) рассчитать, к какому сроку проект может быть завершён с заданной вероятностью. Для решения обеих задач используется ξ -нормированное отклонение случайной величины, распределенной нормально, или *квантиль*. Если задан плановый срок $T_{пл}$,

то выполняется расчет:

$$\xi(p) = \frac{T_{пл} - T_{кр}}{\sigma_{кр}^2},$$

где T — математическое ожидание длины критического пути;

$\sigma_{кр}^2$ — дисперсия критического пути, рассчитанная как сумма дисперсий

работ, лежащих на критическом пути, $\sigma_{кр}^2 = \sum_{y \in T_{кр}} \sigma_y^2$.

Затем по таблице накопленной (интегральной) вероятности для нормального закона распределения отыскивается значение искомой вероятности. Если задана требуемая вероятность завершения проекта p_0 , то по той же таблице для нее определяется значение квантиля и выполняется расчет ожидаемого срока по формуле:

$$T_{ож} = T_{кр} + \xi(p_0)\sigma_{кр}.$$

Пример 4.2

Пусть задана вероятностная сетевая модель проекта, топология которой показана на рис. 4.14, а оценки длительности работ сведены в табл. 4.4. Требуется определить, с какой вероятностью проект будет завершён к следующим срокам: а) $T_{пл} = 160$ дн.; б) $T_{пл} = 159$ дн.; в) $T_{пл} = 155$ да.; а также к какому сроку завершится проект со следующими вероятностями: а) $p_0 = 0,8$; б) $p_0 = 0,5$; в) $p_0 = 0,1$.

В табл. 4.5 показаны также результаты расчета математических ожиданий и дисперсий длительности всех работ сети. Выделены дисперсии работ критического пути, в сумме составляющие $\sigma_{кр}^2 = 8,44$. Расчет ранних сроков событий, в том числе продолжительности критического пути, нахождение последовательности работ критического пути выполнены с помощью метода Форда (табл. 4.5).

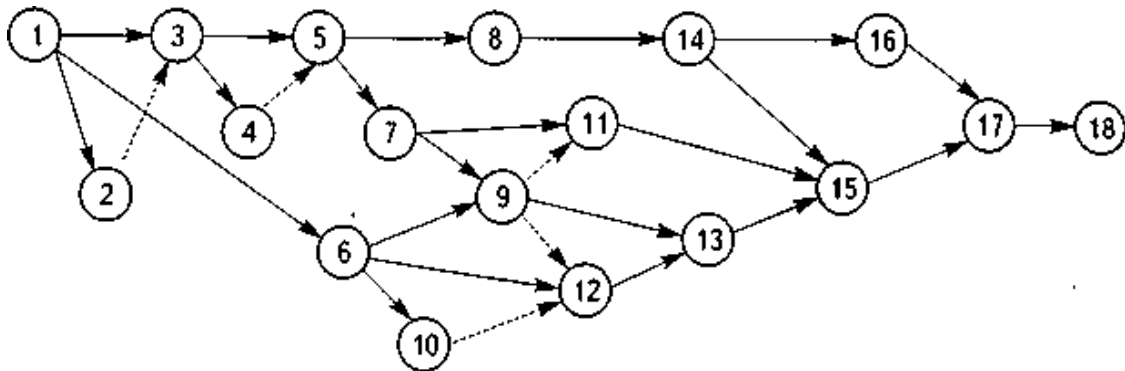


Рис. 4.14. Исходная сетевая модель проекта для стохастического расчета

Таблица 4.4

Код работы	Оценки длительности работы			t_{ij}	σ_{ij}^2	Код работы	Оценки длительности работы			t_{ij}	σ_{ij}^2
	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}				a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}		
1-2	19	22	25	22,00	1,00	8-14	17	18	20	18,17	0,25
1-3	7	8	9	8,00	0,11	9-11	0	0	0	0	0
1-6	1	2	3	2,00	0,11	9-12	0	0	0	0	0

2-3	0	0	0	0	0	9-13	11	13	14	12,83	0,25
3-4	15	17	19	17,00	0,44	10-12	0	0	0	0	0
3-5	11	12	14	12,17	0,25	11-15	6	7	8	7,00	0,11
4-5	0	0	0	0	0	12-13	24	27	30	26,30	1,00
5-7	16	20	25	20,17	2,25	13-15	18	20	23	20,17	0,69
5-8	1	2	3	2,00	0,11	14-15	5	9	12	8,83	1,36
6-9	2	3	4	3,00	0,11	14-16	10	11	13	11,17	0,25
6-10	2	3	4	3,00	0,11	15-17	14	18	20	17,67	1,00
6-12	2	3	4	3,00	0,11	16-17	1	6	9	5,67	1,78
7-9	22	26	29	25,83	1,36	17-18	8	10	13	10,17	0,69
7-11	4	5	6	5,00	0,11						

Рассчитаем значения квантиля для трех вариантов прямой задачи и найдем по ним вероятности, используя таблицу значений функции накопленной вероятности:

а) $T_{пл} = 160$ дн.,

$$\xi(p) = \frac{160 - 159,33}{2,906} = 0,2305, \Rightarrow p = 0,5 + 0,0909 = 0,5909;$$

Таблица 4.5

		События								
Ранние сроки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		0	22	8	39	34,17	2		41	85
		0	22	22	39	39	2	59,17	41	85

Окончание табл. 4.5

		События								
Ранние сроки	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
		5	85	85	97,83	59,17	68	70,33	76	159,33
		5	64,17	5	111,33		92		149,17	
	5	85	85	111,33	59,17	131,5	70,33	149,17	159,33	

б) $T_{пл} = 159$ дн.,

$$\xi(p) = \frac{159 - 159,33}{2,906} = -0,1136, \Rightarrow p = 0,5 - 0,0457 = 0,4543;$$

в) $T_{пл} = 155$ дн.,

$$\xi(p) = \frac{155 - 159,33}{2,906} = -1,4900, \Rightarrow p = 0,5 - 0,4319 = 0,0681.$$

Теперь используя ту же таблицу, отыщем квантили по заданным значениям вероятности и на их основе рассчитаем ожидаемые сроки завершения проекта:

а) $p_0 = 0,8 \Rightarrow \xi(p_0) = 0,841,$

$$T_{ож} = 159,33 + 0,841 \times 2,906 = 161,77 \text{ дн.};$$

б) $p_0 = 0,5 \Rightarrow \xi(p_0) = 0,$

$$T_{ож} = 159,33 + 0 \times 2,906 = 159,33 \text{ дн.};$$

в) $p_0 = 0,1 \Rightarrow \xi(p_0) = -1,281,$

$$T_{ож} = 159,33 - 1,281 \times 2,906 = 155,61 \text{ дн.}$$

Логично было бы предполагать, что вероятность завершения проекта к сроку, превышающему математическое ожидание $T_{кр}$, окажется более 50%, к сроку меньшему чем тема-

тическое ожидание $T_{кр}$, - менее 50%, а с вероятностью 50% проект завершится именно к этому сроку. Расчеты полностью подтверждают логику наших рассуждений.

4.3.5. ЗАДАЧА МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПРОЕКТ

До сих пор мы рассматривали сетевые модели комплексов работ, в которых подлежал контролю лишь один параметр — время. Очевидно, что такой подход существенно обедняет процесс управления проектами. Для устранения этого недостатка введем в рассмотрение второй параметр — стоимость выполнения работ, а на сети поставим задачу минимизации затрат на проект.

Пусть дан граф $G(N, A)$, представляющий собой сетевую модель комплекса работ. Поставим в соответствие каждой работе сети два параметра — продолжительность выполнения (t_{ij}) и затраты на выполнение (p_{ij}). Очевидно, что затраты находятся в обратной зависимости от продолжительности, т. е. чем раньше надо закончить работу, тем больше средств придется в нее вложить (оплата труда исполнителей, затраты на оборудование и пр.). Эта зависимость имеет сложный характер, и для упрощения решения задачи ее следует аппроксимировать прямой, график которой представлен на рис. 4.15.

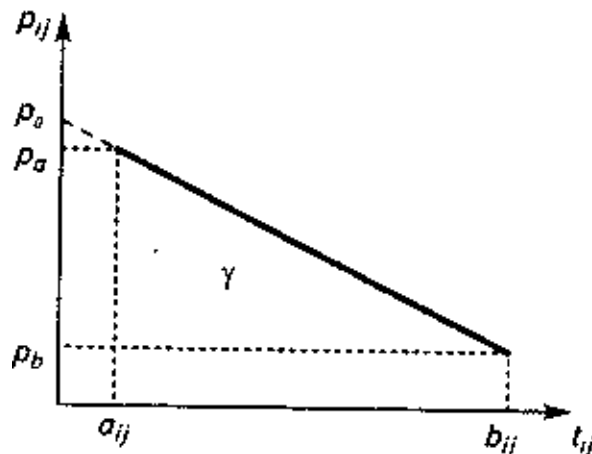


Рис. 4.15. Зависимость затрат на работу от ее продолжительности:

b_{ij} - нормальная продолжительность работы; a_{ij} - ускоренная продолжительность работы; p_b - затраты при нормальной продолжительности; p_a - затраты при ускоренной продолжительности; $a_{ij} \leq t_{ij} \leq b_{ij}$

Угол наклона прямой (без учета знака) характеризует интенсивность нарастания затрат, т. е. приращение затрат, необходимое для сокращения длительности работы на единицу: $\text{tg } \gamma = c_{ij} = (p_a - p_b) / (b_{ij} - a_{ij})$. Приращение затрат — величина, обратная эффективности вложения средств в сокращение длительности работы: $\epsilon_{ij} = 1/c_{ij}$. Другими словами, вложение дополнительных средств наиболее эффективно в работы, которые имеют минимальные значения угловых коэффициентов c_{ij} . Затраты на выполнение работы в общем случае определяются по формуле:

$$p_{ij} = p_0 - c_{ij} t_{ij},$$

где p_0 — условная точка пересечения прямой затрат с осью ординат.

Суммарные затраты на выполнение всего проекта, которые следует минимизировать, тогда могут быть определены следующим образом:

$$P_{\Sigma} = \sum_{(ij) \in A} p_{ij} = P_0 - \sum_{(ij) \in A} c_{ij} t_{ij} \Rightarrow \min,$$

где P_0 - суммарные условные затраты (константа для данного проекта).

Задача минимизации затрат на проект — это оптимизационная задача, которая ставится как задача параметрического линейного программирования:

$$\begin{cases} \sum_{(ij) \in A} c_{ij} t_{ij} \Rightarrow \max; \\ t_{pj} \leq t_{pi} + t_{ij}; \\ a_{ij} \leq t_{ij} \leq b_{ij}; \\ T_{кр} = t_{пр} \geq 0. \end{cases}$$

Для ряда допустимых значений продолжительности критического пути как параметра требуется найти наборы значений переменных t_{ij} и $t_{пр}$, минимизирующие затраты на выполнение проекта. Графически оптимальное решение имеет вид кривой, ограничивающей снизу область допустимых решений задачи. Это кривая затрат на проект (рис. 4.16).

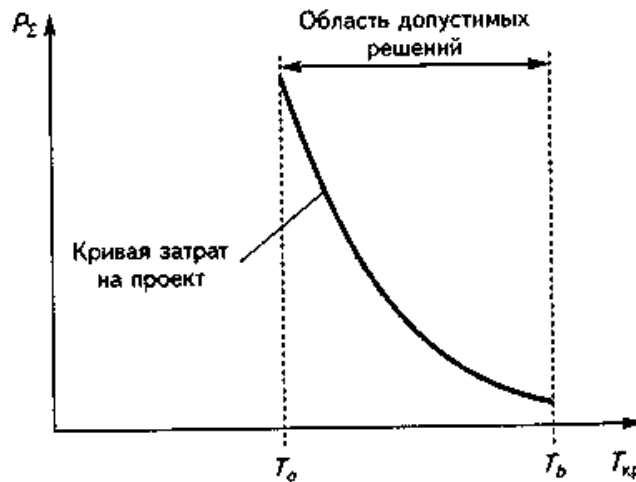


Рис. 4.16. Графическая интерпретация решения задачи

Прямая постановка задачи формулируется следующим образом: ^в какие конкретно работы нужно вложить дополнительные средства ^и насколько следует сократить их продолжительность, чтобы проект быш завершен к заданному сроку, а суммарные вложения были бы при этом минимальны. Обратная постановка задачи сводится к тому, как Распределить между работами ограниченные дополнительные инвестиции, чтобы достичь максимального сокращения срока завершения проекта. Решение и той и другой задачи возможно методами линейного программирования, но существует более быстрый и эффективный алгоритм, использующий сетевую постановку задачи. Это алгоритм Форда—Фалкерсона. Поставленная задача имеет тривиальное решение. Действительно,

для сокращения срока выполнения проекта необходимо вкладывать средства исключительно в критические работы, предварительно проранжировав их в порядке возрастания угловых коэффициентов (коэффициентов нарастания затрат). Однако на практике тривиальные решения встречаются нечасто. И при решении этой задачи может случиться, что в результате сокращения критического пути в сети появятся новые второй, третий и т. д. критические пути и использование описанного выше примитивного алгоритма окажется чрезвычайно затруднительным. Именно на такие сложные случаи рассчитан алгоритм Форда-Фалкерсона.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определение понятия «инновационный проект».
2. По каким признакам классифицируются инновационные проекты?
3. Перечислите состав и содержание основных этапов разработки инновационного проекта.
4. Какие методы используются для календарного планирования работ по проекту?
5. В чем состоит порядок сетевого планирования проекта?
6. Назовите основные элементы сетевого графика.
7. Перечислите параметры работ и событий сетевого графика и назовите методы их расчета.
8. В чем состоит различие системы *PERT* и метода *PERT/Costl*
9. Опишите содержание и задачи систем планирования и управления проектами *GERT*, *CPM/MRP*.
10. Назовите основных участников проектов и формы координации их деятельности в управлении проектами.
11. На рис. 4.17 показана сетевая модель проекта, значения продолжительности выполнения работ которого случайные величины, заданные трехоценочным способом в табл. 4.6. Требуется выполнить расчет временных характеристик проекта методом *PERTH* определить, к какому сроку будет завершен проект с вероятностью: а) 35%; б) 50%; в) 84%; г) 96,5%; какова вероятность завершения проекта к срокам: а) 80,5 дня; б) 79 дней; в) 83,5 дня.

Таблица 4.6

Код работы	Оценка длительности работы, дней			Код работы	Оценка длительности работы, дней		
	a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}		a_{ij}	m_{ij}	b_{ij}
1-2	1	2	6	7-9	3	5	7
1-4	1	2	3	9-11	10	18	920
2-3	8	10	12	10-12	4	6	10
2-5	3	4	9	11-12	6	8	4
4-6	4	5	8	11-14	2	3	23
4-7	4	5	8	11-15	19	21	9
5-6	1	2	5	12-13	3	5	3
6-8	4	7	9	12-14	1	2	9
6-9	15	21	24	13-14	5	6	12
6-10	6	10	14	14-15	8	10	

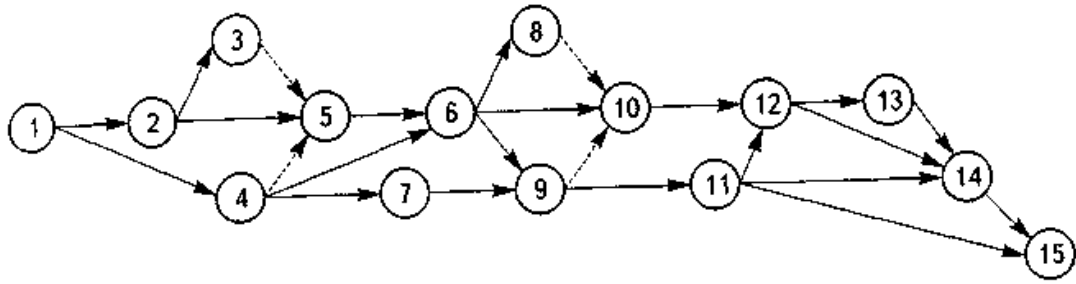


Рис. 4.17. Исходная сетевая модель для расчетов

ЧАСТЬ II. СТРАТЕГИЯ ПРОЦЕССА

ГЛАВА 5. ТИПЫ ПРОЦЕССОВ

5.1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС И ЕГО СТРУКТУРА

На принятой стратегии товара базируется выбор стратегии процесса. Стратегия процесса предполагает идентификацию типа процесса, выбор соответствующей стратегии управления процессом, принятие долгосрочных решений по организации процесса во времени и пространстве, обеспечению всеми видами ресурсов.

Рабочие процессы. Процесс создания товара (выполнения работы, оказания услуги) представляет собой *рабочий процесс*. Для сферы материального производства характерны рабочие процессы, связанные с производством товаров; их обычно называют *производственными процессами*. Для сферы сервиса характерны рабочие процессы, связанные с оказанием услуг; их обычно называют *сервисными процессами*. **Рабочий процесс** — это целенаправленная деятельность (совокупность действий, работ) по созданию потребительной стоимости, удовлетворяющей личные, коллективные (корпоративные) или общественные потребности.

Результатом рабочего процесса является *продукция*. Продукция как рыночная категория представляет собой товар. С маркетинговых позиций товар — все, что может удовлетворить потребность и предлагается рынку с целью приобретения, использования и потребления. В производственном (операционном) менеджменте под товаром обычно понимаются материально-вещественные объекты, услуги и идеи. В международной классификации принято выделять следующие виды (обобщенные родовые категории) продукции промышленности и ее инфраструктуры:

- *изделия*;
- *интеллектуальная продукция*, состоящая из записанной тем или иным способом информации (например, программное обеспечение для компьютеров, результаты научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ);
- *обработанные материалы*, к которым относятся поставляемые, как правило, в таре, не законченные производством полуфабрикаты, а также готовая продукция, еще не прошедшая предпродажной подготовки;
- *услуги*, которые могут быть материальными (например, доставка грузов перевозчиком) и нематериальными (например, консалтинг по организационно-правовым вопросам).

В зависимости от назначения продукция подразделяется на потребительские товары, предназначенные для потребления населением (домашними хозяйствами), и товары производственно-технического назначения, предназна-

ченные для потребления предприятиями и организациями в их рабочих процессах.

Структура рабочего процесса — это состав частей данного процесса и их взаимосвязи в отношении порядка следования или уровня вхождения. Элементарной составляющей рабочего процесса (его нижним уровнем) считается операция. *Операция* — это часть рабочего процесса, выполняемая над одним или несколькими предметами труда на одном или нескольких одинаковых рабочих местах без переналадки средств труда с участием или/и под контролем одного или нескольких работников (бригады, команды).

В зависимости от степени участия в создании потребительной стоимости или в достижении конечного результата на данной части рабочего процесса операции делятся на основные, вспомогательные и обслуживающие. В производстве *основными* считаются операции, непосредственно связанные с формированием и изменением размеров или свойств предметов труда. Выполнение этих операций строго регламентируется технологической документацией (операционная карта, схема инструментальной наладки, маршрутная карта), в которой закреплены основные технологические решения, принятые при разработке технологии изготовления данного предмета. Операции, связанные с перемещением предметов труда от одного рабочего места к другому или с техническим контролем качества, принято относить к *вспомогательным*. Обычно они также регламентируются технологической документацией, но в меньшей степени, чем основные операции. Остальные операции, которые обычно не регламентируются технологической документацией, относятся к *обслуживающим*. Их примером может служить складирование рабочим предметов труда на рабочем месте для создания страхового или оборотного запаса, получение рабочим комплекта инструмента в раздаточной кладовой для выполнения новой работы и др. Совокупность технологических операций, упорядоченная в отношении взаимного следования, образует *технологический процесс*. Выстроенные в порядке следования совокупности технологических операций, составляющих технологический процесс, и прочих операций или действий (в том числе выполняемых вне рабочих мест и без приложения живого труда) образуют *производственный (или сервисный) процесс*.

Рабочий процесс включает определенным образом упорядоченную (организованную) в пространстве и во времени совокупность процессов труда и естественных процессов, необходимых и достаточных для создания определенной продукции. *Процесс труда* — это рабочий процесс, требующий приложения живого или/и овеществленного труда. Например, изготовление ювелирного изделия ручной работы; обработка детали на станке с загрузкой-выгрузкой рабочим; выполнение вычислений компьютером по программе, разработанной программистом. *Естественный процесс* — это рабочий процесс, не требующий приложения ни живого, ни овеществленного труда. Например, созревание диких ягод и грибов до их сбора людьми; естественная сушка дерева и окрашенных предметов, предварительно подготовленных к этому человеком; многолетняя выдержка коньяка в условиях, специально созданных человеком; естественное охлаждение отливок, старение заготовок в металлообработке.

Рабочий процесс состоит из основных, вспомогательных и обслуживающих подпроцессов. *Основные процессы* — это рабочие процессы, связанные непосредственно с созданием товара (товарной продукции). *Вспомогательные процессы* — это рабочие процессы, связанные с созданием или восстановлением материальной продукции для собственного потребления, которая необходима для создания товарной продукции. *Обслуживающие процессы* — это рабочие процессы, связанные с созданием нематериальной продукции (услуги, работы) для собственного потребления, которая необходима для создания товарной продукции.

Например, для автомобилестроительной компании основным является процесс производства автомобилей по всем стадиям технологического цикла, вспомогательным - процесс производства нестандартной техоснастки и запчастей для технологического оборудования; обслуживающим — процесс технического обслуживания и ремонта оборудования. Для инструментального цеха той же компании процесс производства нестандартной техоснастки и запчастей является основным, так же как для ремонт-но-механического участка этого цеха техническое обслуживание и ремонт оборудования — основной процесс.

Рабочие процессы в производстве и сервисе включают обычно три стадии: подготовительную, стадию дезагрегированного выполнения работ и стадию соединения (сопряжения, сборки).

Например, в ресторанном бизнесе сначала закупаются отдельные ингредиенты будущего блюда, затем каждый из них подвергается индивидуальной обработке, в соответствии с рецептурой происходит их частичное и наконец, общее соединение, сопровождающееся совместной обработкой И пи другой пример. В машиностроительной компании выделяются:

- *заготовительная стадия*, когда получают заготовки посредством их закупки или собственного производства из исходных материалов (литейные и кузнечные процессы, процессы раскроя и резки материалов);
- *обрабатывающая стадия*, когда из заготовок получают детали посредством их обработки (механической, термической, гальванической и физико-химической);
- *сборочная стадия*, когда из деталей получают сборочные единицы, из которых формируется готовое изделие (сборка на болтовых соединениях, заклепках, пазах, сварка, прессование, спекание, склеивание, смешивание, пакование, атакже окраска, регулировка, доводка, обкатка в собранном виде, упаковка, консервация).

По характеру операций над предметом труда рабочие процессы разделяются на простые и сложные. *Простой процесс* — это рабочий процесс, в котором предмет труда подвергается последовательному ряду связанных между собой операций, в результате чего получается готовый или частичный продукт. *Сложный процесс* — это рабочий процесс, в котором готовый (или частичный) продукт получается путем соединения нескольких частичных продуктов (полуфабрикатов). Сложный процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных простых процессов, как правило, выполняемых параллельно - последовательно.

По степени охвата работ, необходимых для достижения конечного результата процесса, выделяют полные и частичные рабочие процессы. *Полный процесс* — это рабочий процесс, охватывающий полный комплекс работ, необходимых для получения конечного результата данного процесса. *Частичный процесс* — это незаконченная часть полного рабочего процесса, охватывающая лишь часть работ, необходимых для получения конечного результата данного процесса. Частичные процессы целенаправленно выделяются из полного процесса, чтобы наиболее эффективно организовать их выполнение в рамках обособленных в пространстве или/и времени специализированных *рабочих центров*.

Рабочие центры. *Рабочий центр* — это виртуальная или физическая структура, имеющая иерархическое строение, технологически и организационно обособленная в пространстве или/и во времени, предназначенная для наиболее эффективного выполнения частичного или полного рабочего процесса и наделенная для этого набором необходимых ресурсов. Рабочий процесс можно представить как процесс преобразования некоего входа в некий выход с заданным качеством процесса (рис. 5.1).

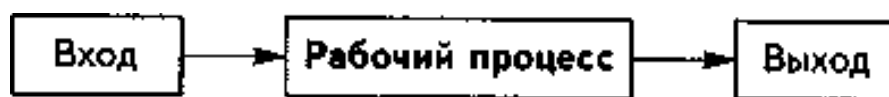


Рис. 5.1. Рабочий процесс

О качестве рабочего процесса судят по его эффективности (результативности):

$$\text{Эффективность} = \text{Выход} / \text{Вход};$$

$$\text{Эффективность} = \text{Полезный результат} / \text{Затраты на его получение}.$$

Если выходом для рабочего процесса является товар (продукция), то входом служит набор ресурсов, необходимых для создания данного товара. В ходе рабочего процесса эти ресурсы потребляются: одни из них — полностью за каждый рабочий цикл, другие — по частям за ряд повторяющихся циклов. Например, в производственном процессе при изготовлении каждой детали одновременно и в полном объеме потребляются материалы, выделенные на это в соответствии с нормами расхода, а оборудование и живой труд переносят на нее лишь часть своей стоимости. Многократно и длительно используемая (относительно постоянная) составляющая набора ресурсов (производственные площади, оборудование и персонал), необходимых для реализации рабочего процесса, образует физическую основу рабочего центра для выполнения данного процесса. Рабочий центр служит материально-вещественной оболочкой, в рамках которой осуществляется рабочий процесс: на вход для переработки подается однократно используемая (переменная) составляющая набора ресурсов (сырье, материалы, топливо и энергия), на выходе после переработки получается гото-

вая продукция (товар).

Строение рабочих центров можно охарактеризовать с точки зрения их элементного (ресурсного), функционального и организационного состава. В элементном (ресурсном) аспекте строение рабочих центров может быть представлено тремя укрупненными составляющими — предметами труда, средствами труда и живым трудом. В рабочем процессе интегрируется их взаимодействие: целенаправленное движение предметов труда по рабочим позициям, на каждой из которых они подвергаются целенаправленному воздействию со стороны средств труда и живого труда. В результате их отдельные действия и движения в рамках рабочего процесса сливаются в связные и целенаправленные процессы движения потоков (материалов и информации), процессы функционирования (технических средств) и трудовые процессы (персонала).

1. *Предметы труда* — это объекты рабочего процесса, для создания которых к ним прикладывается живой и овеществленный труд. Различают объекты основного рабочего процесса и вспомогательных обслуживающих рабочих процессов. К *объектам основного рабочего процесса*, например в промышленном производстве, принято относить объекты производства в различной степени готовности к конечному потреблению: сырье, материалы и комплектующие, заготовки, детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты, готовые изделия.

К *объектам вспомогательных (обслуживающих) рабочих процессов* в производстве принято относить вспомогательные предметы, или ингредиенты производства, в различной степени готовности к производственному потреблению (запасные части, инструмент режущий и мерительный, приспособления, тара многоразового и одноразового использования, смазочно-охлаждающие жидкости, топливо и другие энергоносители, отходы производства), услуги и работы производственно-технического назначения (техническое обслуживание и ремонт оборудования, зданий, сооружений, инженерных коммуникаций, транспортировка и хранение).

Условно предметы труда принято разделять на материалы и информацию. В процессе движения через последовательности рабочих центров, реализующих частичные рабочие процессы, материалы и информация образуют соответственно материальные и информационные потоки. *Материальные потоки* представлены следующими основными составляющими. *Комплектующие* — это покупные изделия, которые не изготавливаются на предприятии, а поступают в готовом виде (т. е. закупаются готовыми к производственному потреблению). *Деталь* — предмет, который не может быть разделен на части без разрушения его (например, изготавливаемый из цельной отливки, поковки, проката путем механообработки или формируемый из нескольких частей путем сварки). *Сборочная единица (узел)* — разъемное или неразъемное сопряжение нескольких Деталей. *Комплексы и комплекты* состоят из соединенных между собой сборочных единиц и деталей. *Изделием* может считаться законченный сборкой комплекс или комплект, подготовленный к продаже (т. е. представляющий собой готовый товар).

Перечень всех видов изделий, выпускаемых рабочим центром, называется

номенклатурой. Изделия могут быть *неспецифицированными*, когда они не имеют составных частей, и *специфицированными*, когда они состоят из двух и более составных частей. Изделия характеризуются рядом качественных и количественных параметров: конструктивной сложностью; размером и массой; видами, марками и типоразмерами применяемых материалов; трудоемкостью изготовления и сборки; степенью точности обработки; удельным весом стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и сборочных единиц; объемом выпуска.

2. *Средства труда* — это орудия труда, в которых овеществлен прошлый труд людей и которые используются в рабочем процессе для преобразования предметов труда в товар. К средствам труда относятся земля, здания и сооружения, средства транспорта, энергетические установки и сети, технологическое и информационно-управляющее оборудование, другие средства технологического и организационного оснащения, в том числе средства программного и информационного обеспечения.

3. *Живой труд* — это целесообразные действия человека по реализации рабочего процесса, связанные с затратами нервно-мышечной энергии при выполнении различных работ, требующих от человека приложения физических и/или интеллектуальных сил и способностей, в том числе при наблюдении и контроле за воздействием средств труда на предметы труда в автоматическом режиме. При выполнении рабочих процессов обычно возникает потребность в приложении как неквалифицированного, так и квалифицированного труда. Квалифицированный труд — это труд специалистов, подготовленных и обученных для выполнения специфических работ, обладающих определенной суммой теоретических знаний и практических навыков в данной области, что находит отражение в принадлежности каждого из них к определенной профессии, специальности и квалификационной группе.

В функциональном аспекте каждый рабочий центр может быть охарактеризован составом функций (работ), составляющих содержание частичного рабочего процесса. Прежде всего рабочие центры подразделяются на основные, вспомогательные и обслуживающие в зависимости от характера выполняемых в них процессов. Любой из таких рабочих центров имеет конкретную специализацию, что позволяет ему выполнять свою, строго определенную часть общего рабочего процесса наиболее эффективно. В рабочем процессе интегрируется взаимодействие (*кооперирование*) разнообразных специализированных структурных элементов, выполняющих специфические частичные процессы, такие, как обработка (детали на станке, груза на складе), транспортировка, складирование, поддержка (информационная, финансовая, правовая и т. д.). Определенную специализацию, связанную со служебным (функциональным) назначением, имеет каждый рабочий центр любого уровня организационной структуры.

В организационном аспекте строение рабочего центра может быть представлено через уровни его организационной структуры. В полном рабочем процессе интегрируются частичные рабочие процессы различного уровня, выполняемые рабочими центрами соответствующего уровня. Так, для производственной компании принято выделять рабочие центры следующих уровней: компа-

ния, завод, цех, участок, рабочее место. Рабочее место представляет собой рабочий центр самого нижнего уровня иерархии. *Рабочее место* - это часть пространства, включающая участок производственной или служебной площади с необходимыми средствами оснащения (технологического и организационного), предназначенная для осуществления элементарного частичного рабочего процесса (операции) с участием или под контролем персонала.

5.2. ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

Для улучшения экономических показателей операционной деятельности рабочие процессы должны быть рационально организованы во времени и пространстве. Основными принципами рациональной организации рабочих процессов являются следующие.

1. *Специализация*. Предполагает ограничение разнообразия элементов рабочих процессов и рабочих центров на основе стандартизации, нормализации, унификации конструкций изделий, нормализации и типизации технологических процессов и средств технологического оснащения. При этом ограничивается разнообразие выполняемых рабочими центрами технологических функций (технологическая специализация) или обрабатываемых рабочими центрами предметов труда (предметная специализация). Применительно к рабочему месту уровень специализации измеряется *коэффициентом закрепления операций*, т. е. количеством детали-операций, выполняемых на рабочем месте за определенный период. Углубление специализации является результатом экономически целесообразного разделения труда в современном производстве (сервисе) и сопровождается расширением кооперирования.

2. *Параллельность*. Предполагает совмещение во времени, т. е. одновременность выполнения различных частичных или полных рабочих процессов. Этому способствует, в частности, многоместное (одновременно в одной точке) и многоканальное (параллельно в разных точках) обслуживание. Например, обработка или транспортировка одновременно нескольких предметов одним рабочим средством, то же — параллельно несколькими средствами; обслуживание сразу нескольких заявок в режиме разделения времени и/или пространства (временные окна, многоканальное устройство). При этом экономится рабочее время, сокращается длительность цикла. Параллельность в пространстве, т. е. дублирование рабочих средств, маршрутов и каналов товародвижения, может оказаться мерой избыточной, но повышающей надежность при внезапных перегрузках в рабочей сети (при внутренних сбоях - отказ какого-то элемента или при внешних возмущениях — всплеск спроса, резкое увеличение интенсивности потока заказов).

3. *Непрерывность*. Предполагает сокращение времени перерывов в ходе рабочего процесса вплоть до их полного устранения, а также отсутствие разрывов в пространственной цепи взаимодействующих рабочих центров. При этом обеспечивается непрерывное (без про-леживания) продвижение заказов по ра-

бочим позициям в технологической цепи, непрерывная (без простоев) работа оборудования и персонала на рабочих местах. Достигается за счет синхронизации операций технологического процесса и балансирования элементов по всей технологической цепи. Способствует сокращению длительности цикла рабочего процесса (исполнения заказа клиента); улучшению использования оборудования, площадей, персонала; снижению уровня запасов и связывания в них оборотных средств.

4. *Пропорциональность*. Предполагает сбалансированность пропускной способности всех последовательных звеньев технологической цепи и элементов ресурсного обеспечения. Каждая часть рабочего процесса должна иметь пропускную способность (производительность), соответствующую потребностям полного процесса. Назначаемые для выполнения отдельных частей процесса число рабочих мест, количество оборудования, численность персонала должны быть пропорциональны трудоемкости этих частей процесса.

5. *Прямоточность*. Предполагает организацию движения каждого предмета по рабочим позициям технологического процесса таким образом, чтобы обеспечить кратчайший (в пространстве и времени) путь, без возвратных и встречных перемещений, без излишних пересечений с маршрутами других предметов. Это имеет отношение как к технологическим «виртуальным» маршрутам, так и к транспортным «физическим» маршрутам движения предметов. Прямоточность достигается за счет расположения рабочих позиций по ходу следования операций технологического процесса. Это сокращает объем грузоперевозок, время транспортировки и пролеживания предметов, потребность в транспортных средствах и технологическом оборудовании.

6. *Ритмичность*. Предполагает повторяемость выпуска определенного количества продукции и выполнения определенного объема работ по всей технологической цепочке через определенные интервалы времени. Интервал времени между запуском-выпуском двух следующих одна за другой единиц продукции (партий, работ) называется *ритмом*. Ритм устанавливается на календарный период (несколько часов, смена, сутки, неделя, месяц, квартал, год) исходя из спроса (потребности) на продукцию в данном периоде. Работа с установленным ритмом предполагает выполнение на каждом рабочем месте строго определенного по составу и объему комплекса работ и его полное повторение в каждом последующем цикле на интервалах времени, равных ритму. Ритмичность позволяет упростить планирование и диспетчирование, наиболее рационально организовать выполнение каждой из работ, разработать наиболее экономичные алгоритмы функционирования автоматического оборудования, обучить рабочий персонал наиболее эффективным приемам.

7. *Интегративность*. Предполагает системную интеграцию составляющих для достижения целей системы с максимальной эффективностью. Достигается за счет системной организации и интегрированного управления всеми частичными процессами в системах производства (сервиса). Особое значение имеет сквозное управление цепью поставок и материальным потоком в сферах снабжения, производства и сбыта фирмы, управление основными, вспомогательными и обслуживающими процессами на основе современных информаци-

онных технологий.

8. *Гибкость*. Предполагает проведение внутренних изменений в системах производства/сервиса с максимальной эффективностью. Обеспечивает возможность реакции системы на разнообразные изменения в ее внутреннем состоянии (например, сбои в ходе работ) или во внешней среде (например, колебания спроса). Чем больше гибкость системы, тем шире диапазон разнообразных изменений, на которые в состоянии отреагировать система. Гибкость — это запас возможностей реакции системы на разнообразные изменения, большинство из которых не используются в текущий момент. Поэтому гибкие системы характеризуются относительной (по отношению к текущему моменту) избыточностью технологических и иных возможностей.

9. *Адаптивность*. Предполагает приспособление систем производства (сервиса) к изменениям во внешней экономической среде с максимальной эффективностью. Достигается посредством внутренних изменений в системе. Чем адекватнее система реагирует на текущее состояние внешней среды (спрос, налогообложение, конкуренцию, научно-технический прогресс и т. д.), тем более она адаптивна. Особое значение имеет точность соответствия предложения спросу - по номенклатуре, объему, качеству, срокам, месту, стоимости поставки товара и сопутствующего сервиса.

5.3. ТИПЫ ПРОЦЕССОВ И ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА

Степень разнообразия номенклатуры продукции и объема выпуска, их стабильность и повторяемость в течение определенных периодов времени определяют характер применяемых производственных процессов.

Типы процессов. В отечественной теории и практике организации производства по указанным признакам выделяют три типа производства — массовое, серийное и единичное. В зарубежной теории и практике производственного (операционного) менеджмента выделяются стратегии управления процессами трех типов: стратегии, сфокусированные на продукте; стратегии, сфокусированные на процессе и стратегии управления повторяющимися процессами.

Большой и однородный по номенклатуре объем выпуска, постоянство и малое разнообразие производственных процессов - это характерные черты массового производства. Процессы производства такого типа известны под названием *постоянных процессов*. Для них характерны *стратегии, сфокусированные на продукте*. Они позволяют применять специальные высокопроизводительные средства технологического оснащения и поточные методы организации производства, создавать предметные рабочие центры. Им свойственны высокая стандартизация и статистический контроль качества. Малый и диверсифицированный объем производства, неповторяемость и высокое разнообразие производственных процессов - это характерные черты единичного производства. Процессы производства такого типа известны под названием *переменных (изменяющихся) процессов*. Для них характерны *стратегии, сфокусированные на процессе*. Они требуют применения универсальных средств технологического

оснащения, создания технологических рабочих центров. Более 75% мирового производства и сервиса приходится на их долю — это «заказы на изготовление» (индивидуальные, штучные, разовые).

Производство разнообразной продукции сериями разного размера через различные интервалы времени, разнообразие, но повторяемость и схожесть в отдельных частях производственных процессов - характерные черты серийного производства. Его наиболее распространенной разновидностью в современных условиях является так называемое *модульное производство*. Процессы производства такого типа, занимающие промежуточное положение между постоянными и переменными процессами, известны под названием *повторяющихся процессов*; они строятся на производстве модулей. *Модули* — это части или компоненты конечного изделия, предварительно изготавливаемые с использованием постоянных процессов, на основе которых с использованием переменных процессов осуществляется общая сборка конечного изделия по заказу конкретного потребителя. Таким способом фирма приобретает экономические преимущества как постоянных процессов (снижение себестоимости при поточном производстве модулей), так и переменных процессов (увеличение прибыли при удовлетворении разнообразного спроса).

Типы производства. В отечественной системе государственных стандартов инженерно-технической и организационно-плановой документации используется понятие типа производства. *Тип производства* - это классификационная категория производства, выделяемая по технико-экономическим признакам постоянства и широты номенклатуры, а также регулярности и объема выпуска продукции. Как уже отмечалось, выделяют три типа производства — массовое, серийное и единичное.

Массовое производство характеризуется непрерывным выпуском в течение длительных периодов узкой и постоянной номенклатуры продукции в крупном объеме (в массовом количестве). Процессы производства массового типа выполняются на рабочих местах с узкой специализацией.

Серийное производство характеризуется периодическим выпуском в крупном объеме широкой постоянной или узкой переменной номенклатуры продукции индивидуальными сериями (партиями) малого объема, повторяющимися через определенные или неопределенные интервалы времени. Процессы производства серийного типа выполняются на рабочих местах с широкой специализацией. В зависимости от размера серий (партий), широты их номенклатуры и периодичности повторения запуска серийное производство подразделяется на крупно-, средне- и мелкосерийное. *Крупносерийное производство* приближается по своим характеристикам к массовому, *мелкосерийное* — к единичному, *среднесерийное* занимает промежуточное, среднее положение. Серийный тип преобладает практически во всех секторах производства и сервиса, так как в наибольшей степени соответствует условиям рынка покупателя.

Единичное производство характеризуется выпуском широкой номенклатуры продукции в малом объеме (в единичном количестве), повторяющейся через неопределенные интервалы времени или не повторяющейся вообще. Процессы производства единичного типа выполняются на рабочих местах, не

имеющих определенной специализации.

Примерами массового производства могут служить процессы изготовления автомобилей, компьютеров, бытовой электронной техники, шарикоподшипников; массовое обслуживание в сфере сервиса — процессы Функционирования метро, универмагов, аэропортов. К единичному производству можно отнести опытное и экспериментальное производство, изготовление уникальных образцов техники и строительство зданий по индивидуальным проектам, ювелирные работы, пошив одежды на заказ, художественное и техническое творчество, гувернерство, частную адвокатскую и врачебную практику.

По типу процесса задается преобладающий тип рабочих мест, используемых для реализации этого процесса. *Тип рабочего места* — это комплексная технологическая, организационная и экономическая характеристика рабочего места, обусловленная степенью его специализации, широтой и постоянством номенклатуры предметов, над которыми выполняются операции на рабочем месте, а также их трудоемкостью и объемом.

Степень специализации рабочих мест характеризуется коэффициентом серийности. *Коэффициент серийности* — это число детали-операций, выполняемых на одном рабочем месте. При одинаковом коэффициенте серийности, например равном пяти, на одном рабочем месте могут выполняться операции пяти разных наименований над деталями одного наименования, а на другом рабочем месте — операция одного наименования над предметами пяти разных наименований. Для группы рабочих мест коэффициент серийности определяется как отношение общего числа детали-операций к числу рабочих мест в группе (K_{30}).

Номенклатура предметов, над которыми выполняются операции на рабочих местах, может быть постоянной и переменной. Если в течение года и более номенклатура не изменяется, то она считается *постоянной*, если номенклатура изменяется, то она считается *переменной*. При постоянной номенклатуре выполнение операций над предметами может быть непрерывным и периодическим, повторяющимся через определенные интервалы времени. При переменной номенклатуре выполнение операций над предметами может повторяться через неопределенные интервалы времени или не повторяться вообще.

Степень специализации рабочих мест, широта и постоянство номенклатуры, закрепляемой за рабочими местами, зависят от трудоемкости выполнения детали-операций и объема выпуска продукции каждого наименования (типоразмера) за определенный период. При небольшой трудоемкости операций и незначительном объеме продукции каждое рабочее место приходится загружать выполнением нескольких операций над предметами одного или нескольких наименований. На рабочих местах, где выполняются операции нескольких наименований, запуск предметов осуществляется партиями. *Партия* — это определенное количество одинаковых предметов, над которыми каждая операция выполняется непрерывно, с однократной затратой подготовительно-заключительного времени.

По степени специализации, широте и постоянству номенклатуры продукции, ее трудоемкости и объему выпуска рабочие места делятся на три группы:

1) рабочие места массового типа, специализированные на выполнении одной непрерывно повторяющейся детали-операций;

2) рабочие места серийного типа, специализированные на выполнении нескольких различных детали-операций, повторяющихся через определенные интервалы времени;

3) рабочие места единичного типа, специализированные на выполнении большого числа различных детали-операций, повторяющихся через неопределенные интервалы времени или не повторяющихся вообще.

По преобладающему типу рабочих мест определяется тип каждого рабочего центра последовательно на всех уровнях управления (от нижних к верхним). Участки в цехе могут различаться по типу производства, так же как и разные цехи одного предприятия.

5.4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА

Тип производства определяет выбор типа применяемых технологических процессов и средств технологического оснащения, форм и методов организации производственного процесса во времени и пространстве, производственную структуру предприятия и его подразделений, систем производственного планирования потребностей/ресурсов, подготовки и обслуживания производства, организации, нормирования и оплаты труда, организации управления производством. Сравнительная технико-экономическая характеристика типов производства представлена в табл. 5.1.

Таблица 5 1

Сравнительная технико-экономическая характеристика типов производства

<i>Признаки сравнения</i>	<i>Массовое производство</i>	<i>Серийное производство</i>	<i>Единичное производство</i>
1 Номенклатура продукции	Ограниченность, постоянство	Ограниченное разнообразие, повторяемость	Большое разнообразие, отсутствие повторяемости
2 Объем выпуска однородной продукции	Большой, постоянный	Повторяющимися или неповторяющимися сериями (партиями) переменного или постоянного размера	Малый или в единичных экземплярах
3.Специализация рабочих мест	Узкая, за каждым рабочим местом закреплены 1-2 постоянных детали-операций	Широкая, за каждым рабочим местом закреплены 3-40* периодически повторяющихся детали-операций	Отсутствует закрепление определенных детали-операций за рабочим местом

Продолжение табл. 5.1

<i>Признаки сравнения</i>	<i>Массовое производство</i>	<i>Серийное производство</i>	<i>Единичное производство</i>
4. Тип процессов	Постоянные	Повторяющиеся	Переменные
5. Стратегия процесса	Сфокусированная на продукте	Сфокусированная на повторяющихся процессах	Сфокусированная на процессе
6. Технология	Маршрутная (расцеховка)	Пооперационная	Попереходная
7. Технологическое оборудование и оснастка	Специальное	Специализированное, переналаживаемое	Универсальное
8. Форма организации рабочих центров	Предметно-замкнутая	Предметно-групповая	Технологическая
9. Элементы производственной структуры	Однопредметные непрерывно-поточные и прерывно-поточные линии, предметно-замкнутые участки	Многопредметные поточные линии без переналадки и с переналадкой оборудования, предметно-групповые участки	Технологические участки
10. Средства автоматизации	Средства жесткой автоматизации производства: автоматические поточные линии, в том числе роторные и роторно-конвейерные, на базе агрегатных станков и т. д.	Средства гибкой автоматизации производства: обрабатывающие центры с компьютерным управлением, промышленная робототехника, ГПС (<i>CAD/CAM, FMS, CIM, AMT</i>)	Группы станков с ЧПУ, связанных АСУТП
11. Вид движения предметов труда по операциям	Параллельный	Последовательно-параллельный	Последовательный
12. Скорость продвижения материального потока	Быстрое движение предметов обработки	Движение, синхронизированное с последующим звеном	Медленное движение предметов обработки
13. Запасы материалов	Постоянно низкие по отношению к объему производства	Величина переменная, поддерживаемая на минимальном уровне регулированием объема производства на основе системы <i>ЛТ</i>	Постоянно высокие по отношению к объему производства
14. Незавершенное производство	Постоянно низкий уровень по отношению к выходу	Величина переменная, поддерживаемая на минимальном уровне регулированием объема производства на основе системы <i>ЛТ</i>	Постоянно высокий уровень по отношению к выходу
15. Обслуживание рабочих мест (обеспечение инструментом, материалами, контроль, техническое обслуживание и ремонт)	Строго регламентировано, стабильно, используется централизованное обслуживание рабочих мест силами специализированных (по видам обслуживания) подразделений	Устойчиво, но сложно в организации, используется смешанная форма обслуживания рабочих мест, достаточно высокий уровень разделения труда по функциям обслуживания	Слабо регламентировано, нестабильно, используется децентрализованное обслуживание рабочих мест силами персонала, занятого на данных рабочих местах

Окончание табл. 5.1

<i>Признаки сравнения</i>	<i>Массовое производство</i>	<i>Серийное производство</i>	<i>Единичное производство</i>
16. Нормативная база, регламенты выполнения работ	Полная и точная; рабочих инструкций мало, они стандартны	Менее полная и точная, разнообразная; наличие повторяющихся работ сокращает разнообразие рабочих инструкций	Слаборазвитая; рабочих инструкций много, они разнообразны, но носят универсальный характер (без привязки к конкретной работе)
17. Подготовка персонала для работы на рабочих местах	Рабочие должны быть обучены высокопроизводительному выполнению ограниченного числа повторяющихся работ, уровень их квалификации невысокий	Работники должны быть обучены комплексу работ, чтобы при необходимости менять работы и рабочие места в пределах своего подразделения	Рабочие должны быть обучены выполнению разнообразных работ в рамках своей специальности, должны быть универсалами, уровень их квалификации высокий
18. Внутрипроизводственная транспортировка	Материалы перемещаются транспортными средствами непрерывного или циклического действия (конвейерами, материало-проводами и т. д.)	Материалы перемещаются транспортными средствами дискретного действия (роботы-штабелеры, электрокары и т. д.) и конвейерами	Материалы перемещаются транспортными средствами, поддерживаемыми свободный режим транспортировки
19. Внутрипроизводственное хранение	Хранение без зон складирования, ориентированное на пропускную способность оборудования и мощность продуктовых потоков	Хранение с использованием малых и средних зон складирования	Хранение с использованием больших зон складирования
20. Выпуск конечной продукции	Конечная продукция производится на основе прогнозов и хранится	Конечная продукция производится на основе частых краткосрочных прогнозов, объем выпуска постоянно уточняется путем запросов, что сводит к минимуму запасы продукции	Конечная продукция производится по заказам и не хранится
21. Производственное расписание	Ориентировано на временные характеристики, устанавливающие простые и преобладающие связи с выпуском, достаточным для обеспечения прогнозируемых продаж	Ориентировано на выбор вариантов модулей, порядка следования операций и использования оборудования в соответствии с прогнозом спроса и объема производства	Ориентировано на порядок запуска, является комплексным и преимущественно связано с соотношением объема продаж и запасов, производственной мощностью и обслуживанием заказчиков
22. Цена продукции и изменений	Фиксированные цены с возможной тенденцией к уменьшению, высокая цена любых изменений	Фиксированные цены, зависящие от производственной мощности и изменений	Фиксированные цены с возможной тенденцией к увеличению, низкая цена любых изменений
23. Ценообразование	Цена определяется исходя из возможности продажи товара	Цена определяется на основе опытных данных	Цена окончательно определяется по факту выполнения работ
24. Использование оборудования	70-80%	20-75%	5-25%

Примечание. * Коэффициент закрепления операций (коэффициент серийности) K_{30} дифференцирован для различных видов серийного производства: для крупносерийного производства $K_{30} = 3-10$; для среднесерийного $K_{30} = 11-20$; для мелкосерийного $K_{30} = 21-40$.

Тип производства влияет на выбор средств и методов осуществления процесса производства, от которых зависит его эффективность. Традиционно выделяются два генеральных направления повышения эффективности производства: 1) повышение серийности (массовости) производства (если позволяет рынок); 2) повышение эффективности производства малыми сериями. Очевидны преимущества повышения серийности (массовости) производства:

- повышение производительности труда (за счет рационального разделения труда, развития трудовых навыков, регламентации трудовых процессов, упрощения трудовых приемов, лучшего оснащения и обслуживания рабочих мест);

- снижение себестоимости продукции (за счет выбора рациональных методов получения заготовок, обработки деталей, сборки изделий, точного нормирования материальных и трудовых элементов производства, сокращения расхода материалов и затрат живого труда, сокращения удельного веса заработной платы);

- улучшение использования оборудования и производственных площадей (за счет рациональной планировки участков и цехов расстановки оборудования по ходу операций технологического процесса, обеспечения непрерывности движения материального потока, использования параллельного вида движения предметов труда);

- сокращение длительности производственного цикла изделий (за счет непрерывности производственного процесса, параллельности выполнения работ, применения высокопроизводительного основного и вспомогательного технологического оборудования, быстродействующих приспособлений, высокопрочного инструмента, соблюдения технологической и трудовой дисциплины);

- создание условий (техническая возможность и экономическая целесообразность) для внедрения наиболее совершенной формы организации производства — поточной и на ее базе построение автоматизированных производств.

Основными путями повышения серийности (массовости) производства являются:

- увеличение масштабов производства однородной продукции или выполнения однородных технологических процессов (концентрация производства продукции или работ);

- углубление предметной или технологической специализации производственных подразделений в сочетании с развитием производственного кооперирования;

- Унификация и нормализация деталей, сборочных единиц, типизация и унификация элементов технологических процессов и средств технологического оснащения.

Экономической основой преимуществ повышения серийности производства является эффект масштаба: за счет увеличения объема выполнения однородных и повторяющихся работ снижается их себестоимость. Для этого необходимо сконцентрировать достаточные с точки зрения экономической эффективности объемы работ каждого вида в соответствующих специализированных рабочих центрах. По мере увеличения серийности производства возрастают воз-

возможности применения специальных высокоэффективных технических средств, технологий, методов организации труда, планирования и управления производственным процессом. Все это способствует росту производительности труда и снижению общих затрат на единицу продукции. Внедрение в рабочие процессы специальных и специализированных средств взамен универсальных связано с крупными капитальными вложениями, которые экономически целесообразны только при достаточном объеме и продолжительности (до снятия с производства) выпуска продукции с помощью этих средств.

В условиях рыночной экономики для выпуска какой-либо продукции в течение длительных периодов в массовом масштабе необходимо наличие соответствующего стабильного спроса на нее, что на практике встречается крайне редко. Этим объясняется ограниченность области применения массового производства и его незначительная доля в общем выпуске продукции по сравнению с другими типами производства во всех сферах бизнеса. Так, в машиностроении на долю массового и крупносерийного производства приходится лишь около 20% выпуска продукции. Как бы товаропроизводители ни были заинтересованы в повышении массовости (серийности) производства, объективной преградой на этом пути оказывается спрос на их продукцию. В условиях рынка покупателя наиболее остро встала проблема удовлетворения разнообразного и изменчивого спроса во всех отраслях производства и сервиса, что для поставщиков товаров и услуг означает необходимость снижения серийности производства. В поисках компромисса производители вынуждены сосредоточить усилия на решении проблемы повышения эффективности серийного и единичного производства, дополняя их элементами массового производства, где и насколько это возможно.

Повышение серийности производства в рамках жестких внешних ограничений оказалось возможным за счет использования внутренних резервов, таких, как увеличение степени специализации и внутрифирменного кооперирования подразделений предприятия и развитие их связей с поставщиками и посредниками, с которыми сотрудничает фирма; широкое использование стандартизации, нормализации, унификации продукции, ее компонентов и применяемых материалов; унификация технологических процессов, оборудования и оснастки; унификация средств информационного обмена, методов и систем организации, планирования и управления процессами. Повышение эффективности производства малыми сериями стало возможным при использовании блочно-модульного принципа выпуска конечных изделий, разделения во времени и пространстве долгосрочных процессов производства модулей и краткосрочных процессов общей сборки на их основе, применения групповых технологий и средств технологического оснащения с малыми затратами времени и ресурсов на переналадку.

5.5. ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИИ ПРОЦЕССА В СЕРВИСЕ

Стратегия переменных процессов может быть использована как в производстве, так и в сервисе. Большинство фирм в сфере сервиса оказывают услуги

малыми «партиями» или в единичных «экземплярах» (например, врачебные кабинеты, кафе и магазины). В стратегиях, сфокусированных на процессе, мощность и использование оборудования крайне низкие — около 5%. Это справедливо не только для производства, но также и для сервиса.

Например, рентген в кабинете дантиста и значительная часть оборудования ресторанов используются слабо. Отчасти это происходит потому, что мощность рассчитана на пиковые нагрузки, и имеющееся оборудование рассматривается как необходимое. Другая причина — сложность прогнозирования спроса в сервисе и, как следствие, неудачно составленные расписания, несбалансированность в использовании оборудования. Для ресторанов быстрого обслуживания, муниципальных клиник, шиномонтажных и регулировочных автомастерских характерно увеличение объема предложения услуг, но сокращение их ассортимента. Это позволяет им снижать себестоимость услуг и цены, используя стратегии, близкие к модульному процессу.

Непосредственный контакт с покупателем имеет важное значение в сервисных системах. В процессе, который рассчитан на абстрактного клиента, запросы каждого из них удовлетворяются не в полной мере. Поэтому в ресторанах, медицинских учреждениях, юридических конторах стремятся к наиболее тесному взаимодействию с клиентом, чтобы максимально удовлетворить его индивидуальные запросы. Многие сервисные процессы могут быть выполнены в уникальной манере, по индивидуальному заказу конкретного клиента. Это взаимодействие с покупателем услуги может осуществляться в различных формах и вариантах предложения:

- ограниченное предложение с выбором (ресторан быстрого обслуживания);
- групповое обслуживание по выбору (многоместные салоны средств общественного транспорта и такси);
 - обслуживание клиентов по мере необходимости (банк);
 - самообслуживание в индивидуальном режиме (супермаркет);
 - обслуживание в автоматическом режиме (банкомат, автоответчик-справка).

Как уже отмечалось, планирование процессов в сфере сервиса затруднено, так как сложно прогнозировать спрос и не всегда целесообразно преодолевать эти сложности. Планово-учетный период и шаг регулирования здесь значительно короче, чем в производстве, поскольку короче длительность цикла рабочего процесса. Планирование потребности в ресурсах не представляет особого труда, закупки могут осуществляться в оперативном порядке. Поэтому на малых и средних предприятиях сферы сервиса используются простейшие системы планирования и регулирования, основанные на повторении из периода в период одного и того же объема предоставляемых услуг и соответствующем материально-техническом обеспечении ресурсами, включая труд. Отклонения в спросе не требуют особой корректировки планов и компенсируются в основном путем регулирования загрузки, фонда времени и графика работы персонала, оборудования и площадей, а также за счет имеющихся запасов расходных материалов или оперативной их закупки по мере необходимости. Крупные фирмы

сферы сервиса используют системы планирования и регулирования процессов, схожие с системами которые применяются в сфере производства.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какова структура производственных (сервисных) процессов?
2. Что понимается под рабочими центрами, каково их строение?
3. Перечислите основные принципы рациональной организации производственных процессов.
4. Какие существуют типы процессов?
5. Какие стратегии управления для них характерны?
6. Какие типы производства им соответствуют?
7. Как определяется тип производства?
8. Какова технико-экономическая характеристика типа производства?
9. В чем заключаются преимущества и недостатки повышения серийности производства в рыночных условиях?
10. Какие особенности характерны для стратегии процесса в сервисе?

ГЛАВА 6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ

6.1. РИТМ ПРОИЗВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ

Рациональная организация производственного процесса во времени имеет целью минимизировать длительность производственного цикла изготовления каждой единицы или партии продукции, обеспечив при этом наиболее эффективное использование рабочего времени и всех видов производственных ресурсов.

Ритм производства. Важнейшим принципом рациональной организации производственного процесса, направленным на эффективное использование рабочего времени, является принцип ритмичности. Данный принцип предполагает, что изготовление отдельных предметов или их партий должно повторяться через строго определенные промежутки времени, называемые ритмом. Интервал времени между моментами запуска (выпуска) двух следующих одна за другой единиц продукции называется *ритмом (штучным)*. Средний расчетный ритм выпуска (запуска) одной единицы продукции r определяется путем деления эффективного фонда времени F_3 за плановый период на число единиц N_B , подлежащих выпуску за тот же период в соответствии со спросом:

$$r = \frac{F_3}{N_B}.$$

Возможна работа с постоянным ритмом, когда спрос (производственная потребность) N_B не изменяется от одного планового периода к другому, и с переменным ритмом, когда спрос (производственная потребность) изменяется. Величина, обратная ритму r , называется *темпом*:

$$\frac{1}{r} = \frac{N_B}{F_3}.$$

Эффективный фонд времени P_3 является ограничением для количества предмете-операции, закрепляемых за рабочим местом или рабочим центром на плановый период (год, квартал, месяц, неделю, сутки, смену):

$$\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I N_j t_{ij}^s \leq F_3^s,$$

где F_3^s — эффективный фонд времени работы s -го рабочего места (центра) за плановый период;

N_j — объем продукции j -го наименования, подлежащей выпуску за тот же период;

J — общее число единиц продукции, подлежащих выпуску за тот же период;

t_{ij}^s — время выполнения i -й операции над j -й продукцией на s -м рабочем месте (центре);

I — общее число наименований операций над u -и продукцией.

Интервал времени между моментами запуска (или выпуска) двух сле-

дующих одна за другой партий продукции называется *ритмом партии*. Ритм запуска (выпуска) партии продукции R равен произведению размера партии n на штучный ритм r .

$$R = nr.$$

При установленном размере n или ритме R партий для выполнения рабочего процесса над всем объемом продукции одного наименования, в которой имеется потребность в плановом периоде, потребуется время T_{pN} :

$$T_{pN} = T_{p0} + \left(\frac{N_B}{n} - 1 \right) \times R,$$

где T_{p0} — длительность рабочего цикла изготовления одной партии продукции данного наименования;

N_B/n — потребность в продукции данного наименования, выраженная в числе партий за период.

Если длительность цикла изготовления партии продукции T_{p0} больше ее ритма R , как показано на рис. 6.1, то в некоторые периоды времени одновременно должны находиться в работе несколько партий продукции одного наименования; в среднем это число составляет T_{p0}/R партий.

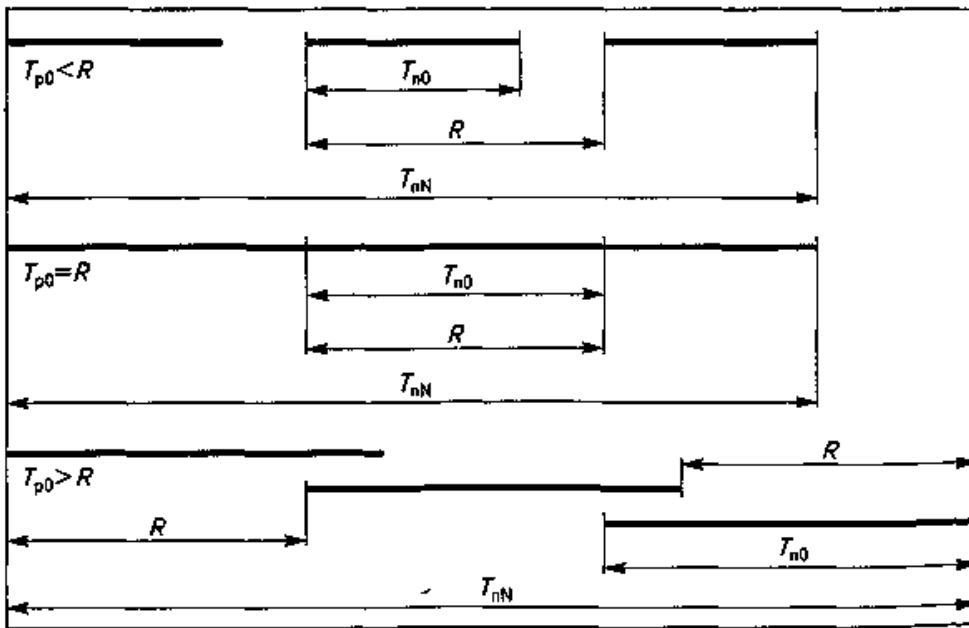


Рис. 6.1. Длительность цикла изготовления заданного объема продукции

Производственный цикл. Рациональная организация рабочего процесса во времени позволяет сократить длительность его цикла. *Длительность цикла процесса* - это отрезок времени от момента его начала до момента завершения. Исходя из определения производственного процесса, технологического процесса и операции, следуют такие определения их виртуальных отображений (проекции) на оси времени. *Производственный цикл* $T_{п}$ - это длительность выполнения производственного процесса. *Технологический цикл* T_{τ} - это длительность выполнения технологического процесса. *Операционный цикл* T_0 - это длительность выполнения операции над партией продукции. *Норма времени на опера-*

цию t_i - это длительность выполнения операции над единицей продукции.

Норма времени на операцию λ , представляет собой суммарное время выполнения переходов операции и прочих действий, связанных с обработкой единицы продукции на рабочем месте. Зависит от продолжительности и числа переходов, степени их перекрытия во времени (параллельности или одновременности выполнения), а также степени перекрытия основным временем прочих составляющих затрат времени в расчете на единицу продукции. Операционный цикл T_0 - это суммарное время на обработку партии продукции на операции. Зависит от штучного времени на выполнение операции, подготовительно-заключительного времени на партию продукции и размера партии, числа параллельно используемых рабочих мест на операции, а также от порядка прохождения партии предметов через операцию (попереходное или пооперационное прохождение). Технологический цикл T_T представляет собой сумму операционных циклов в многооперационном технологическом процессе. Зависит от длительности операционных циклов и числа операций в технологическом процессе, а также от вида движения партии продукции по операциям (последовательное, параллельно-последовательное или параллельное). Производственный цикл T_{II} - это сумма технологических циклов, времени естественных процессов и времени перерывов. Обычно в производственный цикл включаются суммарные затраты времени на выполнение технологических операций (заготовительных, обрабатывающих, сборочных, транспортных, контрольных, складских), время естественных процессов (по факту их наличия), время перерывов (партионности, ожидания, режимных).

Структура рабочего цикла. Сокращение длительности рабочего цикла позволяет сократить уровень запасов и ускоряет оборачиваемость оборотных средств фирмы, что повышает конкурентные преимущества, а также сокращает цикл поставки готового товара потребителям. Для поиска резервов сокращения длительности рабочего цикла фирмы используют анализ его структуры. *Структура рабочего цикла* может быть выражена количественно — составом затрат времени (по составляющим) и их долей в общей сумме, т. е. в общей длительности рабочего цикла. Существуют значительные отраслевые различия и в длительности, и в структуре рабочего цикла. Так, длительность рабочего цикла в сфере сервиса обычно существенно меньше, чем длительность рабочего цикла в производстве. В промышленности, как правило, надолго основных технологических операций приходится в несколько раз меньше затрат времени, чем на межоперационное время, в котором межоперационное пролеживание значительно превосходит время выполнения вспомогательных операций, таких, как межоперационная транспортировка и контроль; время естественных процессов обычно равно нулю, так как они в большинстве своем заменены искусственными процессами.

Вне зависимости от отраслевой принадлежности любая фирма заинтересована в поиске внутренних резервов сокращения длительности рабочего цикла, что возможно в следующих направлениях: 1) сокращение длительности основных и вспомогательных технологических операций; 2) сокращение длительности естественных процессов; 3) сокращение перерывов. Во всех отраслях на-

правление 3 рассматривается как наиболее доступное и эффективное, поскольку не требует значительных затрат, включая капитальные вложения, как действия в направлениях 1 и 2.

6.2. НОРМА ВРЕМЕНИ НА ОПЕРАЦИЮ

В зависимости от цели в технико-экономических и организационно-плановых расчетах могут использоваться различные технологические нормы времени на выполнение операции. Обычно в качестве нормы времени t_i на выполнение i -й операции над единицей продукции принимается к расчету полная норма времени (штучно-калькуляционная норма) — $t_{шк}$. Принятая в машиностроении классификация затрат рабочего времени и структура полной нормы времени на операцию (штучно-калькуляционной нормы) представлены на рис. 6.2—6.3.

Подготовительно-заключительное время — время на подготовку и завершение обработки партии продукции или смены (получение задания и знакомство с работой, изучение технической документации установка специальных приспособлений и инструмента, наладка станка и установление режима обработки, сдача работы мастеру или контролеру).

Оперативное время — время непосредственного выполнения технологической операции. Включает основное и вспомогательное время. *Основное (технологическое) время* — время, в течение которого реализуется технологическая цель работы (формообразование, изменение состояния, качества, свойств предмета труда). Может быть ручным, машинным, машинно-ручным. *Вспомогательное время* — время на действия, обеспечивающие выполнение основной работы (установка и съем детали, подвод-отвод инструмента, пуск и остановка станка, измерение детали). Может быть ручным, машинным и машинно-ручным.

Время обслуживания рабочего места — время на уход за рабочим местом на протяжении заданной работы и всей смены. Включает время технического и организационного обслуживания. *Время технического обслуживания* — время на смену инструмента при износе или поломке, подналадку оборудования в процессе работы. *Время организационного обслуживания* — время на раскладку и уборку инструмента в начале и конце смены, на смазку и чистку станка, уборку рабочего места в течение смены.

Время регламентированных перерывов — время перерывов, которые неизбежны при выполнении заданной работы. Включает время организационно-технологических перерывов, перерывов на отдых и естественные надобности.

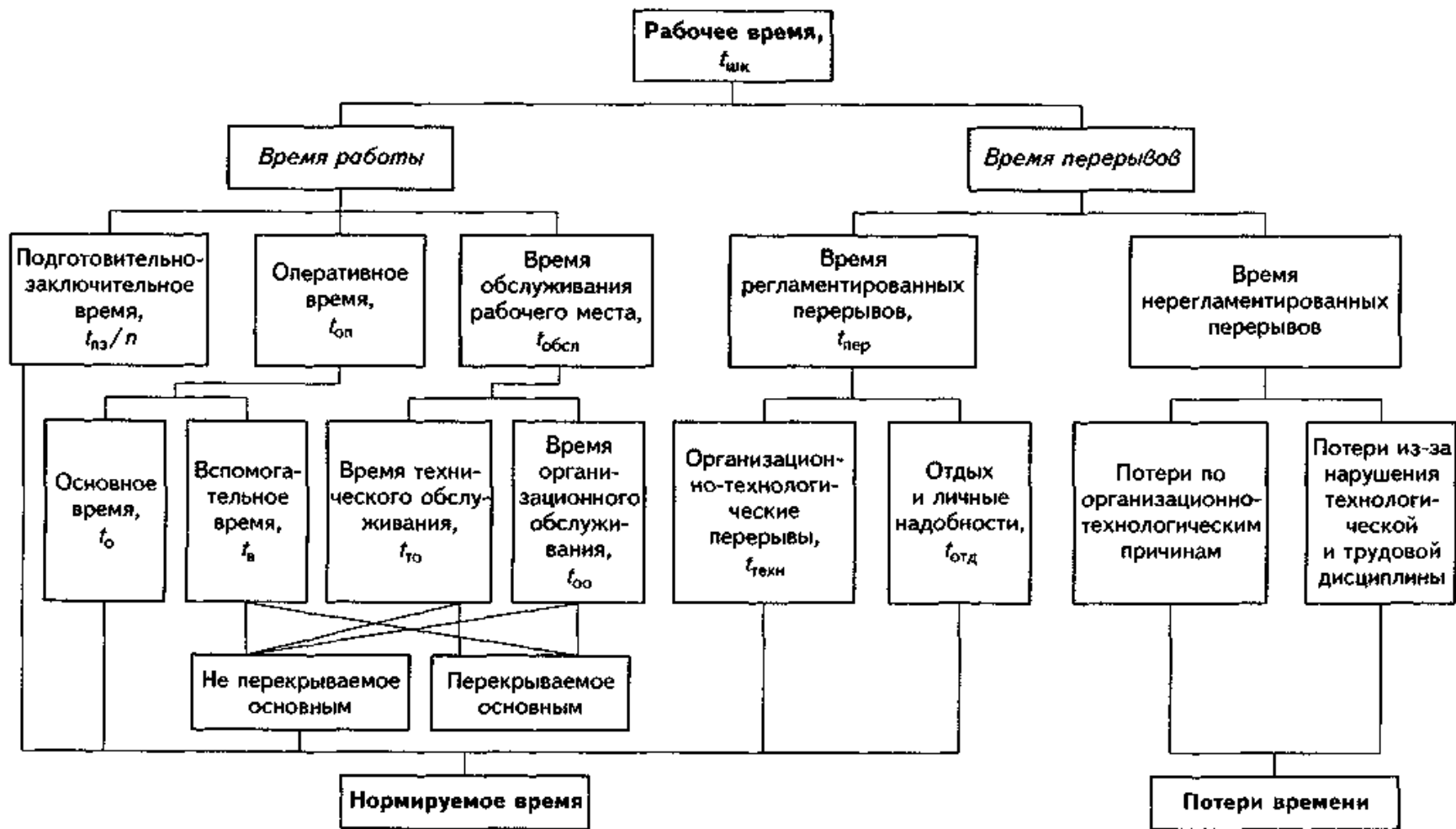


Рис. 6.2. Классификация затрат рабочего времени:

$$t_{шк} = t_{ш} + t_{пз} / n; \quad t_{ш} = t_{оп} + t_{обсл} + t_{пер}$$

Время организационно-технологических перерывов — время перерывов, обусловленных ходом технологического процесса и недостаточной синхронизацией операций. *Время перерывов на отдых и естественные надобности* — время перерывов на обед, производственную гимнастику, отдых и личные надобности. Все остальные перерывы считаются непроизводительными потерями и не нормируются. Не нормируются также затраты времени работы, перекрываемые основным временем (т. е. действиями, выполняемыми параллельно и не требующими дополнительного времени).

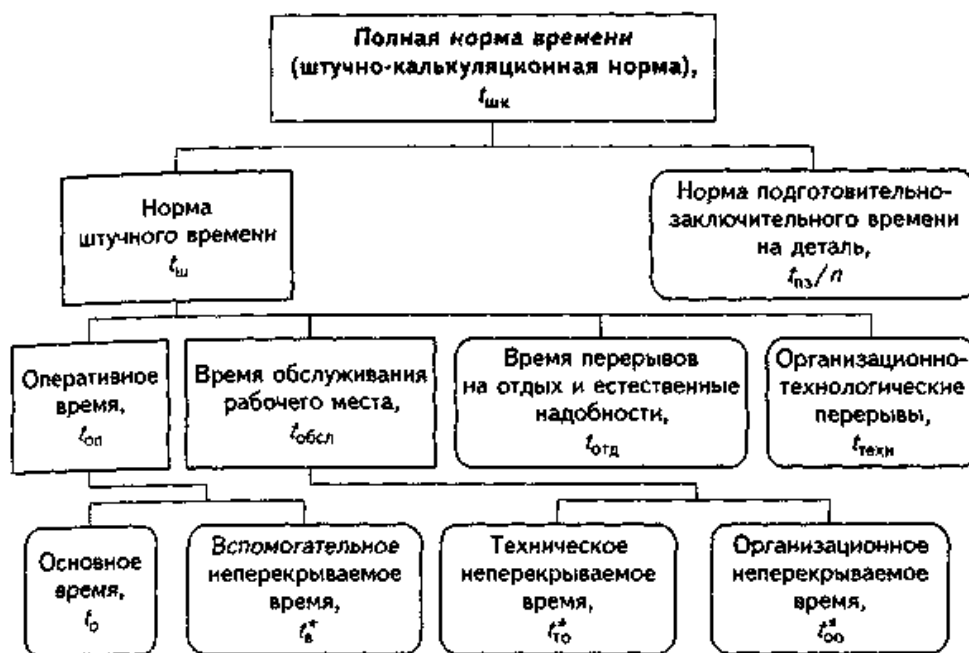


Рис. 6.3. Структура полной нормы времени на операцию:

$$t_{шк} = t_{ш} + t_{пз}/n = (t_о + t_в^* + t_{то}^* + t_{оо}^* + t_{техн} + t_{отд} + t_{пз}/n)$$

Как видно из рис. 6.3, полная норма времени на операцию (штучно-калькуляционная норма) $t_{шк}$ определяется следующим образом:

$$t_{шк} = t_{ш} + t_{пз}/n = (t_о + t_в^* + t_{то}^* + t_{оо}^* + t_{техн} + t_{отд}) + t_{пз}/n,$$

- где $t_{ш}$ — норма штучного времени;
 $t_{пз}$ — норма подготовительно-заключительного времени на партию;
 n — размер партии, шт.;
 $t_о$ — основное время;
 $t_в^*$ — вспомогательное время, не перекрываемое основным;
 $t_{то}^*$ — время технического обслуживания, не перекрываемое основным;
 $t_{оо}^*$ — время организационного обслуживания, не перекрываемое основным;
 $t_{техн}$ — время организационно-технологических перерывов;
 $t_{отд}$ — время перерывов на отдых и естественные надобности.

6.3. ОПЕРАЦИОННЫЙ ЦИКЛ

Длительность операционного цикла зависит от времени выполнения опе-

рации над единицей продукции (штукой), от числа единиц продукции в партии, поступающей на операцию, от числа рабочих мест на операции (число каналов обслуживания в многоканальном устройстве).

Расчет операционного цикла. При расчете операционного цикла возможны следующие простейшие случаи.

1) *Единиц продукции — 1, рабочих мест — 1*. Операционный цикл T_0 в случае выполнения операции на одном рабочем месте над единицей продукции равен норме времени на операцию t_i :

$$T_0 = t_i,$$

где t_i - норма времени на выполнение i -й операции над единицей продукции данного наименования.

2) *Единиц продукции — n , рабочих мест — 1*. Когда на операцию с одним рабочим местом приходит партия продукции размером n штук, операционный цикл T_0 равен суммарному времени выполнения операции над всей партией. Поскольку предметы труда одинаковы, проходят операцию последовательно и требуют затрат времени t_i на единицу продукции, то операционный цикл увеличивается в n раз:

$$T_0 = nt_i$$

3) *Единиц продукции — n , рабочих мест — q_i* . Когда на операции имеется q_i одинаковых рабочих мест, можно запустить на них партию для параллельного выполнения операции сразу над несколькими единицами продукции. Операционный цикл T_0 сократится в q_i раз:

$$T_0 = \frac{nt_i}{q_i},$$

где q_i — число рабочих мест для выполнения i -й операции над партией продукции данного наименования.

Возможны различные варианты формирования принимаемой к расчету t_i , когда в нее включаются или не включаются те или иные составляющие затрат времени. В частности, подготовительно-заключительное время на партию t_{n3} может задаваться в виде самостоятельной составляющей операционного цикла T_0 или включаться в состав t_i в расчете на штуку — t_{n3}/n .

Порядок прохождения партии через операцию. Операция может иметь сложную структуру и состоять из многих переходов, выполняемых на одном рабочем месте. Под *переходом* понимается часть операции, выполняемая над одной или несколькими поверхностями детали одним или несколькими инструментами одновременно при одном режиме резания. В этом случае на операционный цикл T_0 влияет *порядок прохождения партии через операцию*, так как от этого зависят затраты времени, в частности, на установку и снятие детали в оборудовании, а также на переналадку оборудования при чередовании переходов⁷. На рис. 6.4 показаны два возможных вида прохождения партии через операцию:

⁷ Данную проблему подробно исследовал О. И. Непорент в своей книге «Технические основы календарного движения производства» (М.: Стандартгиз, 1933).

а) *попереходное прохождение*, при котором все количество предметов труда проходит сначала через первый переход, затем через второй переход, затем через третий и так до последнего перехода операции. Процесс выполнения операции для отдельных единиц продукции носит прерывный характер, а для партии в целом — непрерывный;

б) *пооперационное прохождение*, при котором сначала первый предмет труда проходит через все переходы, затем второй, третий, и так до последней единицы партии продукции. Процесс выполнения операции для единицы продукции носит непрерывный характер, а для партии в целом — прерывный.

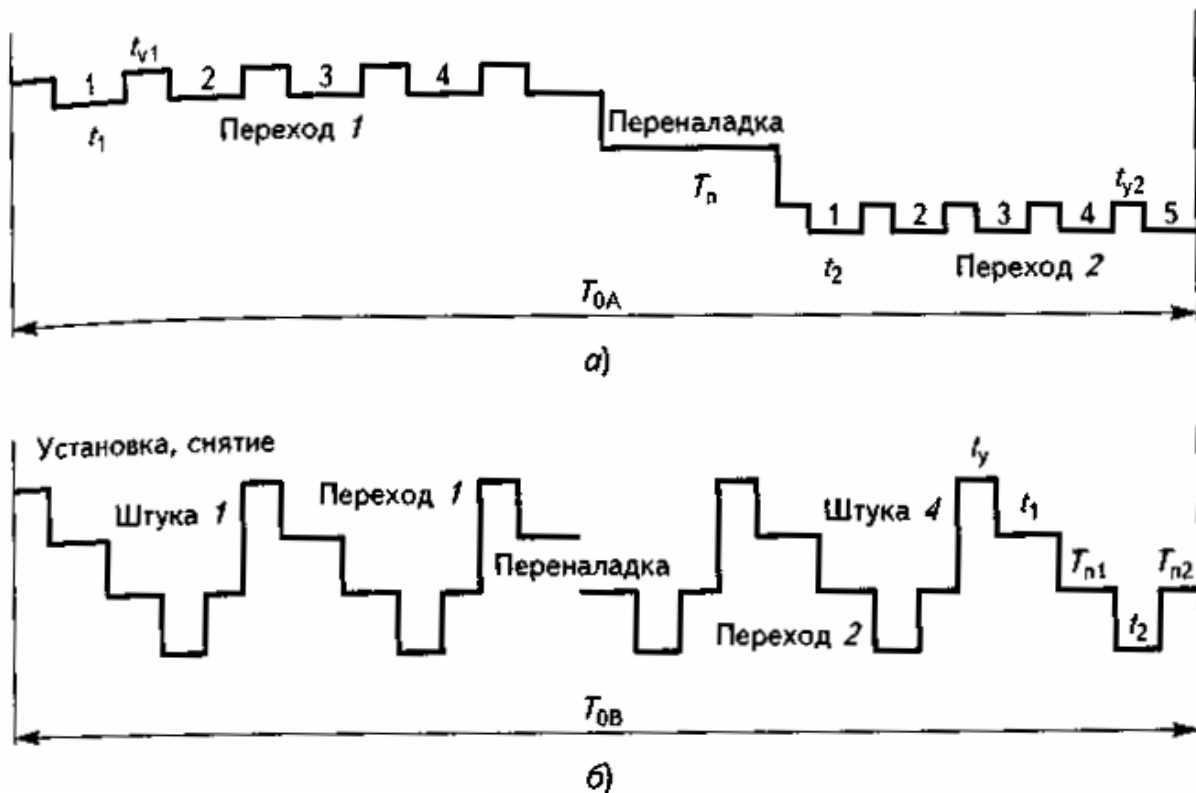


Рис 6.4. Виды прохождения партии продукции в операции:
а - попереходное; б - пооперационное

Целесообразность выбора того или иного вида прохождения партии определяется тем, при каком из них суммарное время на выполнение операции над партией (операционный цикл T_0) будет минимальным. При попереходном прохождении увеличивается время на установку и снятие каждой детали по каждому переходу, при пооперационном - время на переналадку рабочего места после каждого перехода. Если принять для упрощения, что время на обработку по переходам, установку и снятие детали для обоих видов прохождения одинаково, то разница в длительности операционного цикла при попереходном T_{0A} и пооперационном T_{0B} прохождении, согласно цикловым графикам на рис. 6.4, будет равна:

$$T_{0A} - T_{0B} = n \sum_1^{P-1} t_y - (n-1) \sum_1^P T_{п},$$

где n - размер партии продукции;
 P — число переходов в данной операции;
 t_y — время на установку и снятие детали;
 T_n — время переналадки рабочего места при чередовании переходов.

При положительном значении этой разницы целесообразно применение пооперационного прохождения, при отрицательном — по-переходного. Ориентировочно можно считать, что попереходное прохождение целесообразно применять в тех случаях, когда предметы труда не тяжелы и не громоздки, пооперационное — когда время на переналадку рабочего места незначительно.

6.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ

Технологический цикл представляет собой суммарное время выполнения всех технологических операций данного технологического процесса. Технологический цикл T_T есть сумма операционных циклов:

$$T_T = \sum_{i=1}^I T_{oi},$$

где I — общее число операций в многооперационном технологическом процессе над продукцией данного наименования.

Длительность технологического цикла многооперационного процесса зависит от степени перекрытия во времени операционных циклов в каждой паре смежных операций, т. е. от степени параллельности выполнения смежных операций над партией продукции.

Виды движения партии продукции по операциям технологического процесса. Впервые виды движения партии продукции по операциям (рабочим местам) рассмотрены О. И. Непорентом в 1928 г. Принятые им названия и обозначения используются повсеместно до настоящего времени. На рис. 6.5 показано, что в простом процессе движение партии продукции по операциям может быть организовано как последовательное, параллельное и параллельно-последовательное.

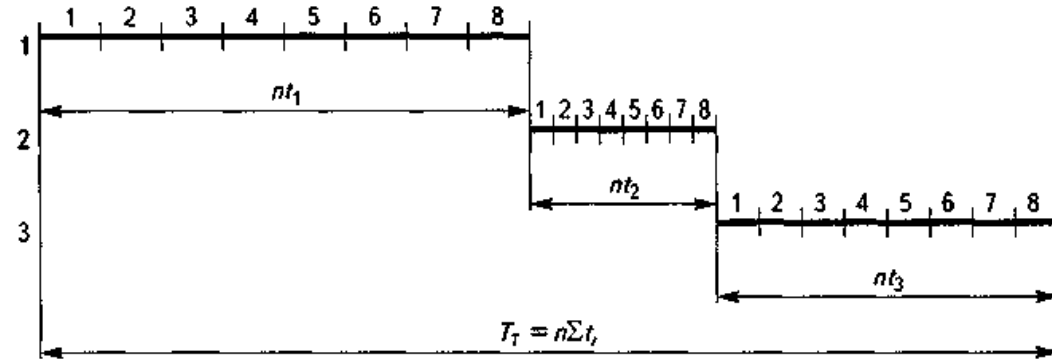
1) *Последовательное движение (А)*. Характеризуется тем, что партия продукции n передается с операции на операцию целиком, т. е. размер передаточной или транспортной партии равен n , или $p = n$. Каждая отдельная единица продукции не может быть передана на следующую операцию, пока не будет закончено выполнение данной операции над всеми единицами партии n . Поэтому время движения предметов труда по всем операциям технологического процесса T_T равно:

$$T_{ТА} = n \sum_{i=1}^I \frac{t_i}{q_i},$$

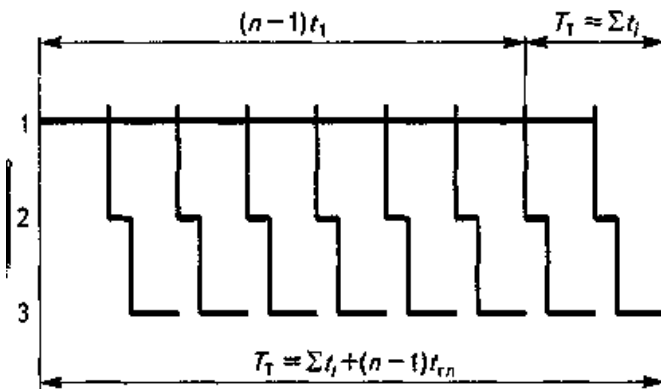
где t_i — норма времени на i -й операции;
 q_i — число рабочих мест на i -й операции.

Размер партии продукции n принимается одинаковым для всех операций,

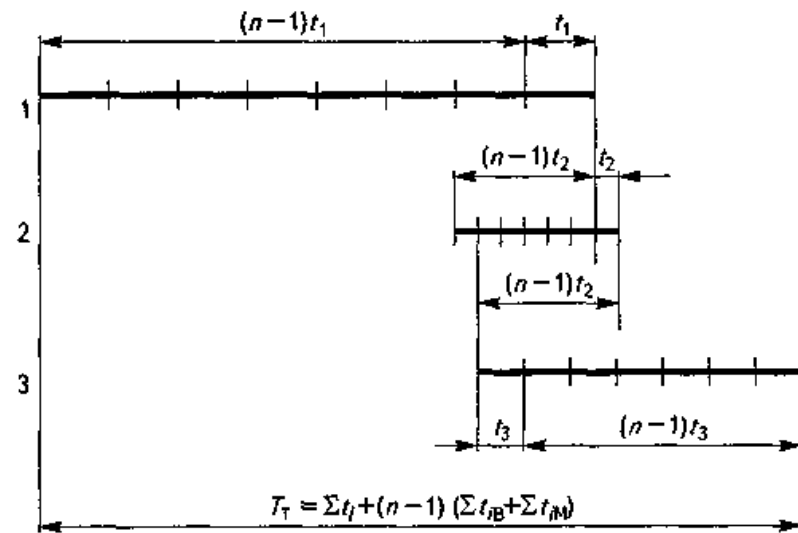
что соответствует практике межоперационных подач.



а)



б)



в)

Рис. 6.5. Виды движения партии продукции по операциям:
а - последовательное; б - параллельное; в - параллельно-последовательное

2) *Параллельное движение* (В). Характеризуется тем, что одновременно все операции выполняются над разными единицами партии продукции одного наименования, каждая такая единица проходит через все операции технологического процесса непрерывно и независимо от остальных единиц. Передача

единиц продукции с операции на операцию осуществляется по несколько штук (передаточной или транспортной партией p , меньшей n), или по одной штуке ($p = 1$). Поэтому время движения партии продукции по всем операциям технологического процесса $T_{ТВ}$ минимально и равно:

$$T_{ТВ} = (n - p) \left(\frac{t_i^{\max}}{q_i^{\max}} \right) + p \sum_{i=1}^l \left(\frac{t_i}{q_i} \right),$$

где $(n - p)(t_i^{\max}/q_i^{\max})$ — операционный цикл максимальной (в данном технологическом процессе) продолжительности;

t_i^{\max} — норма времени на операции с максимальным операционным циклом;

q_i^{\max} — число рабочих мест на операции с максимальным операционным циклом.

Продолжительность такой операции, называемой *главной*, оказывает наибольшее влияние на общую продолжительность технологического процесса $T_{ТВ}$ при параллельном движении. Поэтому главное условие — обеспечить непрерывность выполнения такой операции, своевременно завершая выполнение всех предшествующих ей операций над каждой из транспортных партий (порций) p , составляющих общую партию продукции n . Размер транспортной партии p принимается кратным n и одинаковым для всех операций. На всех операциях, кроме главной, возникают перерывы между окончанием их выполнения над предыдущей и началом их выполнения над последующей транспортной партией продукции. Продолжительность перерыва на каждой операции равна разности между продолжительностью главной и данной операции.

3) *Параллельно-последовательное движение (С)*. Представляет собой сочетание элементов параллельного и последовательного Движения партии продукции по операциям технологического процесса; иногда называется *смешанным*. Характеризуется частичной параллельностью выполнения отдельных операций, непрерывностью выполнения каждой операции над всей партией продукции, межоперационной передачей единиц продукции как поштучно, так и Частями партии. Длительность технологического цикла при параллельно-последовательном движении $T_{ТС}$ определяется путем вычитания из времени $T_{ТА}$ для последовательного движения времени параллельного выполнения отдельных операций. Если продолжительность данной операции меньше продолжительности предыдущей и следующей за ней операций, то данная операция называется *меньшей*, если больше — *большей*, а если больше одной и меньше другой — *промежуточной*. Меньшая операция (на рис. 6.5, *в* — вторая) выполняется параллельно дважды: один раз с предыдущей, второй раз с последующей; время параллельного выполнения этих операций равно $2(n - p)t_M$, где t_M — продолжительность меньшей операции. Для промежуточной операции время параллельного выполнения учитывается один раз и равно $(n - p)t$, где t — продолжительность промежуточной операции. Вычитая из $T_{ТА}$ время параллельного выполнения меньших и промежуточных операций, можно получить $T_{ТС}$:

$$T_{ТС} = (n - p) \left[\sum_{i \in B} \left(\frac{t_{iB}}{q_{iB}} \right) - \sum_{i \in M} \left(\frac{t_{iM}}{q_{iM}} \right) \right] + p \sum_{i=1}^l \left(\frac{t_i}{q_i} \right)$$

где $\Sigma(t_{iB}/q_{iB})$, $\Sigma(t_{iM}/q_{iM})$ - сумма продолжительности соответственно больших ($I \in B$) и меньших ($I \in M$) операций технологического процесса.

Данная формула для расчета технологического цикла является наиболее общей и может использоваться при любом виде движения. Из нее может быть получено:

$$T_{TA} \text{ при } n = p;$$

$$T_{TB} \text{ при } (t_i^{\max}/q_i^{\max}) = [\Sigma(t_{iB}/q_{iB}) - \Sigma(t_{iM}/q_{iM})],$$

так как число больших операций всегда на единицу больше числа меньших. Технологический цикл при параллельно-последовательном движении T_{TC} короче, чем при последовательном T_{TA} , но длиннее, чем при параллельном T_{TB} :

$$T_{TA} > T_{TC} > T_{TB}.$$

Сокращение длительности технологического цикла при параллельно-последовательном T_{TC} , и параллельном T_{TB} движении по сравнению с последовательным T_{TA} характеризует коэффициент параллельности (K_{τ}):

$$K_{TCA} = \frac{T_{TC}}{T_{TA}}; K_{TBA} = \frac{T_{TB}}{T_{TA}}; K_{TCA} < K_{TBA}.$$

Для многопереходных операций, когда прохождение партии продукции организовано *пооперационно*, расчет технологического цикла T_{τ} выполняется по формулам для T_{TA} , T_{TB} или T_{TC} ; в качестве норм времени по каждой операции берется полное время выполнения всех переходов над единицей продукции, включая время на переналадку рабочего места по переходам. Для многопереходных операций, когда прохождение партии продукции организовано *попереходно*, все выводы по расчету технологического цикла T_m справедливы только для последовательного движения партии по операциям; для параллельно-последовательного движения необходимо учитывать определенные особенности; параллельное движение организовать невозможно.

Несмотря на то, что при последовательном движении технологический цикл имеет наибольшую длительность, этот вид движения широко применяется на практике, обеспечивая простоту, удобство планирования и межоперационной транспортировки при одновременном выполнении в рабочих центрах технологических процессов над широкой номенклатурой изделий. Параллельное движение применяется, как правило, там, где возможно использование поточных методов организации рабочих процессов. Параллельно-последовательный вид движения применяется в большинстве случаев для партий продукции с большим числом и большой продолжительностью операций.

Технологический цикл сложного процесса. Организация сложного технологического процесса во времени определяется его *цикловым графиком*. Цикловый график строится на основе предварительного расчета длительности технологического цикла каждого из простых процессов, составляющих данный сложный процесс. Цикловый график определяет последовательность и продолжительность выполнения всех простых процессов, а также их взаимосвязи в процессе выполнения. Продолжительность каждого простого процесса в соста-

ве сложного вычисляется также, как T_T для простых процессов. Общая длительность технологического цикла сложного процесса определяется по наиболее длительной цепочке простых процессов, как показано на рис. 6.6.

Технологический цикл сложного процесса представляет собой отрезок времени от момента начала самых ранних до момента завершения самых поздних работ из числа тех, что составляют простые процессы данного сложного процесса. Поскольку возможны сдвиги по календарным срокам начала и окончания отдельных работ, это может привести к изменению общей длительности цикла сложного процесса. Технологический цикл T_T не включает время перерывов и время естественных процессов, поэтому он всегда меньше действительной длительности производственного цикла T_{Π} .

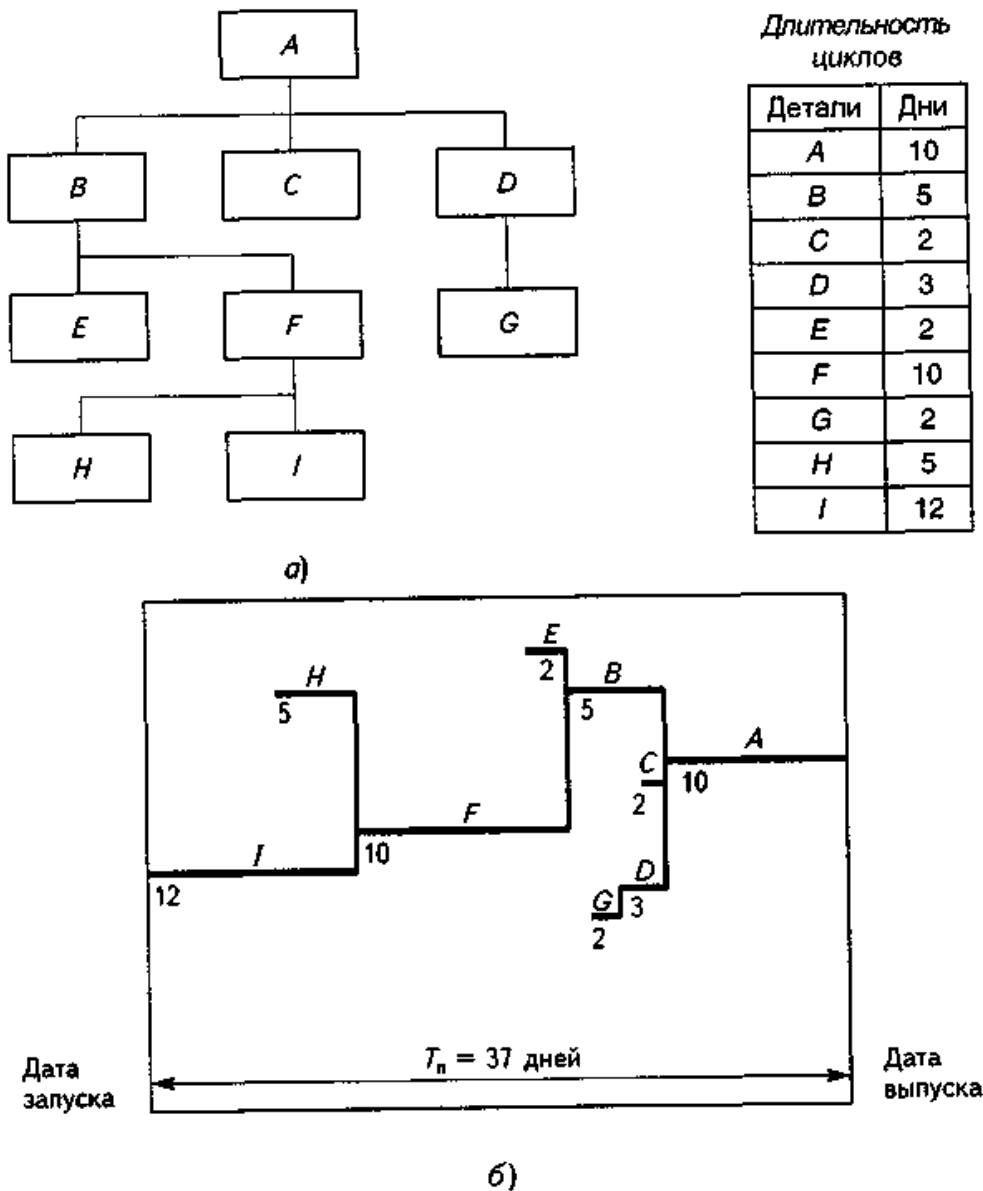


Рис. 6.6. Длительность цикла сложного процесса:
а - ведомость состава изделия; б - цикловой график сборки изделия

6.5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ

Производственный цикл T_{Π} включает следующие составляющие затрат времени:

$$T_{\Pi} = T_T + T_e + T_{\text{пер}},$$

где T_T — время выполнения всех основных и вспомогательных технологических операций;

T_e — время естественных процессов, не являющихся технологическими; $T_{\text{пер}}$ — время перерывов, не учтенных в T_T и T_e .

1) *Время выполнения всех основных и вспомогательных технологических операций T_T* по определению представляет собой технологический цикл, который рассчитывается, как показано выше. Но в ряде случаев при разработке технологического процесса время выполнения основных операций нормируется, вспомогательных — не нормируется. Тогда длительность технологического цикла T_T дает представление о суммарной продолжительности выполнения только основных операций технологического процесса, суммарную длительность вспомогательных технологических операций нужно установить опытным путем и добавить в T_T

2) *Продолжительность естественных процессов* определяется ориентировочно по нормативам или опытным путем. Там, где возможно, для сокращения длительности естественных процессов они заменяются искусственными, выполняемыми с приложением живого и/или овеществленного труда (например, сушка, охлаждение). Естественные процессы, являющиеся технологическими, учитываются в составе затрат времени на выполнение технологических процессов T_T , не являющиеся технологическими — учитываются в качестве самостоятельной составляющей T_e .

3) *Время перерывов $T_{\text{пер}}$* учитывает регламентированные перерывы, возникающие в пределах рабочих смен и между ними, которые не учтены в T_T и T_e . Время перерывов складывается из времени: междусменных *режимных перерывов*, связанных с принятым режимом работы рабочего центра (количеством рабочих дней в году, числом рабочих смен в сутки, продолжительностью рабочей смены); внутрисменных *перерывов партионности*, связанных с пролеживанием предметов труда в ожидании окончания обработки на операции последней единицы партии продукции и передачи партии целиком на последующую операцию; внутрисменных *перерывов ожидания*, связанных с пролеживанием предметов труда в ожидании освобождения занятого рабочего места.

Перерывы, связанные с принятым режимом работы, учитываются, когда длительность рабочего цикла измеряется в днях (календарных или рабочих). Пролеживание появляется в тех случаях, когда за рабочим местом закреплено более одной операции или не обеспечено равенство производительности рабочих мест по операциям (недостаточная синхронизация операций), независимо от числа операций, закрепленных за каждым рабочим местом.

Если затраты времени на выполнение вспомогательных операций межоперационной транспортировки, складирования и контроля не нормируются в

технологических картах и иной документации, то их часто объединяют с временем межоперационных перерывов и в совокупности называют *межоперационным временем*. В этом случае длительность производственного цикла T_{Π} можно выразить следующим образом:

$$T_{\Pi} = \frac{D_K}{D_p K_{\text{см}} T_{\text{см}}} \left[T_{\Gamma}^{\text{ABC}} + (I-1)t_{\text{ом}} \right] + t_e,$$

или

$$T_{\Pi} = \frac{D_K}{D_p K_{\text{см}} T_{\text{см}}} \left\{ (n-p) \left[\sum_{i \in B} \frac{t_{\text{ж}}}{q_{\text{ж}}} - \sum_{i \in M} \frac{t_{\text{м}}}{q_{\text{м}}} \right] + p \sum_{i=1}^I \frac{t_i}{q_i} + (I-1)t_{\text{мо}} \right\} + t_e,$$

где T_{Γ}^{ABC} - технологический цикл при соответствующем виде движения A , B или C ;
 D_K и D_p — число календарных и рабочих дней в плановом периоде;
 $A_{\text{см}}$ — число рабочих смен в день;
 $T_{\text{см}}$ — продолжительность рабочей смены, часов;
 $t_{\text{мо}}$ — межоперационное время (межоперационное пролеживание, транспортировка и контроль);
 t_e — время естественных процессов, не зависящее от режима работы.

Пример 6.1. Расчет производственного цикла простого процесса

Размер партии деталей $n = 12$ шт. Размер передаточной партии $p = 6$ шт. Технологический процесс обработки задан в табл. 6.1. Среднее межоперационное время $t_{\text{мо}} = 2$ мин; представляет собой обязательный контроль после каждой операции. Длительность естественных процессов $t_e = 35$ мин. Необходимо определить длительность технологического и производственного цикла механообработки партии деталей при последовательном и параллельном движении, построить циклограммы обработки и определить коэффициент параллельности.

Таблица 6.1

Технологический процесс механообработки

Показатели	Операция 1	Операция 2	Операция 3
Норма времени (f_i), мин	4	1,5	6
Число станков (d_i), ед.	1	1	2

Решение

1. Рассчитаем длительность цикла при последовательном движении партии деталей. Длительность технологического цикла определяется по формуле:

$$T_{\Gamma A} = n \sum_{i=1}^I \frac{t_i}{q_i};$$

$$T_{\Gamma A} = 12 \left(\frac{4}{1} + \frac{1,5}{1} + \frac{6}{2} \right) = 102 \text{ мин.}$$

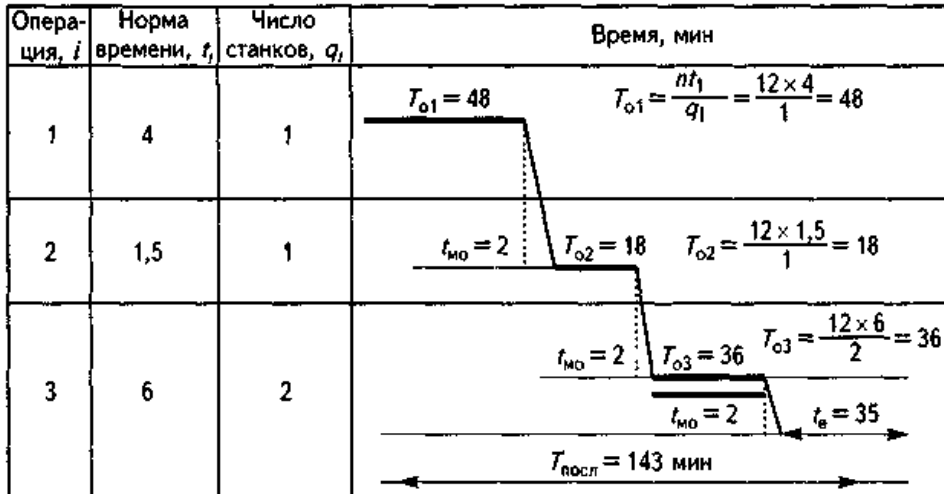
Длительность производственного цикла вычисляется следующим образом:

$$T_{\text{ПА}} = n \sum_{i=1}^I \frac{t_i}{q_i} + t_{\text{МО}} + t_e;$$

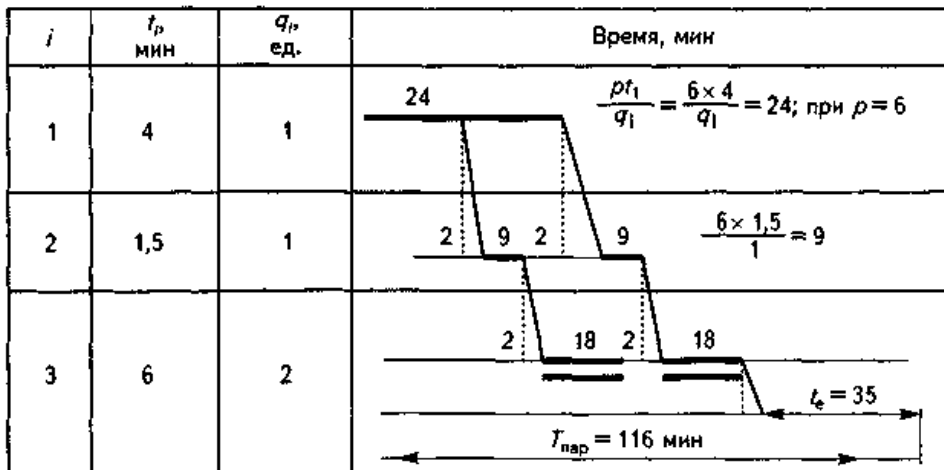
$$T_{\text{ПА}} = 12 \left(\frac{4}{1} + \frac{1,5}{1} + \frac{6}{2} \right) + 3 \times 2 + 35 = 143 \text{ мин.}$$

2. Рассчитаем длительность цикла при параллельном движении партии деталей. Длительность технологического цикла определяется по формуле:

$$T_{\text{ТВ}} = (n - p) \left(\frac{t_i^{\text{max}}}{q_i^{\text{max}}} \right) + p \sum_{i=1}^I \frac{t_i}{q_i},$$



а)



б)

Рис. 6.7. Циклограмма обработки партии деталей:

а - при последовательном движении; б - при параллельном движении

где $(n - p) \left(\frac{t_i^{\text{max}}}{q_i^{\text{max}}} \right)$ - операционный цикл максимальной продолжительности (в данном технологическом процессе). Подставляя данные в формулу, получим:

$$T_{\text{ТВ}} = \frac{4}{1} (12 - 6) + \left(\frac{4}{1} + \frac{1,5}{1} + \frac{6}{2} \right) \times 6 = 75 \text{ мин.}$$

Длительность производственного цикла вычисляется следующим образом

$$T_{пв} = (n - p) \left(\frac{t_i^{max}}{q_i^{max}} \right) + p \sum_{i=1}^J \frac{t_i}{q_i} + H_{мо} + t_c;$$

$$T_{пв} = \frac{4}{1} (12 - 6) + \left(\frac{4}{1} + \frac{1,5}{1} + \frac{6}{2} \right) \times 6 + 3 \times 2 + 35 = 116 \text{ мин.}$$

3. Рассчитаем коэффициент параллельности (A^\wedge). Здесь используется формула

$$K_{п} = \frac{T_{пар}}{T_{посл}};$$

$$K_{п} = \frac{116}{143} = 0,81.$$

Рассчитанное значение коэффициента параллельности показывает сокращение длительности цикла при параллельном движении по сравнению с последовательным. Циклограммы обработки партии деталей при последовательном и параллельном видах движения представлены на рис. 6.7.

Пример 6.2. Расчет производственного цикла сложного процесса

Ведомость состава изделия представлена на рис. 6.8. Длительность циклов простых процессов сборки задана в табл. 6.2. Дата сдачи готового изделия заказчику - 20 декабря. Очередность подачи деталей на сборку из механических цехов: первая очередь - к началу наиболее ранней из операций узловой сборки, цикл механообработки — 12 дней; вторая очередь — к началу сборки узла 4, цикл механообработки — 20 дней. Межцеховое пролеживание деталей — 2 дня. Необходимо построить цикловой график сборки, определить длительность цикла сборки изделия и срок опережения запуска.

Таблица 6.2

Длительность циклов простых процессов сборки

Процесс сборки	М	Б	В	Л	£	W	У2	У3	У4
Цикл сборки, рабочих дней	10	10	2	5	3	2	12	5	2

Решение

1. Для построения циклового графика сборки изделия сначала отобразим длительность цикла сборочных процессов на циклограмме (или цикловом графике) сборки. В принятом масштабе справа налево откладывается длительность производственного цикла простых процессов в соответствии со схемой сборки, как показано на рис. 6.8. Длительность цикла сборки изделия определяется из циклограммы: $T_{сб} = 37$ дней.

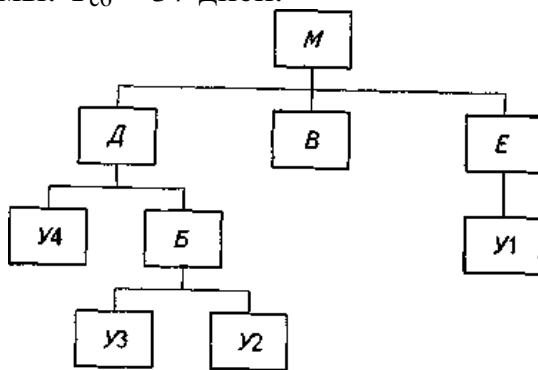


Рис. 6.8. Схема сборки изделия

Затем отображается длительность цикла механообработки на циклограмме (рис. 6.9).

В соответствии с заданной очередностью подачи деталей на сборку в принятом масштабе справа налево откладывается длительность циклов межцехового пролеживания и механообработки деталей. Производственный цикл изготовления изделия (механообработки и сборки) определяется из циклограммы: $T_{\text{изд}} = 51$ день.

2. Календарная привязка циклового графика осуществляется наложением циклового графика на календарную сетку того же масштаба. Зная календарный срок (дату) окончания всех работ над изделием - 20 декабря и длительность производственного цикла изделия $T_{\text{изд}} = 51$ день, можно определить календарный срок (дату) начала работ над изделием (срок опережения запуска) - 8 октября (рис. 6.9).

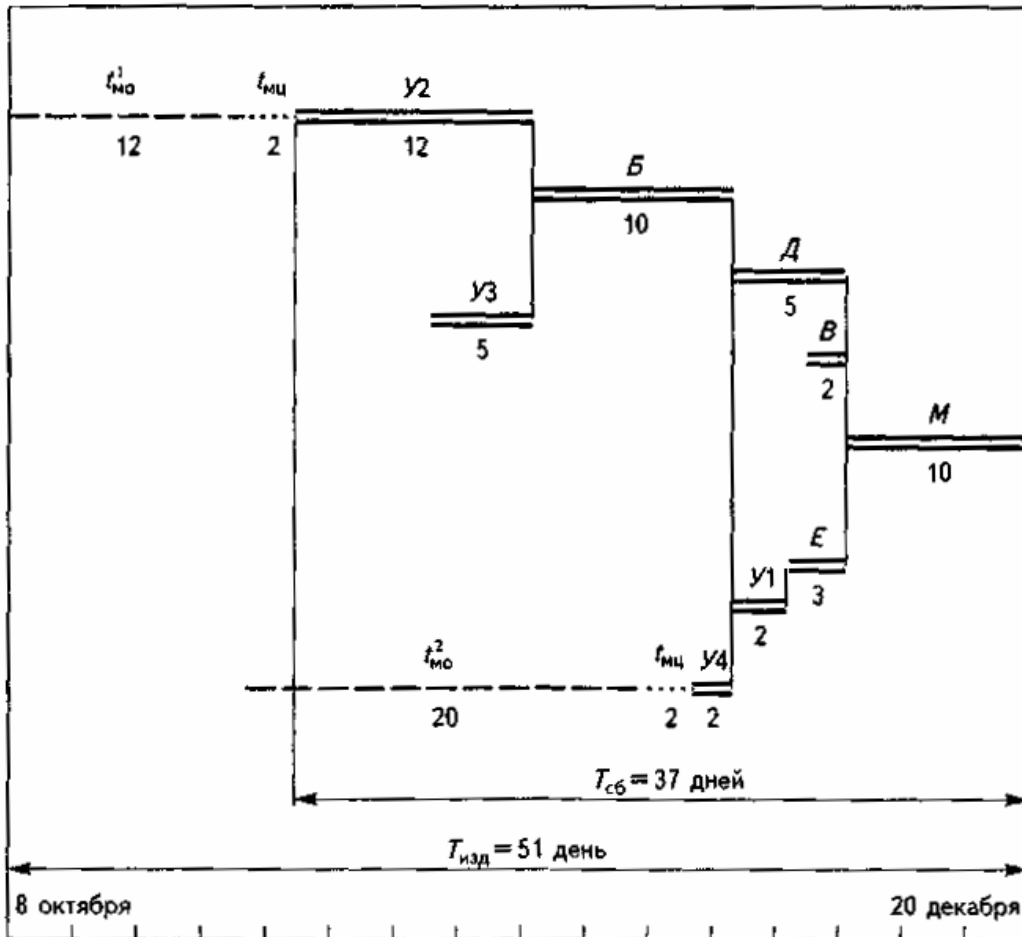


Рис. 6.9. Цикловой график сборки изделия

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое ритм запуска (выпуска)?
2. Какова структура производственного цикла?
3. Какова структура штучно-калькуляционной нормы?
4. Как рассчитывается операционный цикл?
5. Назовите виды прохождения партии через операцию.
6. Как рассчитывается технологический цикл?
7. Перечислите виды движения партии по операциям технологического процесса?
8. Как рассчитывается производственный цикл?
9. В чем особенность расчета производственного цикла сложного процесса?
10. Каков порядок построения цикловых графиков (циклограмм)?

ГЛАВА 7. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ

7.1. ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ

Мощность — это максимально возможный выход системы за определенный период. Производственная мощность определяет норму выхода производства, такую, как максимально возможный объем выпуска продукции определенного наименования (номенклатуры) за календарный период (неделя, месяц или год).

Производственная мощность как возможность производить определенную продукцию предполагает наличие на предприятии или в его подразделении соответствующих производственных ресурсов: оборудования, площадей, персонала, материалов и т. д. Именно имеющийся на предприятии или в подразделении набор ресурсов данного состава и объема, определенным образом взаимосвязанных в пространстве и времени (посредством определенной технологии, организации производства и т. п.), определяет возможность выпуска конкретной продукции в установленном объеме. При этом возможно множество комбинаций соединения в единое целое даже одних и тех же по составу и количеству ресурсов, и каждая комбинация позволяет выпускать данную продукцию, но в различном объеме. В определении производственной мощности имеется в виду та комбинация производственных ресурсов, которая обеспечивает максимум выпуска продукции заданной номенклатуры.

Существуют два подхода к определению понятия производственной мощности. Согласно первому учету подлежат все виды производственных ресурсов, участвующих в выпуске продукции, согласно второму — только производственное оборудование и площади. На практике более распространен второй, упрощенный подход. *Производственная мощность предприятия (цеха, участка)* — это максимально возможный выпуск продукции за определенный период в определенных количественных соотношениях и номенклатуре при наиболее эффективном использовании определенного набора производственных ресурсов (производственного оборудования и площадей).

Для управления мощностью в условиях колебаний спроса важно выделение в составе набора производственных ресурсов двух составляющих — постоянной и переменной. Как объекты управления они принципиально различаются и требуют дифференцированного подхода при управлении мощностью. Постоянная составляющая — это оборудование и площади, переменная составляющая — персонал и материалы. При изменении спроса возникает потребность в адекватном изменении объема выпуска, что требует изменения объема приложения всех видов производственных ресурсов. Проблема заключается в том, что в краткосрочном периоде увеличение объема приложения производственных ресурсов возможно только за счет переменной составляющей (закупка до-

полнительных материалов, наем персонала). Постоянная составляющая (имеющиеся площади и оборудование) остается неизменной на протяжении длительного периода и не может быть увеличена в краткосрочный период, если часть ее не была заранее зарезервирована. В связи с этим управление производственной мощностью предполагает принятие как стратегических, так и тактических и оперативных решений. *Стратегические решения* о производственной мощности связаны с планированием и обоснованием ее экономически целесообразного размера на долгосрочный период на основе прогноза максимального спроса. Такие решения принимаются, как правило, при строительстве новых, расширении, реконструкции и техническом перевооружении действующих цехов, производств, предприятий, их перепрофилировании и реорганизации. Решения такого рода носят долгосрочный характер, сопряжены со значительными единовременными затратами видов ресурсов и требуют привлечения крупных инвестиций. Принятые на этом этапе решения о размере производственной мощности устанавливают верхний предел объема выпуска продукции (т. е. возможности удовлетворения спроса) и нижний предел текущих производственных издержек (т. е. рентабельности производства).

Тактические решения связаны с планированием загрузки имеющихся (созданных) производственных мощностей при удовлетворении спроса в среднесрочном и краткосрочном периоде, когда прогнозы текущего спроса более точны и имеются конкретные заказы потребителей. Такие решения принимаются при агрегатном планировании производства, планировании производственных потребностей/ресурсов, составлении краткосрочных расписаний работ. *Оперативные решения* связаны с учетом фактической загрузки и состояния отдельных элементов производственных мощностей, контролем их соответствия плановым значениям и регулированием путем перераспределения отдельных работ в режиме реального времени. Подобные решения составляют содержание производственного диспетчирования.

Взаимосвязь указанных решений проявляется в следующем. В рамках производственного планирования решается задача наиболее полного удовлетворения запросов потребителей при эффективном использовании всех видов производственных ресурсов, что предполагает достижение баланса между степенью загрузки мощностей и степенью удовлетворения спроса. Задача чрезвычайно сложна, так как в один и тот же календарный период спрос переменчив, а мощность постоянна. Поддержание объема выпуска продукции на постоянном уровне независимо от колебаний спроса возможно, если запасы, накапливаемые в периоды малого спроса (ниже объема выпуска), удастся полностью реализовать в периоды высокого спроса (выше объема выпуска). Но накопление запасов, особенно в таких размерах, обычно экономически не целесообразно, в сервисе — вообще не возможно. Возникает необходимость в текущем регулировании выпуска в соответствии с колебаниями спроса, что возможно только в ограниченных пределах: путем приема (увольнения) временного персонала, использования сверхурочных работ, закупок, субконтрактов и других мер, доступных при агрегатном планировании производства.

Количество и состав производственного оборудования, площадей, штат-

ного персонала, места географического размещения заводов, застройку их территорий, планировку цехов и расстановку оборудования достаточно сложно и экономически не целесообразно изменять часто и на короткое время, приспосабливаясь к текущему состоянию спроса. Поэтому реакция производства на частые и краткосрочные изменения спроса заключается прежде всего в соответствующем регулировании загрузки имеющихся мощностей. При этом неизбежны временные потери как от недогрузки мощности, когда спрос ниже уровня мощности, так и от упущенной выгоды, когда спрос выше уровня мощности. Общие потери можно минимизировать, определив соответствующий этому минимуму уровень мощности.

В этом заключается экономический смысл задачи, связанной с принятием стратегического решения о размере мощности на предстоящий долгосрочный период. Как правило, упущенная выгода превосходит потери от простоя оборудования (и площадей), остальные факторы производства могут привлекаться по мере необходимости или использоваться по другому назначению без потерь от простоя. В связи с этим для удовлетворения ожидаемого максимума спроса на предприятиях целенаправленно создаются резервы мощности в виде определенного количества зарезервированных единиц оборудования, но чаще - в виде резерва их загрузки во времени. Обоснование экономичного размера резерва мощности основывается на долгосрочном прогнозе максимума спроса и установлении компанией стандарта обслуживания, фиксирующего уровень удовлетворения спроса (например, в терминах длины очереди на обслуживание или времени ожидания исполнения заказа, допустимых по условиям конкурентного окружения или с согласия потребителей). Производственная мощность принимается на уровне такого объема выпуска, который обеспечивает минимум общих издержек, связанных с ожиданием потребителей и простоем оборудования.

Примером из сферы сервиса является принятие долгосрочного решения при проектировании супермаркета об общем количестве расчетно-кассовых узлов и текущее регулирование того их количества, которое фактически используется в определенные дни и часы работы супермаркета после завершения его строительства. Долгосрочное решение принималось на основе долгосрочного прогноза максимума спроса на длительную перспективу, текущее регулирование осуществляется на основе краткосрочных прогнозов спроса или по факту в реальном времени.

Мощности определяются наличием производственных ресурсов, поэтому могли бы измеряться в единицах имеющегося оборудования, площадей, рабочей силы, материалов. Но спрос обычно измеряется в единицах товаров (работ, услуг). Поэтому производственная мощность как максимально возможный объем производства в условиях его ориентации на спрос тоже должна измеряться в единицах товаров (работ, услуг).

При производстве товара одного наименования измерение мощности может быть прямым: это максимальное число единиц, которое может быть произведено предприятием или подразделением за определенный период. При производстве товаров многих наименований с использованием различных технологических процессов разной производительности измерение мощности в единицах

товаров становится невозможным. В этих случаях универсальной единицей измерения мощности, применимой ко всем выпускаемым товарам и используемым процессам, служит рабочее время, затрачиваемое на производство продукции. Для машиностроения характерно измерение производственной мощности в натуральных или в приведенных по трудоемкости условных единицах: в единичном производстве — в нормо-часах (реже в стоимостном выражении); в серийном — в условных изделиях, комплектах; в массовом и крупносерийном — в комплектах, деталях, изделиях. В литейных, кузнечных и других заготовительных цехах в качестве измерителей производственной мощности используются тонны и условные тонны (с учетом сложности заготовок); в гальванических цехах — квадратные метры покрытия; в сборочных и некоторых других цехах — квадратные метры производственной площади.

Различают проектируемую, ожидаемую и нормативную мощность. *Проектируемая мощность* — это максимум мощности, который может быть достигнут в идеальных условиях. В реальных условиях практически невозможно достигнуть 100% проектируемой мощности. Поэтому предприятия оперируют *ожидаемой мощностью*, которая обычно составляет около 92% от проектируемой. Отношение ожидаемой мощности к проектируемой в процентах называют *эффективностью мощности*. Большинство предприятий в действительности оперируют мощностью еще в меньшем размере, чем ожидаемая, так как предпочитают иметь определенный резерв мощности. Это *нормативная мощность*, используемая в плановых расчетах. Для определения нормативной мощности применяется *коэффициент использования мощности*, представляющий собой отношение действительного выхода системы к ожидаемой мощности (в процентах). Нормативная мощность определяется как произведение проектируемой мощности, эффективности и коэффициента использования мощности. Нормативная мощность не может быть выше проектируемой мощности, так как эффективность и коэффициент использования мощности не могут превышать единицу.

Пример 7.1. Нормативная мощность

Предприятие, производящее изделие *A*, имеет оборудование с эффективностью 90% и коэффициентом использования мощности 80%. Три производственные линии используются для выпуска изделия *A*. Линии работают 7 дней в неделю по три 8-часовых смены в день. Каждая линия спроектирована на 120 стандартных изделий *A* в час. Необходимо определить нормативную мощность предприятия (изделий в неделю).

При расчете нормативной мощности умножаем проектируемую мощность (которая равна произведению числа линий, времени работы линии в часах и числа изделий в час) на коэффициент использования мощности и эффективность. Оборудование используется семь дней в неделю, три смены в день. Таким образом, каждая производственная линия работает 168 часов в неделю ($168 = 7 \times 3 \times 8$). По этой информации нормативная мощность может быть определена следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Нормативная мощность} &= \text{Проектируемая мощность} \times \text{Эффективность} \times \text{Кэфф. использ. мощности} = \\ &= 120 \times 3 \times 168 \times 0,9 \times 0,8 = 43\,546 \text{ изделий (в неделю)}. \end{aligned}$$

7.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ

Расчеты производственной мощности выполняются для обоснования производственной программы предприятия и его подразделений, а также для выявления резервов использования действующих основных производственных фондов предприятия. Исходными данными для расчетов производственной мощности служат сведения о количестве оборудования и производственных площадей, режиме работы предприятия и его подразделений, номенклатуре и характере продукции, нормах производительности оборудования и трудоемкости продукции. Расчет производственной мощности ведется по всему установленному оборудованию (действующему и бездействующему).

Производственная мощность предприятия определяется по мощности ведущих цехов, цеха - по мощности ведущих участков, участка - по мощности ведущего оборудования. В качестве ведущих принимаются такие цехи, участки и группы оборудования, которые имеют наибольший удельный вес в общем выпуске продукции по трудоемкости, в натуральном или стоимостном выражении, на которых производятся технологические операции, определяющие специализацию и масштаб производства. В общем виде производственная мощность N группы оборудования, подразделения или предприятия в плановом периоде (например, за год) выражается следующим образом:

$$N = F/t,$$

где F — располагаемый фонд времени работы в плановом периоде, часов;
 t — трудоемкость единицы продукции, часов.

Располагаемый фонд времени работы в плановом периоде F равен:

$$F = qD_p T_{см} s (1 - a/100),$$

где q — число единиц установленного оборудования (в группе, подразделении);
 D_p — количество рабочих дней в плановом периоде;
 $T_{см}$ — продолжительность смены, часов;
 s — число смен работы оборудования;
 a — плановый процент потерь времени на ремонт оборудования.

Полная мощность рассчитывается исходя из числа смен, которое соответствует круглосуточному режиму работы (обычно трехсменному). *Режимная мощность* определяется исходя из принятого режима работы оборудования, участка, цеха с соблюдением 41-часовой рабочей недели (обычно двухсменного, по уникальному и лимитирующему оборудованию — трехсменного). Трудоемкость единицы продукции t должна отражать особенность определения мощности, которая связана с наиболее эффективным использованием всех видов производственных ресурсов (оборудования) в процессе производства продукции: применение прогрессивной технологии, рациональной организации производства, труда и управления.

При расчетах производственной мощности за год различают производст-

венную мощность на начало и конец планового года, а также среднегодовую мощность. Мощность на конец планового года определяется как сумма мощности на начало года и мощностей, вводимых и выбывающих в течение года. Среднегодовая мощность N рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{ср}} = N_{\text{н}} + \sum_1^{12} N_{\text{вв}} T_{\text{вв}} / 12 - \sum_1^{12} N_{\text{выб}} T_{\text{выб}} / 12,$$

где $N_{\text{н}}$ — производственная мощность на начало планового года;
 $N_{\text{вв}}$ и $N_{\text{выб}}$ — вводимые и выбывающие в течение года мощности;
 $T_{\text{вв}}$ и $T_{\text{выб}}$ — продолжительность использования вводимых и неиспользования выбывающих мощностей, месяцев.

Коэффициент использования среднегодовой производственной мощности $K_{\text{исп}}$ определяется:

$$K_{\text{исп}} = N_{\text{в}} / N_{\text{ср}},$$

где $N_{\text{в}}$ — годовой выпуск продукции (по фактический или плановый).

По результатам расчета коэффициента использования мощности намечаются организационно-технические мероприятия по устранению «узких мест» и улучшению использования производственной мощности. Под «узким местом» понимается производственное подразделение (цех, участок или группа оборудования), производственная мощность которого меньше, чем любого другого подразделения. Поскольку величина производственной мощности N зависит от располагаемого фонда времени работы F и трудоемкости единицы продукции t , то повышение производственной мощности возможно в двух основных направлениях: за счет увеличения располагаемого фонда времени работы или сокращения трудоемкости единицы продукции (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Способы повышения производственной мощности предприятия

<i>Увеличение располагаемого фонда времени работы</i>	<i>Сокращение трудоемкости продукции</i>
Увеличение количества единиц установленного оборудования	Совершенствование технологии изготовления продукции
Увеличение сменности работы оборудования	Повышение серийности производства
Улучшение организации ремонта оборудования	Расширение унификации, нормализации, стандартизации продукции и ее компонентов
Сокращение производственных циклов	Обновление и модернизация оборудования
Улучшение использования производственных площадей и пространства	Повышение уровня технологической оснащенности производства
Рациональное планирование работ, устранение «узких мест» в производстве	Постоянное обновление и пересмотр норм времени
Углубление специализации, развитие кооперирования подразделений и предприятий	Рациональная организация труда на рабочих местах

Расчеты производственной мощности предприятия начинаются с ведущих групп оборудования. При *одноменклатурном выпуске продукции* производственная мощность N по ведущей группе взаимозаменяемого оборудования определяется по формуле:

$$N = F_{\text{эф}} Q / t,$$

где $F_{\text{эф}}$ — эффективный фонд времени работы единицы оборудования в плановом периоде;

Q - число единиц взаимозаменяемого оборудования в группе;

t — трудоемкость изготовления единицы продукции по группе оборудования.

При одновременном *изготовлении нескольких видов продукции* и заданной количественной пропорции их выпуска производственная мощность группы взаимозаменяемого оборудования определяется в условных комплектах:

$$N = F_{\text{эф}} Q / \sum_{j=1}^{K_{\text{из}}} t_j K_j,$$

где $K_{\text{из}}$ — число наименований изделий, изготавливаемых на данной группе оборудования;

t — трудоемкость изготовления единицы продукции j -го вида;

K — число единиц продукции j -го вида в одном комплекте.

Производственная мощность по *площади участка* при выпуске продукции одного вида определяется как

$$N = F_{\text{НОМ}} S / S_0 t,$$

где $F_{\text{НОМ}}$ - номинальный фонд времени работы участка;

S — производственная площадь участка;

S_0 — необходимая площадь для изготовления (сборки) единицы продукции с учетом проходов между рабочими местами;

t - время занятости площади участка одной единицей продукции.

Загрузка оборудования по группам взаимозаменяемости рассчитывается для выявления фактов его недогрузки и перегрузки с целью последующего выравнивания. Сравнением требуемого для выполнения плана числа единиц оборудования q с фактически установленным $q_{\text{ф}}$ в группе определяется его избыток или недостаток. *Коэффициент загрузки группы оборудования* равен:

$$K_z = q / q_{\text{ф}}.$$

При определении числа единиц фактически имеющегося оборудования в группе должно учитываться его выбытие из-за физического и морального износа, а также установка новых единиц оборудования.

Требуемое для выполнения плана количество единиц оборудования q получается округлением расчетного q до ближайшего большего целого. *Расчетное количество единиц оборудования* $q_{\text{р}}$ по плану составляет:

$$q_{\text{р}} = T_{\text{пл}} / F_{\text{эф}},$$

где $T_{\text{пл}}$ — требуемое число нормо-часов по группе оборудования на весь выпуск товарной продукции и на изменение заделов незавершенного производства;

$F_{\text{эф}}$ — эффективный фонд времени работы единицы оборудования.

Потребное количество единиц оборудования по группе определяется путем сопоставления суммарного числа нормо-часов по плану с пропускной способностью одной единицы оборудования (ее эффективным фондом времени работы).

Требуемое число нормо-часов по группе оборудования на весь выпуск товарной продукции и на изменение заделов незавершенного производства $T_{пл}$ определяется как

$$T_{пл} = 1/P_{вн} \sum_{j=1}^J (N_{в}^j T_j + \Delta H_{нз}^j),$$

где J — число видов продукции, изготавливаемой на группе оборудования;
 $N_{в}^j$ — годовой выпуск продукции j -го вида, изготавливаемой на группе оборудования;
 T_j — трудоемкость изготовления продукции j -го вида на группе оборудования;
 $\Delta H_{нз}^j$ — трудоемкость изменения остатка незавершенного производства продукции j -го вида по группе оборудования;
 $P_{вн}$ — планируемый средний коэффициент выполнения норм времени по группе оборудования.

Трудоемкость изменения задела незавершенного производства продукции j -го вида по группе оборудования $\Delta H_{нз}^j$ равна:

$$\Delta H_{нз}^j = \sum_{j=1}^J (O_{вр}^j - O_{вф}^j) T_j,$$

где $O_{вр}^j$ и $O_{вф}^j$ — расчетное и фактическое опережение выпуска продукции j -го вида по группе оборудования.

При расчете загрузки оборудования учитываются также внутренние производственные потребности предприятия (для ремонтных нужд и т. д.), обычно в процентах от потребности в выпуске товарной продукции.

Основными показателями использования оборудования являются следующие коэффициенты:

1) *коэффициент экстенсивного использования ($K_{экс}$), определяемый как*

$$K_{экс} = F_{исп} / F_{тех},$$

где $F_{исп}$ - фонд времени работы оборудования (плановый или фактический) с учетом планируемых потерь;

$F_{тех}$ - календарный (или режимный) фонд времени работы оборудования;

2) *коэффициент интенсивного использования ($K_{инт}$):*

$$K_{инт} = \sum t_{тех} / \sum t_{пл},$$

где $\sum t_{тех}$ - минимально возможная трудоемкость операций, закрепленных за данной группой оборудования;

$\sum t_{пл}$ - средняя нормативная трудоемкость операций, закрепленных за данной группой оборудования;

3) *интегральный коэффициент использования ($K_{и}$):*

$$K_{\text{И}} = K_{\text{ЭКС}} K_{\text{ИНТ}},$$

4) коэффициент загрузки (K_3):

$$K_3 = Q_{\text{ПОТ}} / Q_{\text{УСТ}},$$

где $Q_{\text{ПОТ}}$ - потребное число единиц оборудования на программу;
 $Q_{\text{УСТ}}$ - установленное число единиц оборудования;

5) коэффициент сменности ($K_{\text{СМ}}$):

$$K_{\text{СМ}} = K_3 s,$$

где s — число смен работы оборудования;

б) коэффициент использования технической мощности ($K_{\text{ТЕХ}}$):

$$K_{\text{ТЕХ}} = M_{\text{СР}} / M_{\text{МАХ}},$$

где $M_{\text{СР}}$ - средняя мощность, потребная для обработки по технологическому процессу, кВт;
 $M_{\text{МАХ}}$ - паспортная мощность оборудования, кВт;

7) коэффициент интегральной загрузки ($K_{\text{ИЗ}}$):

$$K_{\text{ИЗ}} = K_{\text{И}} K_{\text{ТЕХ}},$$

7.3. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ

Определение требуемых производственных мощностей базируется на прогнозе будущего спроса и может осуществляться двумя способами.

Способ 1. Когда спрос на товары и услуги может быть спрогнозирован с достаточной степенью точности, планирование производственной мощности выполняется просто: будущий спрос прогнозируется традиционными методами (обычно используется регрессионный анализ); на этой основе выполняется *прямой расчет* требуемой мощности.

Пример 7.2. Прогноз требуемых производственных мощностей.

В течение ряда прошлых лет спрос на продукцию фирмы был устойчивым и предопределённым. Более того, он в основном был связан с нормативной мощностью (часов в неделю). Это позволяло исполнителям прогнозировать нормативную мощность с высокой степенью точности, используя простую линейную регрессию (табл. 7.2). Фирма составляет на текущую дату прогноз будущего спроса для определения нормативной мощности.

Таблица 7.2

Месяц	Нормативная мощность, часов
Январь	500
Февраль	510
Март	514
Апрель	520
Май	524
Июнь	529

Таблица 7.3

<i>Временной период</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x²</i>	<i>xy</i>
Январь	1	500	1	500
Февраль	2	510	4	1020
Март	3	514	9	1542
Апрель	4	520	16	2080
Май	5	524	25	2620
Июнь	6	529	36	3174
п = 6	$\Sigma x = 21$	$\Sigma y = 3097$	$\Sigma x^2 = 91$	$\Sigma xy = 10936$

На основе данных табл. 7.2 составляется прогноз требуемой нормативной мощности, например, в августе. Используя технику *минимума отклонений* и данные табл. 7.3 рассчитаем параметры *a* и *b* по формулам:

$$b = \frac{\sum xy - nXY}{\sum x^2 - nX^2};$$

$$a = Y - bX; \quad y^* = a + bx^*.$$

$$X = \sum x/n = 21/6 = 3,5; \quad Y = \sum y/n = 3097/6 = 516,16;$$

$$b = \frac{10936 - 6 \times 3,5 \times 516,6}{91 - 6 \times 12,25} = \frac{10936 - 10839,31}{91 - 73,50} = \frac{96,69}{17,50} = 5,5;$$

$$a = 516,16 - 5,5 \times 3,5 = 516,16 - 19,32 = 496,84.$$

Таким образом, мощность, необходимая в августе (месяц $x^* = 8$), составит:

$$y^* = a + bx^* = 496,84 + 5,5x^* = 496,84 + 5,5 \times 8 = 496,84 + 44,00 = 540,84 \ll 541 \text{ (час в неделю)}.$$

Способ 2. Когда будущий спрос на товары и нормативная мощность подвержены значительным случайным воздействиям, для принятия плановых решений применяются *вероятностные модели требуемой мощности*; дальнейшая последовательность действий аналогична способу 1.

Типичная задача для условий риска: каким должен быть размер строящегося предприятия. Очевидно, таким, чтобы удовлетворить будущий спрос. Основные варианты решения связаны с факторами спроса и состоянием рынка для производимых товаров. Для этого будущий рынок должен быть классифицирован (например, как благоприятный и неблагоприятный). Методика, которая может быть эффективно использована в принятии плановых решений по мощности с неопределенным будущим, - это теория решений. Теория решений предполагает использование как таблиц, так и деревьев решений, которые требуют спецификации альтернатив и состояния природы. Для ситуации планирования мощности состояние природы — это обычно будущий спрос или благоприятный рынок. Для установленных вероятностей вариантов состояния природы можно принять решение, которое максимизирует ожидаемый результат альтернативы. Это осуществляется следующим образом с использованием дерева решений:

1) генерируется множество альтернативных вариантов расширения мощности;

2) определяется ожидаемый размер прибыли P (при благоприятном рынке) и убытков L (при неблагоприятном рынке) по каждому из вариантов;

3) определяется вероятность благоприятного $p(P)$ и соответственно неблагоприятного $p(L)$ рынков, где $p(P) + p(L) = 1$;

4) рассчитывается ожидаемый доход в денежном выражении EMV по каждому из вариантов:

$$EMV(I) = p(P) \times P(I) + p(L) \times L(I), \text{ где } EMV(I) < > 0;$$

5) выбирается наиболее эффективный вариант, который дает наибольший доход $EMV(I)$, т. е. $\max EMV(I)$.

7.4. ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ

Наиболее распространенным методом экономического обоснования мощности является анализ критической точки. Этот метод успешно применяется для обоснования выбора вариантов инженерных решений и организационно-технических мероприятий как при проектировании, так и планировании производственных процессов.

Анализ критической точки предназначен для обоснования мощности путем отбора и идентификации объема выпуска с наименьшими общими затратами. Целью анализа является нахождение точки (в денежных единицах или единицах продукции), в которой затраты равны доходу; эта точка является *критической точкой* (точкой безубыточности). Анализ критической точки требует оценки постоянных затрат, переменных затрат и дохода. *Постоянные затраты* — это затраты, которые существуют, даже если ничего не производится. *Переменные затраты* — это затраты, которые варьируются с изменением объема производства. Главная компонента в переменных затратах — это затраты труда или материалов. Важным элементом анализа критической точки является *функция дохода* (рис. 7.1).

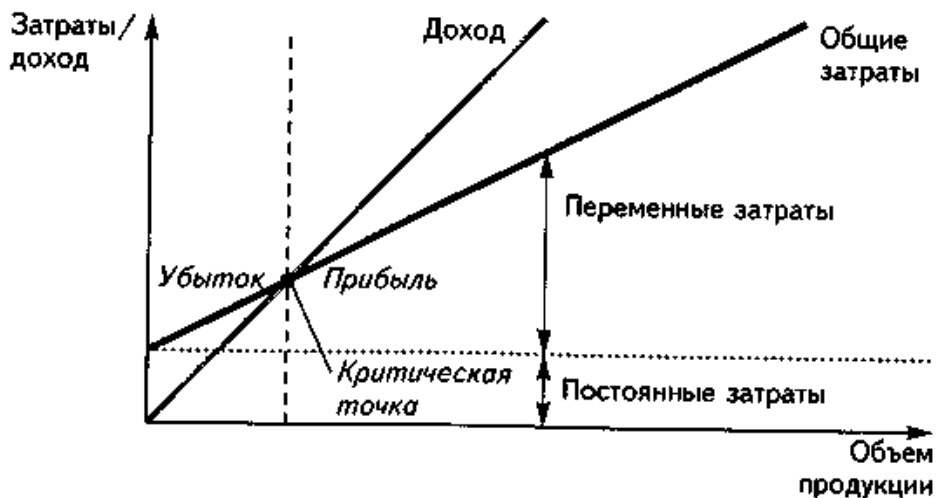


Рис. 7.1. Базовая критическая точка

Когда функция дохода пересекает линию общих затрат, это и есть критическая точка, от которой область прибыли лежит вправо, а область убытков - влево.

Затраты и доход показаны как прямые линии; они представлены линейно возрастающими, т. е. находящимися в прямой зависимости от количества произведенных единиц товара. Но на практике ни постоянные, ни переменные затраты (и функция дохода) не будут прямыми линиями. Например, постоянные затраты изменяются в зависимости от стоимости оборудования или используемой производственной площади; затраты труда изменяются при сверхурочных работах или при изменении квалификации наемных рабочих; функция дохода может измениться при действии таких факторов, как скидки в зависимости от объема, и т. д.

Формулы для анализа критической точки ВЕР (в денежных единицах или единицах продукции):

$$\begin{aligned} TR &= Px; \\ TC &= F + Vx, \end{aligned}$$

где TR — общий доход;
 TC — общие затраты;
 ВЕР(x) — критическая точка в единицах продукции;
 ВЕР(\$)\$ — критическая точка в денежных единицах (д. е.);
 P — цена единицы продукции; x — количество произведенных единиц;
 F — постоянные затраты;
 V — переменные затраты на единицу продукции.

Когда общий доход эквивалентен общим затратам, получаем:

$$TR = TC,$$

Или

$$Px = F + Vx.$$

Решая относительно x, имеем:

$$ВЕР(x) = F/(P - V);$$

$$ВЕР(\$) = ВЕР(x)P = FP/(P - V) = F/[(P - V)/P] = F/(1 - V/P).$$

Прибыль составит:

$$TR - TC = Px - (F + Vx) = (P - V)x - F.$$

Используя эти соотношения, можно непосредственно определить критическую точку и прибыль. Критическая точка может также показывать, например, область наибольшей прибыли. Имеется возможность из ряда альтернативных вариантов выбрать процесс с наименьшими затратами и наибольшим значением прибыли, как показано на рис. 7.2. Такой график обычно называют *картой пересечений*. Различные процессы могут быть представлены различными значениями затрат; из различных выпусков только один будет иметь наименьшие затраты.

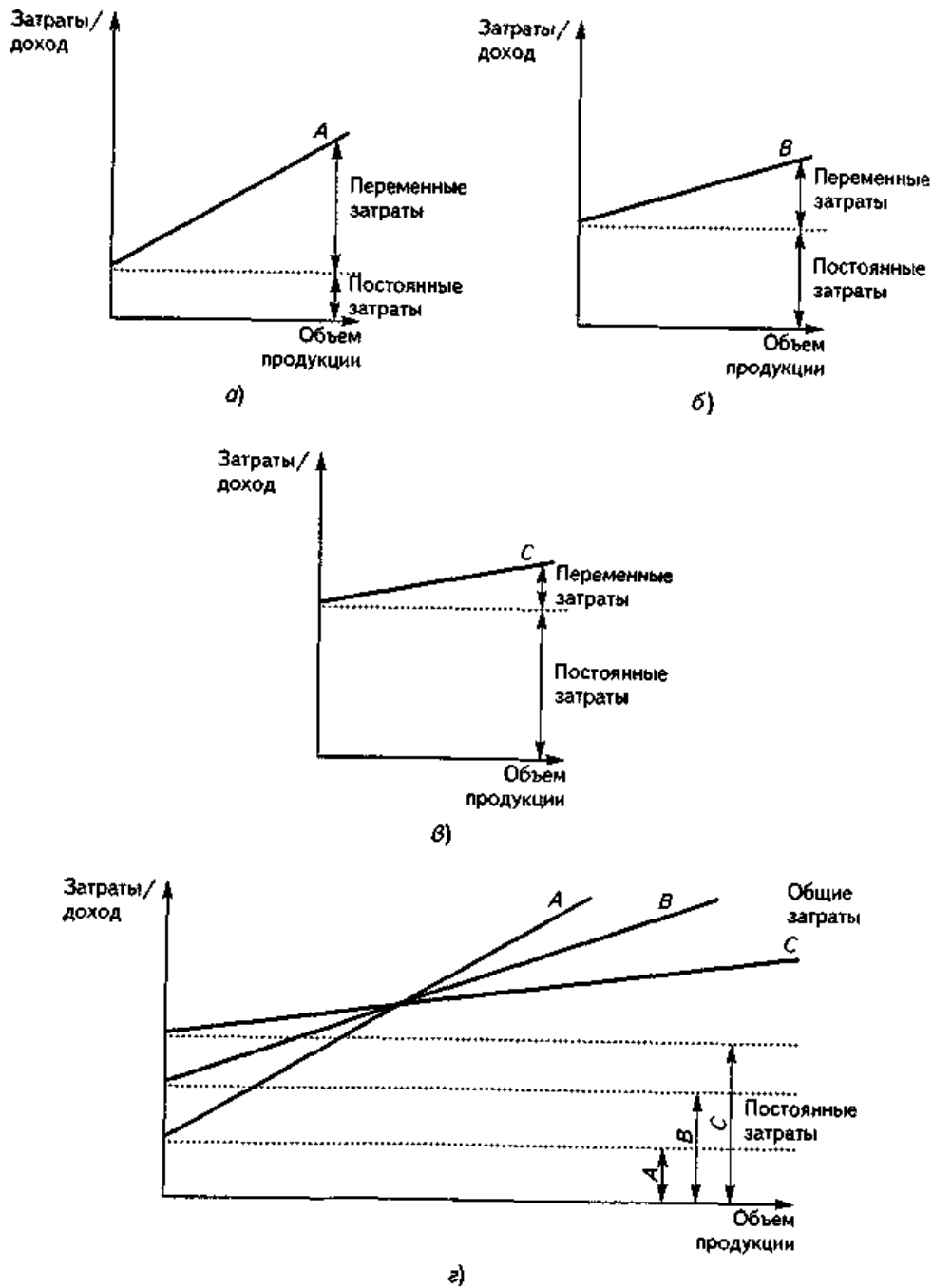


Рис. 7.2. Карты пересечений

Для *однопродуктового случая* критическая точка в денежных единицах рассчитывается следующим образом:

$$BEP(\$) = F/(1 - V/P).$$

Критическая точка в единицах продукции определяется как

$$BEP(x) = F/(P - V).$$

Пример 7.3. Анализ критической точки (однопродуктовый случай)

Фирма имеет постоянные затраты \$10 000 в данном периоде, затраты на заработную плату составляют \$ 1,5 и на материалы - \$0,75 на единицу продукции. Продажная цена равна \$4 за единицу. Критическая точка в денежных единицах рассчитывается следующим обра-

ЗОМ:

$$BEP(\$) = F/(1 - V/P) = \frac{10000}{1 - [(1,5 + 0,75)/4]} = \frac{\$10000}{0,4375} = \$22857,14.$$

Критическая точка в единицах продукции равна:

$$BEP(x) = F/(P - V) = \$10\,000 / [4,00 - (1,5 + 0,75)] = 5714.$$

Отметим, что в данном примере должны использоваться общие переменные затраты (т. е. затраты на заработную плату и материалы).

Анализ критической точки для однопродуктового случая не является типичным для фирм с вариантами предлагаемых товаров. Каждый вариант может иметь различную продажную цену и переменные затраты. Модифицируем исходное уравнение, отразив соотношение продаж для разных товаров путем оценки вклада каждого товара пропорционального продажам (*многопродуктовый случай*):

$$BEP(\$) = F / \sum [(1 - V_i/P_i) (W_i)],$$

где V — переменные затраты на единицу продукции;
 P — цена за единицу;
 F — постоянные затраты;
 W — процент каждого товара в общем объеме продаж в денежных единицах;
 i — индекс товара.

Пример 7.4. Анализ критической точки (*многопродуктовый случай*)

Цены на продукцию компании приведены в табл. 7.4. Постоянные затраты составляют \$3500 в месяц.

Таблица 7.4

№ изделия	Цена, долл.	Затраты, долл.	Прогноз продаж, единиц продукции
1	2,95	1,25	7000
2	0,80	0,30	7000
3	0,59	0,18	1000
4	1,55	0,47	5000
5	0,75	0,25	5000
6	2,95	1,20	2000
7	1,75	0,55	2500
8	1,75	0,80	2000
9	2,85	1,00	3000

По вариантам предложения проведем анализ критической точки также, как и в однопродуктовом случае, используя затем вес каждого товара пропорционально их доле в общем объеме продаж (табл. 7.5). Например, объем продаж для изделий I составляет \$20 650, т. е. 34,0% от общего объема продаж \$60 665. Следовательно, вклад для изделий I устанавливается с весом 0,340; их взвешенный вклад составляет $0,340 \times 0,58 = 0,197$. Используя этот подход для каждого товара, находим, что общий взвешенный вклад составляет 0,622 на каждый доллар продаж, и критическая точка в долларах равна \$67 524:

$$BEP(\$) = F / \sum [(1 - V_i/P_i) (W_i)] = \frac{\$3500 \times 12}{0,622} = \frac{\$42000}{0,622} = \$67524.$$

Это означает, что общий ежедневный объем продаж (52 недели по 6 дней в каждой) составляет $\$67\,524 / 312 \text{ дней} = \$216,42$.

Таблица 7.5

№ изделия, <i>i</i>	Цена (<i>P</i>), долл.	Переменные затраты (<i>V</i>), долл.	<i>V/P</i>	$1-(V/P)$	Прогноз продаж, долл.	Доля про- даж	Взвешен- ный вклад
1	2,95	1,25	0,42	0,58	20650	0,340	0,197
2	0,80	0,30	0,38	0,62	5600	0,092	0,057
3	0,59	0,18	0,31	0,69	590	0,010	0,007
4	1,55	0,47	0,30	0,70	7750	0,128	0,090
5	0,75	0,25	0,33	0,67	3750	0,062	0,042
6	2,95	1,20	0,41	0,59	5900	0,097	0,057
7	1,75	0,55	0,31	0,69	4375	0,072	0,050
8	1,75	0,80	0,46	0,54	3500	0,058	0,031
9	2,85	1,00	0,35	0,65	8550	0,141	0,091
					60665	1,000	0,622

7.5. ИНВЕСТИРОВАНИЕ В РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ

Устойчивое развитие и поддержание прибыльности фирмы осуществляется через инвестирование в процессы, которые повышают гибкость производства, улучшают качество товаров или увеличивают долю рынка. Одно из направлений инвестирования — инвестиции в развитие производственных мощностей. При этом особое значение имеет выбор *стратегии инвестирования*.

При определении стратегии исходят из того, что инвестиции не могут осуществляться как изолированные расходы, а только как часть стратегического плана, который будет определять место фирмы с позиций обеспечения ее конкурентных преимуществ. При определении стратегии инвестирования необходимо ответить на ряд принципиальных вопросов:

- будут ли инвестиции способствовать завоеванию покупателей и доли рынка;
- что инвестиции привнесут в конкурентное преимущество (в гибкость процесса, качество товара, уровень обслуживания клиентов);
- какие изменения финансовых результатов повлекут за собой инвестиции.

Определение стратегии инвестирования базируется на традиционном анализе и оценке эффективности инвестиций. Поскольку существуют альтернативы, выбор наилучшего варианта основывается на анализе единовременных и текущих затрат, денежных потоков по всем альтернативам. При большом числе альтернатив проводится исключение части из них по шести главным факторам: затраты, выпуск, трудовые ресурсы, технология, качество и надежность.

Пример 7.5. Выбор альтернативы

Стоимостные характеристики трех процессов представлены в табл. 7.6. Данные включают информацию, необходимую для анализа требуемых денежных потоков. Анализ, представленный в табл. 7.7, показывает, что фирма может иметь \$5000 сейчас и \$25 000 в первый период от инвестиций в процесс *A*. Меньший поток будет требоваться в последующий период, так как переменные затраты уменьшаются на \$6 на единицу продукции. Воздействие этих

денежных потоков, как и абсолютных инвестиций, может распространяться на выбор процесса. Таблица 7.8 дает детальный анализ денежных потоков для первой альтернативы - процесса *A*.

Таблица 7.6
Инвестиции и переменные затраты для процессов *A*, *B* и *C*
(в долларах)

Процессы	Текущие затраты	Уменьшение затрат				Новые переза-траты	Добавлен-ные за-траты в новом го-ду.	Добавлен-ные за-траты в текущем году
		Рабо-чая си-ла	Отходы и неза-вершен-ное про-изво-дство	Пло-щадь	Запасы			
Процесс <i>A</i>	20,00	3,00	2,00	0,50	0,50	14,00	25000	5000
Процесс <i>B</i>	20,00	1,25	1,75	0,00	0,50	16,50	15000	5000
Процесс <i>C</i>	20,00	-	—	—	—	20,00	—	—

Таблица 7.7
Изменения в денежных потоках для процессов *A*, *B* и *C*
(в долларах)

Процессы	Текущий год	Первый год	Второй год производства в 5-летнем периоде
Процесс <i>A</i>	5000	25000	6,00 за проданную единицу
Процесс <i>B</i>	5000	15000	3,50 за проданную единицу
Процесс <i>C</i>	—	—	-

Таблица 7.8
Анализ денежного потока для процесса *A*
(в долларах)

	Текущий год	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
Капитальные затраты	5000	25000				
Новые затраты			14000	7000	7000	1400
Текущие затраты			20000	10000	10000	2000
Чистая экономия			6000	3000	3000	600
Ликвидационная стои-мость			-	-	-	5000
Амортизация (¹ /ю в год)		3000	3000	3000	3000	3000
Денежный поток	5000	22000	9000	6000	6000	8600

Капиталоемкие мероприятия требуют обоснования инвестиционного проекта по методикам типа *Project Expert for Windows* [2.10]. Поэтому при обосновании мощности должно рассчитываться изменение инвестиций по *чистой текущей стоимости* (NPV):

$$NPV > 0; NPV = \sum_{t=1}^T (D_t - C_t - K_t)(1+i)^{-t}; NPV > 0,$$

где D_t —объем дохода от реализации мероприятий проекта в t -м году расчетного периода;
 C_t —текущие издержки на реализацию мероприятий проекта в t -м году;
 K_t — капиталовложения в реализацию мероприятий проекта в t -м году; T — расчетный период, равный длительности жизненного цикла проекта, лет;
 i — коэффициент дисконтирования.

Пример 7.6. *Деагрегирование NPV*

Металлургическая компания при принятии решения о создании гибкой производственной системы (ГПС) в цехе, проводящем испытания образцов металлургической продукции перед ее отгрузкой потребителям, выявила факт возникновения синергического эффекта в логистической цепи. Сфера проявления результатов внедрения ГПС выходит за рамки данного рабочего центра (цеха образцов) и распространяется на последующее по технологическому процессу металлургическое производство компании и на потребителей ее продукции. Основным эффектообразующим фактором при внедрении ГПС является сокращение длительности производственного цикла образцов, что при эстафетной передаче эффекта в логистической цепи приводит к образованию аналогичного по содержанию, но значительно большего по масштабу, эффекта сокращения длительности цикла продукции металлургического производства (для справки: цена единицы металлопродукции на порядок превышает стоимость единичного образца). Поэтому в расчетах экономической эффективности ГПС образцов признано необходимым учитывать не столько прямой эффект (непосредственно в сфере испытания образцов), сколько косвенный (синергический эффект в сфере производства и потребления металлопродукции).

Синергический эффект в сфере производства металлопродукции $NPV(S)$ возникает как результат снижения издержек металлургического производства и складывается из двух составляющих:

1) эффект сокращения связывания средств в незавершенном производстве металлопродукции, равный

$$NPV_1(S) = \sum_{t=1}^{T_p} [(\Delta T_{mn}^t / F_t) \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (C_{ij}^t N_{ij}^t) (1+i)^{-t}],$$

где ΔT_{mn}^t - сокращение длительности цикла металлопродукции в t -м году расчетного периода;

F_t — годовой фонд рабочего времени в металлургическом производстве компании;

C_{ij}^t — издержки производства 1 т металлопродукции j -го типа из i -го материала в t -м году;

N_{ij}^t — объем производства металлопродукции j -го типа из i -го материала в t -м году, т;

T_p — расчетный период, равный длительности жизненного цикла логистической цепи, лет;

i — коэффициент дисконтирования;

2) эффект высвобождения производственных площадей из-под пролеживающей металлопродукции, определяемый как

$$NPV_2(S) = \sum_{t=1}^{T_2} [\Delta T_{mn}^t (C_{ij}^{*t} + K_{ij}^{*t}) \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I N_{ij}^t / F_t q u (1+i)^{-t}],$$

где C_{ij}^{*t} и K_{ij}^{*t} — соответственно годовые издержки содержания и цена единицы производственной площади, занимаемой под хранение металлопродукции j -го типа из i -го мате-

риала в t -м году;

q — нормативная нагрузка на единицу площади пола при хранении металлопродукции;

u — коэффициент использования площади мест складирования металлопродукции.

Суммарный синергический эффект составит:

$$NPV(S) = NPV_1(S) + NPV_2(S).$$

Результаты расчетов показали, что сокращение длительности цикла испытания образцов в среднем с 7-8 суток до 3-5 часов обеспечивает ускорение оборачиваемости оборотных средств компании на 3% и высвобождение 2,3% среднегодовой суммы нормируемых оборотных средств. В абсолютном выражении для крупной компании это весьма значительная сумма. Значимость расчетов может быть повышена за счет использования в качестве исходных данных объема продаж металлопродукции и рыночных цен на нее. Расчет эффекта потребителя для производящей логистической цепи имеет смысл при установлении цен на продукцию в увязке со сроками поставки. Данный пример показывает, что при выборе объектов приложения инвестиций особое значение имеет выявление стратегически важных (или критических) участков производства (звеньев логистической цепи), где можно получить максимальный экономический результат при равной величине затрат по сравнению с другими вариантами.

Метод чистой текущей стоимости является одним из наиболее эффективных средств ранжирования альтернатив по инвестициям. Процедура базируется на прямом расчете. Определяется текущая стоимость для всех денежных потоков по каждому варианту инвестиций. Наилучшим признается тот вариант, где имеется наивысшая чистая текущая стоимость. Когда осуществляется ряд инвестиций, инвестиции с большей текущей стоимостью предпочтительнее, чем с меньшей.

Пример 7.7. Ранжирование альтернатив

Производственная компания рассматривает два различных варианта инвестиций. Инвестиция A в размере \$35 000 и инвестиция B в размере \$30 000. Оба варианта имеют период инвестирования 6 лет. Денежные потоки для инвестиций приведены в табл. 7.9. Процентная ставка i равна 8%.

Таблица 7.9

Год	Инвестиция A (денежный поток), долл.	Инвестиция B (денежный поток), долл.	Коэффициент дисконтирования
1	10000	9000	0,926
2	10000	9000	0,857
3	11 000	9000	0,794
4	12000	9000	0,735
5	11 000	9000	0,681
6	5000	9000	0,630

Расчет выполняется следующим образом. Находим текущую стоимость денежного потока для каждого варианта инвестиций. Умножаем коэффициент 0,08 на денежный поток в каждом году. Суммируя текущие стоимости, вычитаем начальные инвестиции и получаем чистую текущую стоимость каждого варианта. Расчеты сведены в табл. 7.10.

Критерий чистой текущей стоимости показывает, что инвестиции B более предпочтительны, чем инвестиции A , так как они имеют более высокую текущую стоимость.

Таблица 7.10

<i>Год</i>	<i>Инвестиции А (текущая стоимость), долл.</i>	<i>Инвестиции В (текущая стоимость), долл.</i>
1	9260 = 0,926x10000	8334 = 0,926 x 9000
2	8570 = 0,857x10000	7713 = 0,857x9000
3	8734 = 0,794 x 1 1 000	7146 = 0,794x9000
4	8820 = 0,735x12000	6615 = 0,735x9000
5	7491 = 0,681 x 1 1 000	6129 = 0,681x9000
6	3150 = 0,630x5000	5670 = 0,630 x 9000
Общие инвестиции, долл.	46025	41 607
Первоначальные инвестиции, долл.	35000	30000
Чистая текущая стоимость, долл.	11 025	11 607

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое производственная мощность?
2. Как измеряется производственная мощность?
3. Изменяется ли размер производственной мощности во времени?
4. Опишите механизм управления производственной мощностью.
5. Как оценивается использование производственной мощности?
6. Как определяется размер требуемых производственных мощностей?
7. Что понимается под экономичным размером производственной мощности?
8. Как проводится экономическое обоснование производственной мощности?
9. Что представляют собой карты пересечений?
10. Как принимаются решения об инвестировании средств в развитие или обновление производственных мощностей?

ЧАСТЬ III СТРАТЕГИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ

ГЛАВА 8 РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

8.1. ВЫБОР РАЗМЕЩЕНИЯ

Проблема размещения, преследуя цель найти наиболее экономичный вариант управления материальным потоком, связывает производителей и потребителей наилучшим с точки зрения экономических показателей образом. В данной главе рассматриваются особенности проблемы размещения и подхода к ее решению в сфере производства и сервиса, соответствующие стратегии управления, методы оценки значений переменных, используемых при анализе размещения, и методики, облегчающие поиск наиболее эффективного варианта размещения. Выбирая свое местоположение, компания совершает долговременные затраты и обеспечивает длительный доход как результат деятельности на выбранном месте. Поэтому размещение влияет и на распределение (на схему распределительной сети). Построение распределительной системы начинается с размещения производства, а далее рассматриваются места размещения производственных складов, складов оптовой торговли относительно сети магазинов розничной торговли, выбирается система доставки, т. е. определяется транспортная сеть и решается целый ряд других вопросов в рамках распределительной логистики.

Размещение. Выбирая местоположение своих объектов, компания принимает решение о значительных капитальных вложениях с достаточно продолжительным сроком окупаемости, обеспечивая возможность устойчивого получения дохода в течение длительного времени в результате деятельности на выбранном месте. Размещение является критическим условием для величины постоянных и переменных затрат как для производственных, так и сервисных фирм. В зависимости от изготавливаемого продукта и типа производства или вида сервиса, транспортные затраты на доставку товара к местам реализации могут достигать 25% цены реализации. Эта $\frac{1}{4}$ часть дохода фирмы может оказаться как раз необходимой, чтобы покрыть расходы на фрахт на доставку сырья, необходимого для производства продукта. Другими затратами, на величину которых влияет размещение подразделений и филиалов фирмы, являются налоги, заработная плата и затраты на материалы. Выбор размещения может изменить затраты на производство и распределение, увеличивая или уменьшая их до 10% от величины общих затрат. Понижение затрат производства в результате нахождения оптимального местоположения может оказаться более простым решением, чем снижение производственных затрат на те же 10% за счет совершенствования системы управления фирмой.

Однажды осуществленные фирмой затраты, определяемые спецификой

местоположения, дают долговременный эффект и снизить их трудно. Например, если новое размещение завода предполагается в регионе с высокой стоимостью энергоресурсов, то даже управление, основанное на самой передовой стратегии использования энергоресурсов, не получит стартового преимущества. Справедливо это и для самой передовой стратегии использования трудовых ресурсов, если наемный труд в избранном для производства регионе характеризуется высокой стоимостью (оплатой), слабой профессиональной подготовленностью или низкой трудовой дисциплиной. Отсюда следует, что работа по поиску оптимального размещения объектов фирмы может рассматриваться как важное направление инвестирования, требующее тщательного экономического обоснования в рамках выбора соответствующей стратегии.

Выбор стратегии, нацеленной на поиск и реализацию наиболее эффективного варианта размещения, во многом зависит от того, что собой представляет фирма и ее объекты, требующие размещения. Анализ размещения предприятий производственной фирмы фокусируется на минимизации общих затрат производства и распределения. Предприятия розничной торговли и сервиса акцентируют внимание на максимизации валового дохода (выручки). Анализ размещения складов фокусируется на поиске приемлемой комбинации транспортно-складских затрат и скорости поставки товара потребителю. Таким образом, объектом *стратегии размещения* является величина прибыли как результат удачного размещения структурных объектов фирмы.

Особенности подхода к размещению. Множество факторов влияют на решения о размещении в тех или иных регионах (странах): производительность труда, международный обмен, изменения в экономике, безработица, профсоюзы, зонирование по экономическим районам, экология, налоги и др. Необходим объективный анализ этих факторов, который должен базироваться главным образом на анализе затрат.

Производительность труда. Часто при принятии решения о размещении производства первым встает вопрос: размещать в своей стране или за рубежом. В таких случаях может оказаться не достаточным сравнение размеров оплаты труда по альтернативным вариантам размещения. Поскольку и производительность труда различается по странам и регионам, нужно проводить анализ оплаты труда по вариантам размещения с учетом производительности труда. Например, фирма, выплачивающая \$12 при производстве 1,25 единицы товара в час, тратит на труд меньше, чем фирма, которая выплачивает \$10 при производстве одной единицы товара в час:

$$\frac{\text{Стоимость труда (заработная плата за час)}}{\text{Производительность (единиц в час)}} = \text{Затраты на единицу}$$

Случай 1: $\$12/1,25 = \$9,60$;

Случай 2 : $\$10/1,00 = \$10,00$.

Затраты труда на единицу продукта иногда называют *трудовым содержанием продукта*. Часовая производительность труда является критической единицей измерения эффективности затрат производителя; низкая оплата труда

часто служит причиной низкой производительности и низкого уровня обслуживания потребителей.

Затраты. Можно разделить затраты на две категории: точно определяемые и не поддающиеся точному определению. *Точно определяемые затраты* — это затраты, которые с достаточной точностью идентифицируются и отображаются в бухгалтерском учете фирмы. Это затраты по таким направлениям, как труд, материалы, налоги, инфляция, потеря стоимости, полезность, ценность и др. *Затраты, не поддающиеся точному определению*, распространяются на такие сферы, как качество образования, работа общественного транспорта, отношение населения к производству и компании, уровень занятости в регионе. Сюда же относятся затраты будущих периодов, затраты, вызванные изменением климата, связанные с поддержанием здоровья, созданием мест отдыха и занятия спортом, определяющие уровень жизни.

Например, решение о размещении предприятия, представленное к рассмотрению властям, может быть отклонено ими еще на стадии согласования и утверждения или вызвать бурные протесты со стороны местного населения. То же может произойти при строительстве или эксплуатации объекта, размещаемого компанией в данном регионе. В любом случае это связано с дополнительными затратами (или потерями) для компании, поэтому их нельзя не учитывать при принятии решений о размещении.

Размещение в производстве и сервисе. В отличие от производственного сектора, где решение проблемы размещения сфокусировано на минимизации затрат, в сфере услуг внимание сосредоточено на максимизации выручки. Особенно это характерно для розничной торговли. Это связано с тем, что производственные затраты в значительной степени зависимы от решения о выборе места размещения производства, в то время как затраты сервисных фирм мало зависят от места их расположения, от этого зависит их выручка. Таким образом, для сферы услуг наилучшим размещением является такое, которое обеспечивает получение наибольшей выручки при заданном объеме услуг.

В процессе принятия решения о размещении нужно тщательно изучить ситуацию на обслуживаемой территории, в том числе по вариантам. При этом необходим учет и анализ следующих факторов:

- 1) покупательной способности потребителей;
- 2) совместимости имиджа и сервиса фирмы с демографической ситуацией;
- 3) конкуренции;
- 4) особенностей размещения фирмы и конкурентов;
- 5) уровня обслуживания потребителей фирмой, конкурентами и партнерами по бизнесу;
- 6) операционной политики фирмы;
- 7) качества менеджмента.

Анализ этих факторов помогает получить объективную оценку ситуации в местах возможного размещения и судить о величине ожидаемого дохода по вариантам размещения.

Характеристика стратегий размещения для производственных и сервис-

ных фирм представлена в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Стратегии размещения для сферы производства и сферы услуг

<i>Размещение в сфере производства</i>	<i>Размещение в сфере услуг</i>
Центральная проблема - затраты	Центральная проблема - выручка
<i>Материальные затраты</i>	<i>Объем / выручка</i>
Транспортные затраты (по доставке сырья, материалов и готовой продукции) Затраты на энергию Затраты на обработку Затраты на труд Затраты на материалы Налоги и пр.	Территория обслуживания Объем закупок Конкуренция Реклама / продвижение продукции на рынок / ценообразование
<i>Нематериальные и будущие затраты</i>	<i>Физические параметры</i>
Позиция профсоюзов Качество жизни Образование Местные власти	Парковка / доступность Безопасность / освещенность Внешний вид / облик Дочерний бизнес
<i>Методы</i>	<i>Методы</i>
Взвешивание факторов Анализ критической точки Карты пересечений Линейное программирование (транспортный метод)	Корреляционный анализ факторов Расчеты по транспорту Анализ демографической ситуации на обслуживаемой территории Анализ интенсивности закупок на обслуживаемой территории
<i>Выводы</i>	<i>Выводы</i>
Затраты в основном зависят от размещения производства Большинство основных затрат связаны с местоположением предприятия Слабый контакт с потребителями требует особого внимания к идентифицируемым затратам Сложно определяемые затраты могут быть эффективно оценены	Выручка главным образом зависит от местоположения предприятия Доходы находятся в тесной зависимости от контактов с потребителями Затраты относительно стабильны для данного района, поэтому критической является функция выручки, которая может меняться

Для решения задач размещения используются четыре группы методов:

1) *методы взвешивания* — назначение весов и предельных значений для различных факторов, учет и измерение материальных затрат (налогов, затрат на труд и др.), исследование нематериальных затрат, рассмотрение затрат в краткосрочном и долгосрочном периодах;

2) *методы безубыточного размещения* (location break-even methods) — специальное приложение анализа критической точки и карт пересечений к проблеме размещения;

3) *метод центра гравитации* — математическая процедура, используемая для нахождения размещения единичного склада, обслуживающего определенное число хранилищ розничной торговли;

4) *транспортные методы* — методы линейного программирования, базирующиеся на технике построения цепочек «пункт снабжения — пункт потребления».

8.2. МЕТОД ВЗВЕШИВАНИЯ

Метод взвешивания оценок является достаточно эффективным средством определения процессов с трудно измеряемыми затратами, к числу которых относится, в частности, процесс размещения. Метод помогает дать количественную оценку решения о размещении, систематизируя факторы, влияющие на процесс принятия решения, с оценкой их веса. Анализируя информацию о затратах производства, темпах изменения экономических показателей, оценивая значимость каждого из факторов, таких, как уровень образования, обустроенность зон отдыха, качество труда, фирма получает представление о различных вариантах размещения. Типичные факторы размещения и их относительные веса для производственных (перерабатывающих) фирм представлены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Факторы размещения и их веса

<i>Факторы</i>	Вес, %
<i>Затраты на труд в регионе</i>	
Размер заработной платы	8,29
Значимость профсоюзов	5,99
Изменения заработной платы	5,44
Изменение значимости профсоюзов	4,81
Всего	23,95
<i>Доступность и продуктивность ресурсов в регионе</i>	
Доступность рабочей силы	6,66
Затраты на энергию	4,93
Добавленная стоимость	4,70
Трудовые потери	4,09
Всего	20,38
<i>Фискальная политика местных (региональных) властей</i>	
Рост дохода на душу населения	4,65
Налоги	4,50
Изменения в налогах	4,09
Деловая активность в регионе	4,03
Рост дефицита местного бюджета	3,59
Всего	20,86
<i>Затраты на регулирование занятости в регионе</i>	
Фонды социального страхования	5,73
Пособия по безработице	4,75
Средний размер страховой суммы	5,16
Чистые выплаты из фонда занятости	4,16
Всего	19,80
<i>Основные показатели уровня жизни в регионе</i>	
Образование	4,86
Прожиточный минимум	3,56
Общественный транспорт	3,21
Медицинское обслуживание	3,38
Всего	15,01
Итого	100,00

Метод взвешивания предполагает выполнение следующих шагов:

- 1) разработка перечня соответствующих факторов (табл. 8.1);

- 2) присвоение веса каждому из факторов, отражающего степень его важности для компании;
- 3) разработка шкалы оценок для каждого из факторов (например, 1—10 или 1—100 пунктов);
- 4) оценка факторов по шкале для каждого варианта размещения;
- 5) оценка каждого варианта размещения по сумме факторов с учетом их весов;
- 6) выработка рекомендаций о выборе варианта размещения, основываясь на поиске альтернативы с максимальной итоговой оценкой.

Пример 8.1. Метод взвешивания

Фирма решает расширить производство путем создания еще одного завода в новом месте. Это необходимо в связи с исчерпанием лимита расширения мощности существующих заводов в местах их нынешнего размещения. Рейтинговый лист в табл. 8.3 представляет собой перечень трудно оцениваемых факторов, которые, по мнению фирмы, являются важными при решении вопроса о новом размещении, а также веса и рейтинговые оценки для двух возможных мест размещения — пункта 1 и пункта 2.

Таблица 8 3

Веса, оценки и решения по вариантам размещения

Фактор	Вес	Оценки по пункту 1	Оценки по пункту 2	Взвешенные оценки по пункту 1	Взвешенные оценки по пункту 2
Труд и позиции профсоюзов	0,25	70	60	$0,25 \times 70 = 17,5$	$0,25 \times 60 = 15,0$
Транспорт	0,05	50	60	$0,05 \times 50 = 2,5$	$0,05 \times 60 = 3,0$
Образование и здоровье	0,10	85	80	$0,10 \times 85 = 8,5$	$0,10 \times 80 = 8,0$
Структура налогов	0,39	75	70	$0,39 \times 75 = 29,3$	$0,39 \times 70 = 27,3$
Ресурсы и производительность	0,21	60	70	$0,21 \times 60 = 12,6$	$0,21 \times 70 = 14,7$
Общая оценка	1,00			70,4	68,0

Для оценки альтернатив размещения используется пофакторная система весов и рейтинговая оценка каждого фактора по шкале от 1 до 100 единиц. В результате получаются общие оценки по вариантам размещения: 70,4 для пункта 1 и 68,0 для пункта 2. Поскольку общая рейтинговая оценка выше для пункта 1, принимается решение о предпочтительности размещения завода именно в этом пункте. Оценки и веса для факторов допускают изменение их значений. Используя это, можно анализировать чувствительность к подобным изменениям полученных решений о размещении. Например, в данном случае изменение на 10 единиц оценки затрат на труд приведет к изменению решения о размещении, т. е. пункт 2 станет более предпочтительным для размещения завода.

Изменяя веса или оценки отдельных факторов, фирма может устанавливать степень их влияния на решения о размещении. Факторы, оказывающие слабое влияние на результат, могут быть выведены из процедуры принятия решения, т. е. фирма может отказаться от использования их в качестве критериев при поиске решения о размещении.

8.3. МЕТОД КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ

Анализ критической точки — это метод сравнительного анализа затрат по вариантам размещения, позволяющий сделать выбор наиболее эффективного из имеющегося набора альтернатив. Определяя постоянные и переменные затраты и представляя их графически для каждого возможного размещения, можно выбрать вариант, которому соответствуют самые низкие общие затраты размещения. Анализ критической точки при размещении может быть представлен как графически, так и аналитически. Графическое представление имеет преимущество, обеспечивая ранговое значение оценки предпочтения каждого места размещения. Анализ критической точки при размещении включает три шага:

1) определение постоянных и переменных затрат для каждого варианта размещения;

2) построение графа «затраты/результат» для каждого варианта размещения с затратами на вертикальной оси и годовым результатом на горизонтальной оси;

3) выбор варианта размещения с наименьшими суммарными затратами на заданный результат.

Когда задача размещения решается применительно к производству, под результатом обычно понимается объем производства.

Пример 8.2. *Анализ критической точки*

Фирма рассматривает три варианта возможного размещения нового производства: населенные пункты 1, 2 и 3. Расчет затрат дал следующие результаты: постоянные затраты по вариантам размещения соответственно \$30 000, \$60 000, \$ 110 000; переменные затраты - \$75, \$45 и \$25 на единицу продукции. Ожидаемая цена единицы продукции \$120. Задача заключается в том, чтобы найти наиболее экономичный вариант размещения. Для ожидаемого объема выпуска 2000 ед. в год.

Для каждого из возможных вариантов размещения на заданный объем выпуска строятся графики постоянных затрат, которые существуют и при нулевом выпуске продукции, и общих затрат, которые представляют собой сумму постоянных и переменных затрат. Получаемая в результате карта пересечений представлена на рис. 8.1. Общие затраты по вариантам размещения составят:

для пункта 1 $\$30\,000 + \$75 \times 2000 = \$180\,000$;

для пункта 2 $\$60\,000 + \$45 \times 2000 = \$150\,000$;

для пункта 3 $\$110\,000 + \$25 \times 2000 = \$160\,000$.

Вывод: при заданном объеме выпуска 2000 ед. в год минимальными затратами размещения характеризуется пункт 2. Ожидаемый годовой доход при этом будет равен:

Доход = Суммарная выручка - Суммарные затраты =
 $-\$120 \times 2000 - \$150\,000 = \$90\,000$.

Карта пересечений показывает также, что при объеме выпуска менее 1000 единиц в год для размещения производства станет предпочтительнее пункт 1, а при объеме выпуска более 2500 единиц в год - пункт 3. Для этих случаев точки пересечения на графе 1000 и 2500 по оси абсцисс.

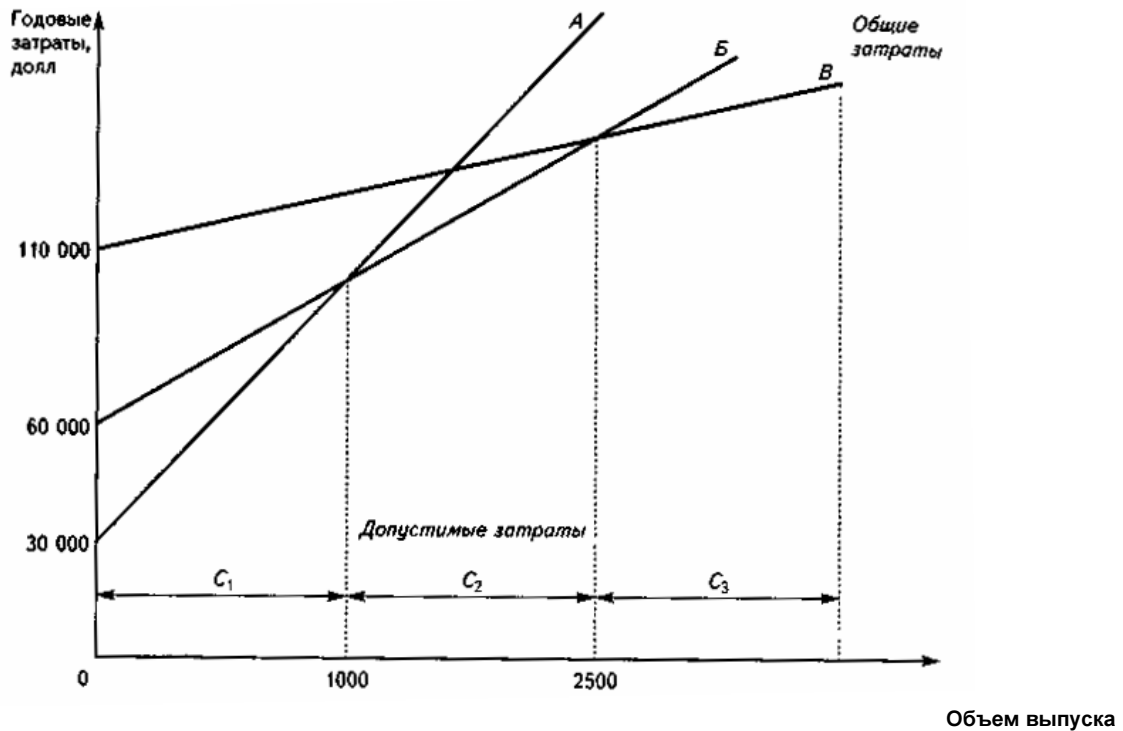


Рис. 8.1. Карта пересечений для анализа размещения производства:

A, B и S - кривые общих затрат соответственно для пунктов 1, 2 и 3; C₁, C₂ и C₃ - допустимые затраты соответственно для пунктов 1, 2 и 3

8.4. МЕТОД ЦЕНТРА ГРАВИТАЦИИ

Метод центра гравитации — это математический метод, который используется, в частности, для нахождения места размещения крупного оптового склада, снабжающего несколько расположенных поблизости мелких складов розничной торговли. Метод позволяет учесть при размещении центрального склада местоположение магазинов розничной торговли (складов), объемы перевозимых к ним товаров, затраты на перевозку. Метод центра гравитации предполагает последовательное выполнение ряда шагов. Первый шаг заключается в размещении назначений в системе координат. Начало системы координат и используемая шкала согласовываются на основе корректного представления относительных расстояний. Это можно сделать путем наложения координатной сетки определенного масштаба на карту местности. *Центр гравитации* определится следующим образом:

$$C_x = \sum_i d_{ix} W_i / \sum_i W_i; C_y = \sum_i d_{iy} W_i / \sum_i W_i,$$

где C_x —координата X центра гравитации;
 C_y —координата Y центра гравитации;
 d_{ix} - координата X размещения i;
 d_{iy} — координата Y размещения i;
 W_i — объем товара, перемещаемого от/в размещение i.

Поскольку объем поставки (например, число контейнеров, перевозимых в каждом месте) влияет на затраты, использование в качестве критерия оценки

только расстояния доставки принципиально не возможно. Метод центра гравитации исходит из того, что затраты прямо пропорциональны расстоянию доставки и объему перевозимого груза. Идеальным вариантом размещения центрального склада является вариант, который минимизирует взвешенные расстояния доставки между центральным складом и всеми пунктами доставки. При этом расстояния взвешиваются и в качестве весов используются данные о числе перевозимых контейнеров за определенный промежуток времени.

Пример 8.3. Метод центра гравитации

Принадлежащая фирме сеть из шести центров розничной торговли охватывает шесть городов, по одному центру в каждом городе; пусть это будут города 1—6. Все магазины сети снабжались из единого распределительного центра в городе 7, где размещался центральный склад фирмы. Склад устарел и не отвечает современным требованиям. Фирма решает построить новый современный складской комплекс. Возникает вопрос, где его лучше разместить.

Решение о месте размещения центрального склада может быть найдено с помощью метода центра гравитации. Для этого фирмой подготовлены необходимые исходные данные. О состоянии спроса в районе обслуживания каждого магазина можно судить по объему поставок товаров. Фирма измеряет объем поставок, подсчитывая количество контейнеров за месяц. Эта информация сведена в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Месячный спрос по районам обслуживания

<i>Места размещения центров розничной торговли</i>	<i>Месячный спрос, контейнеров</i>
Город 1	400
Город 2	300
Город 3	200
Город 4	100
Город 5	300
Город 6	100

Размещение центров розничной торговли в сетевой системе координат представлено на рис. 8.2. Например, центр розничной торговли в городе 1 характеризуется следующими координатами и показателем W_i .

$$d_{1x} = 60, d_{1y} = 95, W_1 = 400.$$

Используя эту информацию, фирма находит координаты центра гравитации:

$$C = (60 \times 400 + 80 \times 300 + 30 \times 200 + 90 \times 100 + 127 \times 300 + 65 \times 100) / (400 + 300 + 200 + 100 + 300 + 100) = 76,9;$$

$$C = (95 \times 400 + 75 \times 300 + 120 \times 200 + 110 \times 100 + 130 \times 300 + 40 \times 100) / (400 + 300 + 200 + 100 + 300 + 100) = 98,9.$$

Таким образом, координаты (76,9; 98,9) центра гравитации характеризуют место, где должен быть размещен новый центральный склад фирмы. Совмещение координатной сетки с картой местности одного масштаба позволяет легко определить искомую географическую точку (точку на местности).

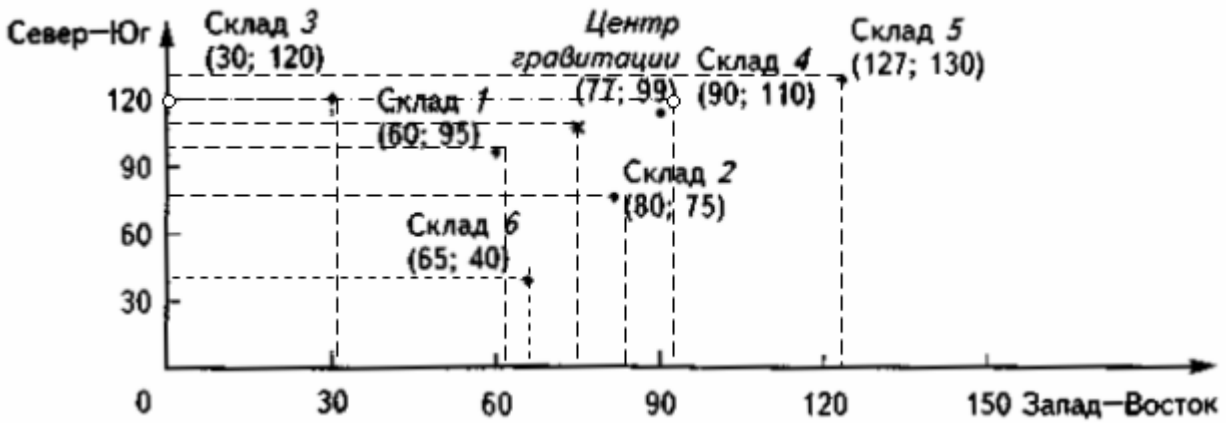


Рис. 8.2. Координаты размещения в сети центров розничной торговли фирмы

8.5. ТРАНСПОРТНЫЕ МЕТОДЫ

Целью *транспортных методов* является определение наилучших путей перевозки грузов из нескольких пунктов снабжения в несколько пунктов назначения (потребления), обеспечивающих наименьшие суммарные затраты по производству и транспортировке товаров. Обычно рассматриваются мощности каждого из источников товаров и потребности в этих товарах каждого из пунктов потребления. Каждая фирма, имеющая сеть поставщиков и потребителей, сталкивается с такой задачей. Хотя линейное программирование и может быть использовано для ее решения, более эффективными все-таки являются специальные методы решения *транспортной задачи*. Как и в линейном программировании, процесс решения транспортной задачи с использованием специальных методов начинается с определения допустимого начального решения, которое затем шаг за шагом улучшается до оптимума. Транспортные методы чрезвычайно просты для решения «вручную».

Для построения и анализа транспортной сети фирма должна определить мощность каждого поставщика (завода), потребности каждого потребителя (склада), маршруты и затраты перевозки (из каждого источника в каждый пункт назначения).

Пример 8.4. Транспортная задача

Данные о перевозках фирмы представлены на рис. 8.3. и в табл. 8.5.

Таблица 8.5

Транспортные затраты на единицу продукции
(в долларах)

Из пункта \ В пункт	D	E	F
A	5	4	3
B	8	4	3
C	9	7	5

Составляется транспортная матрица задачи, как показано в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Транспортная матрица задачи

В пункт Из пункта	D	E	F	Мощность за- вода
A	\$5	\$4	\$3	100***
B	\$8	\$4	\$3	300
C*	\$9	\$7	\$5	300
Потребность складов	300	200	200"	700****

Примечания. * В ячейке на пересечении строки C и графы E указывается возможный объем поставки продукции с завода в пункте C на производственный склад в пункте E. ** Потребность склада в пункте F. *** Суммарный спрос или суммарное предложение. **** Мощность завода в пункте A.

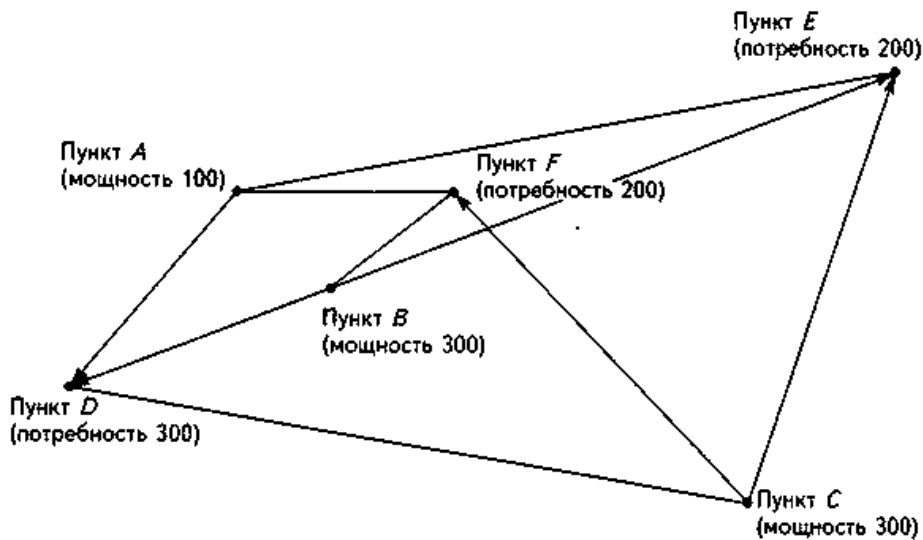


Рис. 8.3. Транспортная схема

Правило «северо-западного угла». Как только исходные данные приведены в табличную форму, нужно определить начальное допустимое решение задачи. Для поиска начального решения используется систематизированная процедура под названием *правило «северо-западного угла»*. Данное правило требует, чтобы определение числа перевозимых единиц начиналось в левом верхнем углу таблицы (т. е. в «северо-западном углу») и выполнялись следующие условия:

- следует израсходовать всю мощность источника в строке прежде, чем двинуться вниз к следующей строке;
- необходимо удовлетворить потребность каждого потребителя в графе прежде, чем двинуться к следующей графе вправо;
- нужно проверить, что все потребности удовлетворены, а мощности полностью использованы (израсходованы).

В примере 8.4 правило «северо-западного угла» используется фирмой для поиска на-

чального допустимого решения транспортной задачи. Требуется сделать пять шагов, чтобы получить начальный план перевозок:

- 1) назначаются 100 контейнеров из A в D (израсходовав всю мощность A);
- 2) назначаются 200 контейнеров из B в D (полностью удовлетворив потребность D);
- 3) назначаются 100 контейнеров из B в E (израсходовав всю мощность B);
- 4) назначаются 100 контейнеров из C в E (полностью удовлетворив потребность E);
- 5) назначаются 200 контейнеров из C в F (израсходовав всю мощность C и полностью удовлетворив потребность F).

Результаты представлены в табл. 8.7.

Таблица 8.7

Решение по правилу «северо-западного угла»

В пункт Из пункта	D	E	F	Мощность завода
A	100 \$5	- \$4	- \$3	100
B	200 \$6	100 \$4	- \$3	300
C	- \$9	100* \$7	200 \$5	300
Потребность складов	300	200	200	700

Примечание. *Эта запись означает, что фирма перевозит 100 контейнеров из пункта C в пункт E .

Можно подсчитать суммарную стоимость перевозок в соответствии со сделанными назначениями. Для примера расчет стоимости перевозок представлен в табл. 8.8. Суммарная стоимость перевозок составляет \$4200.

Таблица 8.8

Расчет стоимости перевозок

Маршрут (начальный и конечный пункт)	Объем перевозок, контейнеров	Стоимость перевозки единицы, долл.	Суммарные затраты, долл.
$A-D$	100	5	500
$B-D$	200	8	1600
$B-E$	100	4	400
$C-E$	100	7	700
$C-F$	200	5	1000
Итого			4200

Полученное решение является допустимым, поскольку полностью удовлетворяет все потребности и окончательно использует все мощности по поставкам. Было бы еще лучше, если бы полученное решение обеспечивало также минимум затрат на все перевозки. Поскольку это пока не известно и маловероятно, необходимо продолжить поиск оптимального решения, используя специальную процедуру. Методы решения таких задач достаточно полно представлены в специальной литературе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Каковы содержание и задачи стратегии размещения?

2. Каков экономический смысл проблемы размещения?
3. Что представляет собой проблема размещения с операционной точки зрения?
4. Какие задачи размещения возникают в различных областях операционной деятельности компаний?
5. Какие факторы необходимо учитывать при принятии решения о размещении?
6. Чем различается подход к принятию решения о размещении в сфере материального производства и в сфере сервиса?
7. Как используется метод взвешивания в приложении к задачам размещения?
8. Как используется анализ критической точки в приложении к задачам размещения?
9. В чем заключается метод центра гравитации?
10. Перечислите методы решения транспортной задачи.

ГЛАВА 9. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИИ О РАЗМЕЩЕНИИ (МЕТОД ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ)

9.1. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Когда обращаются к решениям производственного менеджмента, то предполагают, что этот процесс тесно связан с использованием моделей и количественного анализа. Теория принятия решений представляет собой общий аналитический подход к выбору направлений действий в любой сфере деятельности человека. Она широко используется и в производственном (операционном) менеджменте, начиная от анализа перспектив новых товаров, выбора методов производства, планирования размещения и вплоть до составления производственных расписаний. В теории принятия решений существуют три основных направления. Их выбор зависит от степени определенности возможных исходов или последствий, с которыми может столкнуться менеджер, принимающий решения. Это следующие типы подходов к принятию решений.

1. *Принятие решений в условиях определенности*, когда принимающий решение знает с определенностью последствия или результат выбора им любой альтернативы. Менеджеру необходимо сравнить альтернативы и принять решение, что не всегда бывает просто. Примером является задача составления производственных расписаний, которая постоянно возникает на нижнем уровне производственного планирования и вызывает существенные трудности с разрешением.

2. *Принятие решений в условиях риска*, когда принимающий решение знает вероятность появления того или иного результата. Цель менеджера — максимизировать ожидаемый результат.

3. *Принятие решений в условиях неопределенности*, когда принимающий решение не может оценить вероятности появления результата для каждой альтернативы. Этот случай самый сложный для менеджера.

Вне зависимости от типа и сложности решаемой задачи, особенностей метода, используемого для ее решения, все принимающие решения сталкиваются с альтернативами, из которых необходимо произвести выбор лучшей, и состояниями внешней среды. *Альтернатива* — направление действий или стратегия, которая может быть выбрана принимающим решение. *Состояние среды* — -внешняя (в нашем случае экономико-управленческая) ситуация, на которую принимающий решение не может или почти не может оказывать влияние. Кроме того, доступная ему информация о среде может быть неполной и неопределенной. Чтобы представить альтернативы решений и состояния среды, менеджер может использовать два простых и наглядных способа: графический — построить дерево решений и табличный.

Наиболее широко используемым методом для решения разнообразных задач менеджмента является *метод дерева решений*, или *метод платежной*

матрицы. Этот метод используется для ответа на вопрос, какая из альтернативных стратегий поведения в наибольшей степени соответствует достижению поставленных целей в условиях неопределенности внешней среды или риска. Метод может помочь менеджерам принимать управленческие решения в подавляющем большинстве ситуаций, практически возникающих в их работе. Метод имеет три преимущества:

1) он заставляет менеджера ввести в круг рассмотрения все возможные варианты, в том числе и неблагоприятные (известно, что психологические особенности заставляют менеджеров завышать ожидаемые результаты или исключать из анализа неблагоприятные исходы; метод позволяет избежать подобных ошибок, хотя они могут перейти на процедуру прогнозирования вероятностей состояний внешней среды);

2) он формализует процесс оценки вариантов и выбора лучшего из них даже в условиях скудной информации о вариантах и окружающей среде, тем самым он всегда оказывается более предпочтительным, чем принятие решения без использования каких-либо методов;

3) он используется на всех уровнях управления для решения разнообразных задач.

Метод относится к теоретико-игровым методам, но несмотря на это, он использует и аналитические зависимости, и прогнозирование.

9.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДА

Платежная матрица — это запись в матричной форме денежных платежей/полезностей. Строки матрицы — альтернативные стратегии поведения, столбцы — возможные состояния внешней среды. В клетках матрицы указываются платежи, или стоимостные оценки ожидаемых исходов при принятии данной управленческой альтернативы и возникновении определенного состояния внешней среды. Платежи могут иметь смысл положительных результатов или (доходов, а также — отрицательных результатов или расходов. В первом случае задача решается на максимизацию дохода, во втором — на минимизацию расходов.

Пример 9.1

Компания по производству легких, быстромонтируемых складских помещений решает вопрос о строительстве нового завода. При этом можно построить большой завод, малый завод либо вообще отказаться от строительства (примеры принятия стратегического решения). Внешняя рыночная среда (спрос, конкуренты, распоряжения муниципальных властей и др.) может благоприятствовать строительству, а может не благоприятствовать. Платежи (совокупный доход компании за несколько лет, обусловленный принятием того или иного решения) указаны в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Альтернативные стратегии	Доход компании, руб.	
	при благоприятном состоянии среды	при неблагоприятном состоянии среды
Построить большой завод	200 000	-180000
Построить малый завод	100000	-20 000
Отказ от строительства	0	0

Принятие решения в условиях полной неопределенности среды возможно с использованием трех критериев.

1. *MAXIMAX*— ориентирован на получение максимального ожидаемого результата (подход оптимиста). В соответствии с ним в качестве оптимальной выбирается альтернатива, дающая максимум в клетках платежной матрицы. В примере 9.1 решение по этому критерию — построить большой завод.

2. *MAXIMIN*— ориентирован на получение гарантированного выигрыша при наихудшем состоянии внешней среды (подход пессимиста, критерий Вальда). В соответствии с ним в качестве оптимальной выбирается альтернатива, имеющая максимальное значение ожидаемого результата в наименее благоприятном состоянии среды. Здесь решение — отказ от строительства.

3. *Равновесный подход (критерий Лапласа)*, при котором выбирается альтернатива с максимальным значением усредненного по всем состояниям среды платежа. Здесь:

$$а) 200\ 000 \times 0,5 + (-180\ 000) \times 0,5 = 10\ 000 \text{ руб.};$$

$$б) 100\ 000 \times 0,5 + (-20\ 000) \times 0,5 = 40\ 000 \text{ руб.} \Rightarrow \text{Оптимальная стратегия;}$$

в)0.

Решения в условиях риска принимаются в тех случаях, когда существует возможность спрогнозировать (дать оценку вероятности) появление того или иного состояния внешней среды. Выбор лучшего варианта в этом случае производится на основе расчета *ожидаемой денежной отдачи (expected monetary value, EMV)*. Значения EMV для каждой альтернативы рассчитываются как взвешенные по вероятностям суммы платежей (принцип Байеса):

$$EMV_i = \sum_j P_{ij} p_j$$

где P_{ij} — платеж при выборе i -й альтернативы и j -м состоянии внешней среды;
 p_j — вероятность возникновения j -го состояния внешней среды.

Критерий выбора лучшей стратегии — максимальное значение EMV. Показатель EMV — это ожидаемая средняя выгода от принятия решения при большом числе вариантов реализации. Отметим, что возможные состояния внешней среды взаимоисключают друг друга и в совокупности исчерпывают все принимаемые в расчет варианты, сумма вероятностей их возникновения всегда должна быть равна единице, т. е.

$$\sum_j p_j = 1.$$

Рассмотрим решение поставленной выше задачи (пример 9.1) в условиях риска. Для этого зададим соотношение вероятностей двух состояний внешней среды как 40-60%. Тогда

$$EMU_1 = 200\,000 \times 0,4 + (-180\,000) \times 0,6 = -28\,000 \text{ руб.};$$

$$EMU_2 = 100\,000 \times 0,4 + (-20\,000) \times 0,6 = 28\,000 \text{ руб.} \Rightarrow \text{Оптимальная стратегия};$$

$$EMU_3 = 0.$$

Рассмотрим решение при другом соотношении вероятностей, а именно 70-30%:

$$EMU_1 = 200\,000 \times 0,7 + (-180\,000) \times 0,3 = 86\,000 \text{ руб.} \Rightarrow \text{Оптимальная стратегия};$$

$$EMU_2 = 100\,000 \times 0,7 + (-20\,000) \times 0,3 = 64\,000 \text{ руб.};$$

$$EMU_3 = 0.$$

Как видим, результат решения задачи изменился, и нужно выбирать строительство большого завода. Это решение очевидно при снижении степени риска до 30%.

Таким образом, решение в значительной степени зависит от заданного распределения вероятностей. Учитывая то, что оценка (прогноз) вероятностей состояний среды может быть неточной, определенный интерес представляет анализ чувствительности решения к изменению распределения вероятностей.

9.3. АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Анализ чувствительности — это определение такого уровня вероятности, до которого данная альтернатива является лучшей. Анализ выполним только для случая двух возможных состояний внешней среды и любого числа альтернатив. В этом заключена его ограниченность, так как на практике разнообразие состояний среды может быть намного больше. В целях выполнения анализа чувствительности строятся графики зависимости значений EMV от распределения вероятностей между состояниями внешней среды.

Построим такие графики для трех альтернатив из рассмотренной выше задачи (пример 9.1). Порядок их построения представлен на рис. 9.1. График для варианта «ничего не предпринимать» совпадает с осью вероятностей, так как значение его ординаты на всем интервале изменения вероятностей равно нулю. Из рисунка видно, что когда вероятность благоприятного состояния внешней среды высока, лучше строить большой завод (первый вариант), при меньшей вероятности благоприятного состояния среды — малый завод (второй вариант), а при высокой вероятности неблагоприятного исхода лучше деньги в проект не вкладывать (третий вариант). Чтобы найти предельные точки (точки пересечения прямых) следует вывести уравнения прямых и приравнять их друг другу:

$$EMU_1 = 200 - 380 p_2;$$

$$EMU_2 = 100 - 120 p_2;$$

$$EMU_3 = 0.$$

Графики прямых пересекаются в точке A :

$$EMU_1 = EMU_2, \text{ или } 200 - 380 p_2 = 100 - 120 p_2 \Rightarrow p_2 = 0,38.$$

Графики прямых пересекаются в точке B :

$$EMU_2 = EMU_3, \text{ или } 100 - 120 p_2 = 0 \Rightarrow p_2 = 0,83.$$

В общем случае некоторые альтернативы при любом разложении вероятностей могут оказаться хуже других. Они должны быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

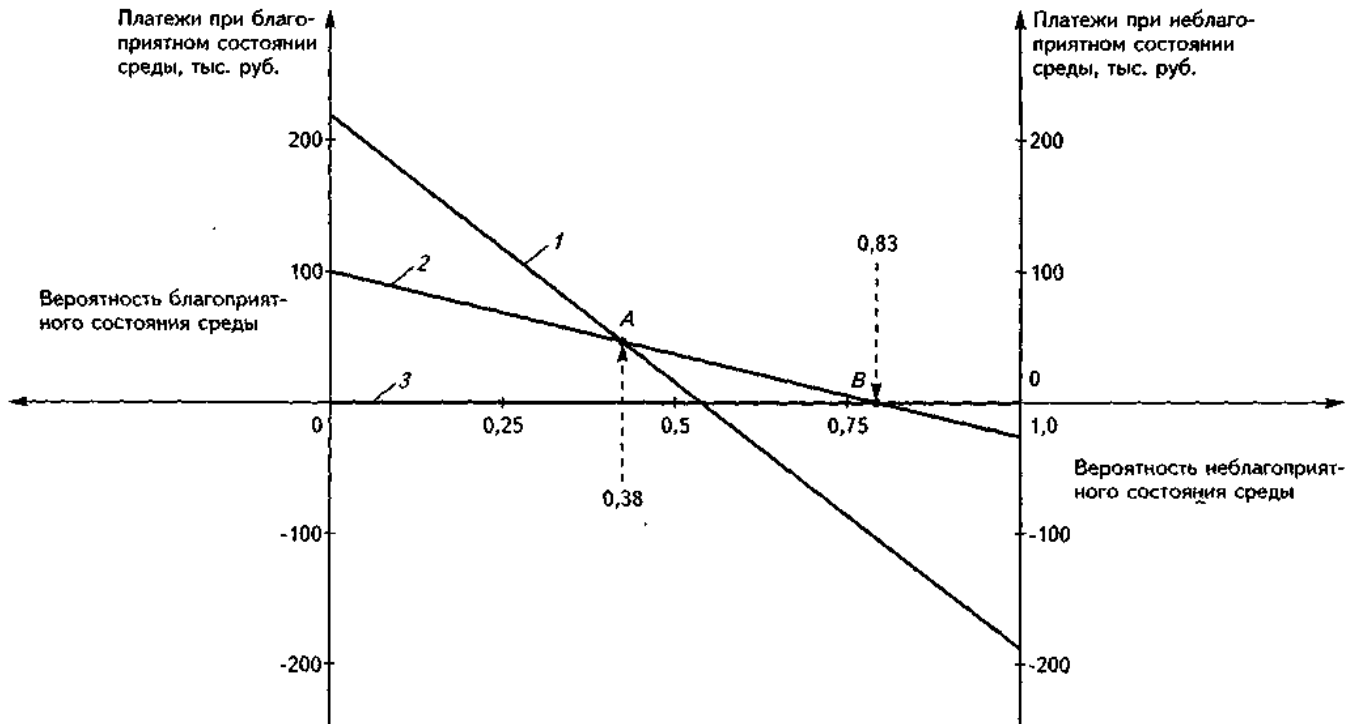


Рис. 9.1. График зависимости платежей от распределения вероятностей состояния внешней среды:
 1 ~ вариант 1; 2 - вариант 2; 3 - вариант 3

9.4. ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ

Кроме использования платежной матрицы для решения данного типа задач, как уже указывалось, можно строить *дерево решений*. Например, для рассматриваемой в примере 9.1 задачи дерево имеет следующий вид (рис. 9.2).

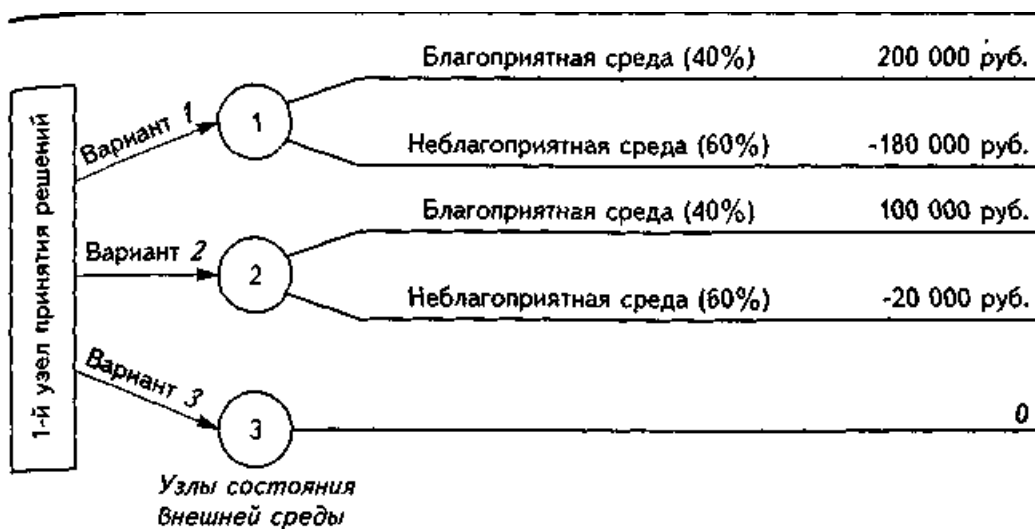


Рис. 9.2. Дерево решений к примеру 9.1

При построении дерева *узлы принятия решений* означают выбор альтернатив, который делает менеджер, а *узлы состояния внешней среды* — возможные ответы среды. Если построение дерева идет слева направо, то расчет и принятие решений — справа налево:

- в узлах состояния внешней среды платежи «сворачиваются» в значения ЕМУ с соответствующими им весами-вероятностями;
- в узлах принятия решений происходит выбор лучших альтернатив, например, по критерию $EMV \Rightarrow \max$.

При решении простых задач дерево не дает никаких преимуществ, но для решения многоуровневых задач его преимущества неоспоримы. Дерево, как любое графическое представление, более наглядно, поэтому предпочтительнее в более сложных ситуациях.

Построение дерева рассмотрим также на примере решения задачи *тактического планирования*. Выделение только двух состояний внешней среды - благоприятного и неблагоприятного — далеко не единственный и не лучший способ оценки внешней среды, который применяется лишь в случаях, когда информация о среде ограничена. Альтернативных вариантов стратегий в общем случае может быть много. И это позволяет уточнить решение задачи.

Пример 9.2

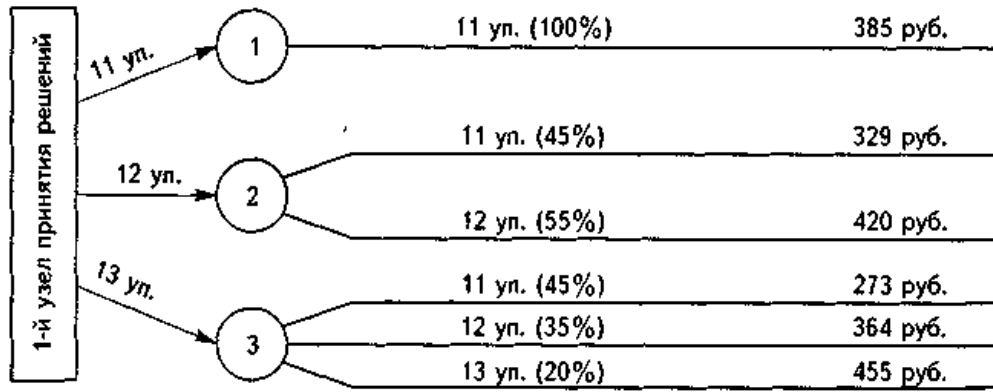
Оптовый склад обслуживает кино- и фотолаборатории, в том числе отпускает им проявитель. Статистика уровня продаж: 11 упаковок продаются с вероятностью 45%, 12 упаковок — с вероятностью 35%, 13 упаковок - 20%. Прибыль от реализации одной упаковки — 35 руб. Непроданные упаковки в конце недели уничтожаются, при этом потери составляют 56 руб. с каждой упаковки. Какой недельный запас проявителя является для склада оптимальным?

Отметим, что сумма вероятностей продажи 11, 12 и 13 упаковок равна 100%. Это означает, что никаких других объемов недельных продаж не зарегистрировано и в расчет они не могут быть включены. Рассчитаем платежи:

- а) проданы 11 упаковок: $35 \times 11 = 385$ руб., при запасе в 11 упаковок;
- б) проданы 11 упаковок при запасе в 12, а одна упаковка уничтожена¹ $385 - 56 = 329$ руб.; -
- в) проданы 12 упаковок (весь запас): $35 \times 12 = 420$ руб., наличие спроса из 13 упаковок здесь ничего не меняет;
- г) при запасе в 13 упаковок возможны три варианта: продажа 11 упаковок ($385 - 56 \times 2 = 273$ руб., две упаковки уничтожены), продажа 12 упаковок ($420 - 56 = 364$ руб., одна упаковка уничтожена), продажа 13 упаковок ($35 \times 13 = 455$ руб.).

Результаты расчета сведены в табл. 9.2. Расчет ЕМУ показывает, что лучший вариант решения - запастись 11 упаковками. Рассчитаем предельную цену полной информации о продажах (алгоритм ее расчета будет показан в следующем разделе):

$EVPI = 385 \times 0,45 + 420 \times 0,35 + 455 \times 0,20 - 385 = 26,25$ руб. Дерево решений этой задачи имеет следующий вид:



Узлы состояния внешней среды

Рис. 9.3. Дерево решений к примеру 9.2

Таблица 9.2

Запас	Спрос, руб.			ЕМУ, руб.
	1 1 упаковки	12 упаковок	13 упаковок	
11 упаковок	[385]	385	385	[385 1
12 упаковок	329	[420]	420	379,05
13 упаковок	273	364	[455]	341,25
Вероятность	0,45	0,35	0,20	

9.5. ПРЕДЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Усложним задачу. Предположим, что на рынке есть фирмы, специализирующиеся на сборе информации о внешней среде, необходимой менеджерам для повышения степени обоснованности принимаемых решений. Какова может быть предельная цена при покупке данной информации? Ответ на этот вопрос дает показатель *ожидаемой стоимости полной информации* (*expected value of perfect information, EVPI*), который рассчитывается следующим образом:

$$EVPI = \frac{\text{Ожидаемый результат при наличии полной информации}}{\text{max ЕМУ}}$$

Ожидаемый результат при наличии полной информации о внешней среде равен максимальной выгоде при одном состоянии внешней среды, умноженной на вероятность этого состояния, плюс максимальная выгода при другом состоянии, умноженная на вероятность этого состояния, плюс... и т. д. Так, за полную информацию в примере 9.1 можно заплатить 52 тыс. руб., так как $\text{max EMV} = 28$ тыс., а ожидаемый результат при наличии полной информации равен $200 \times 0,4 + 0 \times 0,6 = 80$ тыс. руб.

Пример 9.3

Фирма рассматривает возможность производства и реализации микросхем. Для этого либо требуется создание системы комплексной автоматизации CAD/CAM, которая стоит 500

тыс. руб., либо можно нанять и обучить специалистов, что обойдется в 375 тыс. руб. При благоприятном рынке микропроцессоры можно будет реализовать в количестве 25 тыс. ед., а при неблагоприятном - только 8 тыс. ед. Отпускная цена - 100 руб. Себестоимость производства одного микропроцессора в CAD/CAM- 40 руб., при работе людей - 50 руб. Вероятность благоприятного состояния рынка - 40%. Требуется выбрать лучший вариант по критерию ЕМУ и определить величину EVPI.

В этой задаче наибольший интерес представляет расчет платежей в матрице. Как получены их значения? Доход при ручной работе и благоприятной среде составит:

$$25\ 000 (100 - 50) - 375\ 000 = 1\ 250\ 000 - 375\ 000 = 875\ 000 \text{ руб.};$$

Доход при ручной работе и неблагоприятной среде равен:

$$8000 (100 - 50) - 375\ 000 = 25\ 000 \text{ руб.}$$

Доход (убыток) при автоматизации в зависимости от состояния среды (благоприятное или неблагоприятное) соответственно составит:

$$25\ 000 (100 - 40) - 500\ 000 = 1\ 000\ 000 \text{ руб.};$$

$$8000 (100 - 40) - 500\ 000 = -20\ 000 \text{ руб.}$$

Результаты расчета платежей и значений EMV сведены в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Стратегии	Доход (убыток), руб.		EMV, руб.
	при благоприятном состоянии среды	при неблагоприятном состоянии среды	
1.Создание системы CAD/CAM	[1000000]	-20 000	[388000]
2. Ручная работа	875 000	[25000]	365 000
3. Ничего не предпринимать	0	0	0
Вероятность, %	40	60	

Расчет ЕМУ показывает, что лучшим вариантом является автоматизация. Предельная цена информации равна:

EVPI = (1 000 000 x 0,4 + 25 000 x 0,6) - 388 000 = 27 000 руб. Строим дерево решений (рис. 9.4).

Благоприятная среда (40%) 1 000 000 руб.

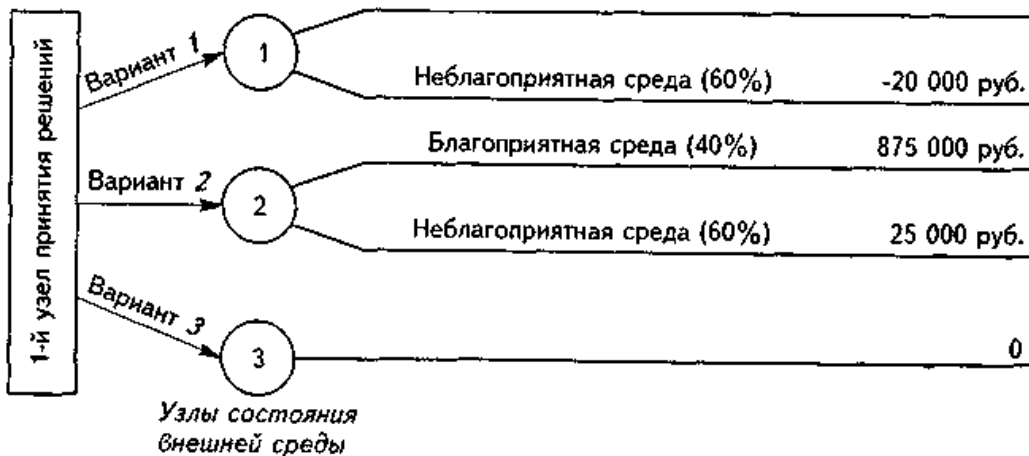


Рис. 9.4. Дерево решений к примеру 9.3

9.6. МНОГОУРОВНЕВЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Проведем дальнейшее усложнение задачи: рассмотрим принятие решений на нескольких уровнях. Для этого вернемся к данным примера 9.1 и дополним их.

Пример 9.4

Предположим, что компания может произвести дополнительные исследования стоимостью 10 000 руб. в целях повышения конкурентоспособности продукции. При этом вероятность удачного исхода исследований, по оценкам экспертов, составляет 45%, в этом случае вероятность благоприятной для компании внешней среды увеличится до 78%. Вероятность отрицательных результатов исследования - 55%, в этом случае благоприятная для компании среда возникнет по оценкам только в 27% случаев. Требуется принять решение, проводить ли дополнительные исследования и строить ли завод, а если строить, то какой.

Отметим, что здесь решения должны приниматься дважды, причем решение о принятии того или иного варианта строительства должно быть принято на основе уже известных к тому времени результатов дополнительных исследований. Это определяет последовательность решения задачи, в частности, последовательность узлов принятия решений в дереве для этой задачи. Построим дерево решений и рассчитаем на его основе значения EMV (рис. 9.5). Расчет ведем справа налево - от известного к искомому (тыс. руб.):

$$\text{Ситуация А} \left\{ \begin{array}{l} \text{EMV}_1 = 190 \times 0,78 - 190 \times 0,22 = 106,4 \Rightarrow \text{Оптимальный вариант;} \\ \text{EMV}_3 = 90 \times 0,78 - 30 \times 0,22 = 63,6. \end{array} \right.$$

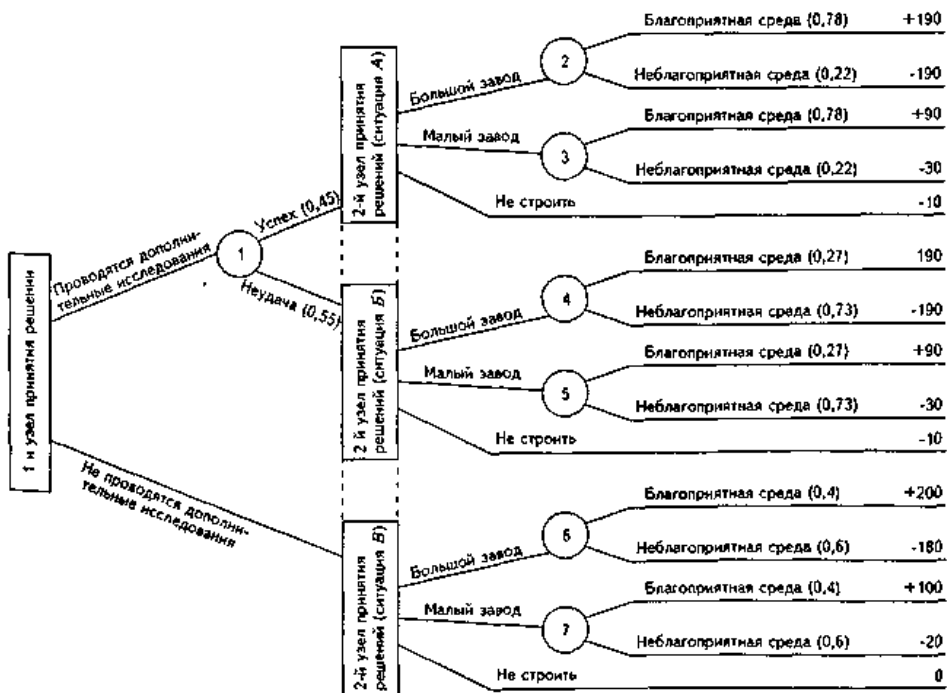


Рис. 9.5. Дерево решений к примеру 9.4

В ситуации *A* оптимальным вариантом было бы строительство большого завода, так как $106,4 > 63,6 > -10$.

$$\text{Ситуация } B \left\{ \begin{array}{l} EMV_4 = 190 \times 0,27 - 190 \times 0,73 = -87,4; \\ EMV_5 = 90 \times 0,27 - 30 \times 0,73 = 2,4 \Rightarrow \text{Оптимальный вариант.} \end{array} \right.$$

В ситуации *B* оптимальный вариант — строительство малого завода, поскольку $2,4 > -10 > -87,4$.

$$\text{Ситуация } B \left\{ \begin{array}{l} EMV_6 = 200 \times 0,4 - 180 \times 0,6 = -28 \\ EMV_7 = 100 \times 0,4 - 20 \times 0,6 = 28 \Rightarrow \text{Оптимальный вариант.} \end{array} \right.$$

В ситуации *B* оптимальный вариант — строительство также малого завода, так как $28 > -28 > 0$. Надо ли проводить дополнительные исследования? Проведем расчет:

$$EMV_1 = 0,45 \times 106,4 + 0,55 \times 2,4 = 49,2,$$

что превышает EMV_7 - лучший результат для варианта «не проводить исследования».

Вывод. Дополнительные исследования нужно проводить, и при их положительном исходе следует строить большой завод, ожидая доход 106,4 тыс. руб., а при отрицательном исходе - малый завод, ожидая доход 2,4 тыс. руб.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Для перехода на производство новой продукции предприятие может закупить оборудование трех различных отечественных производителей. Все оборудование изготовлено на основе новых технологий, поэтому качество его работы не предсказуемо (хорошая и плохая работа равновероятны). Результаты его работы представлены в платежной матрице (табл. 9.4).

Таблица 9.4

Вариант приобретения оборудования	Доход (убыток), руб.	
	при хорошей работе оборудования	при плохой работе оборудования
Вариант I	40000	-10000
Вариант II	30000	-3000
Вариант III	10000	-2000
Не приобретать	0	0

Выберите лучший вариант по критериям *MAXIMAX*, *MAXIMIN*, равносному, *ЕМУ*, если известна вероятность хорошей и плохой работы -соответственно 25 и 75%. Проведите анализ чувствительности решения задачи. Определите предельную стоимость точной информации - *EVPI*. В каких условиях принимаются решения?

2. Фирма решает, строить или нет новый цех на основе новой рискованной технологии. Если новый цех будет работать хорошо, фирма получит доход 200 000 руб., если цех работать не будет, то убыток составит 150 000 руб.; по оценкам, вероятность успеха равна 40%. Фирма может произвести дополнительные исследования, направленные на совершенствование новой технологии, затратив на это 15 000 руб., причем успех этих исследований равновероятен с неуспехом. Если исследования будут успешными, вероятность того, что цех заработает, возрастет до 90%, если нет — снизится до 20%. Помогите фирме принять верное решение.

3. Швейная фабрика г. Рязани может закупить у одного из французских кутюрье его

весенне-летнюю коллекцию женской одежды за \$20 000. По оценкам местных специалистов, постановка ее на производство позволит фабрике получить дополнительную прибыль \$25 000 с вероятностью 50% или \$45 000 с вероятностью 30%. В случае, если местные модницы не оценят французскую коллекцию по достоинству и фабрика не получит дополнительной прибыли, можно будет оперативно вернуться к коллекции, разработанной своими силами, затратив на перестройку производства с французской коллекции на рязанскую \$6000. Вероятность успеха при этом оценивается в 50%, а сам успех - в дополнительную прибыль \$ 10 000. Обратиться к собственным модельерам можно и сразу, не поддаваясь французским соблазнам, потратив на это всего \$500. Помогите руководству фабрики принять верное решение. Ответ обоснуйте путем построения дерева решений.

ЧАСТЬ IV. СТРАТЕГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

ГЛАВА 10. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ

10.1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Производственная структура предприятия — это состав производственных подразделений предприятия и формы их производственных взаимосвязей. Производственная структура предприятия определяет разделение труда между его производственными подразделениями, т. е. внутриводскую специализацию и кооперирование производства. Для предприятия характерно выделение элементов производственной структуры нескольких уровней:

- для предприятия — цехи, хозяйства;
- для цеха — участки, отделения;
- для участка — рабочие места.

Основным элементом производственной структуры предприятия (основным структурным подразделением) является цех, при бесцеховой структуре предприятия — производственный участок. Для осуществления основных, вспомогательных и обслуживающих производственных процессов на предприятии создаются соответственно основные и вспомогательные цехи, обслуживающие хозяйства производственного назначения. В производственную структуру предприятия включаются подразделения только производственного назначения. В производственную структуру не входят общезаводские хозяйства и учреждения по обслуживанию работающих (жилищно-коммунальное хозяйство, санитарно-лечебные и образовательные учреждения, объекты социально-культурного и бытового назначения), а также службы управления и охраны завода (заводоуправление, пожарное депо, проходные, бюро пропусков и т. д.).

Цех — это технологически и организационно обособленное производственное подразделение, выполняющее определенную часть производственного процесса предприятия. В соответствии с назначением частичных производственных процессов, реализуемых в рамках цехов, различают *основные и вспомогательные цехи*; в составе некоторых обслуживающих хозяйств производственного назначения могут создаваться обслуживающие цехи (например, транспортные, энергетические). В соответствии со стадиями основного производственного процесса различают основные цехи: заготовительные, обрабатывающие и сборочные. Цех как самостоятельная административная единица предприятия выделяется обычно при численности рабочих не менее 75—100 человек в основном производстве и 60-75 человек во вспомогательном производстве. Территориально цех может располагаться в отдельном здании или занимать

часть здания (один или более пролетов, этажей). Общезаводские *обслуживающие хозяйства* производственного назначения обычно территориально обособлены от цехов и административно им не подчинены.

В зависимости от наличия в составе основного производства предприятия заготовительных (З), обрабатывающих (О) и сборочных (С) цехов выделяются предприятия со следующими типами производственной структуры:

1 — предприятия с полным технологическим циклом (З+ О+ С);

2 — предприятия с неполным технологическим циклом;

2.1 - механосборочные предприятия (О + С);

2.2 - сборочные предприятия (С);

2.3 — заготовительные предприятия (З);

2.4 - обрабатывающие предприятия (О);

2.5 — предприятия подетальной специализации (З + О). Аналогичные типы производственной структуры характерны

и для цехов. Типичным примером являются механосборочные цехи (О + С), в которых представлены участки, выполняющие механообработку и сборку отдельных сборочных единиц. Наиболее сложную производственную структуру имеют машиностроительные предприятия с полным технологическим циклом. Примерный состав основных и вспомогательных цехов, обслуживающих хозяйств такого предприятия (с технологической специализацией цехов) представлен в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Состав основных и вспомогательных цехов, обслуживающих хозяйств машиностроительного предприятия

<i>Подразделение</i>	<i>Назначение</i>
I. Основные цехи	Производство основной продукции
<i>Заготовительные цехи</i>	Получение заготовок различного вида
Литейные (серого чугуна, ковкого чугуна, стального литья, цветного литья)	Получение отливок
Кузнечные (кузнечно-прессовые, кузнечно-штамповочные)	Получение поковок, штамповок
Раскроя, резки и правки металла (заготовительные)	Получение заготовок из проката
Металлоконструкций	Получение заготовок из проката
<i>Обрабатывающие цехи</i>	Выполнение обработки различного вида
Механические	Механическая обработка
Холодной штамповки	Холодная штамповка
Термические	Термическая обработка
Металлопокрытий (гальванические, покрасочные)	Нанесение защитных и декоративных покрытий
<i>Сборочные цехи</i>	Выполнение сборочных работ различного вида
Сборочные частичной и общей сборки	Сборка отдельных сборочных единиц и общая сборка
Сборочно-сварочные	Выполнение сборочно-сварочных работ
Монтажные	Выполнение монтажных и наладочных работ
Испытательные	Испытание отдельных агрегатов и готовых машин
Окраски готовых машин	Окраска готовых машин
Комплектации и упаковки	Комплектация и упаковка готовой к отправке

Продолжение табл.10.1

Подразделение	Назначение
II. Вспомогательные цехи Инструментальные цехи Модельный цех Тарный цех Опытный цех Электродный цех	Производство вспомогательной продукции Изготовление, ремонт и восстановление технологической оснастки Изготовление и ремонт моделей для литейных цехов Изготовление и ремонт тары для упаковки готовых изделий, возвратной и многократно используемой тары внепроизводственного и внутрипроизводственного обращения Изготовление опытных образцов новых изделий или отдельных агрегатов, их моделей или макетов Изготовление электродов для электродуговой
<i>Ремонтные цехи</i> Ремонтно-механический Электроремонтный Ремонтно-строительный	Проведение ремонтных работ различного вида Ремонт оборудования и изготовление запасных и сменных частей для него, модернизация действующего и изготовление нестандартного оборудования, в том числе средств механизации и автоматизации производства Ремонт электрооборудования всех цехов завода, изготовление запасных и сменных частей Ремонт зданий и сооружений завода
<i>Энергетические цехи</i> Компрессорный Кислородный Ацетиленовый Газогенераторная станция Котельная	Получение энергоносителей различного вида Получение сжатого воздуха для пневматических приспособлений и инструментов, пескоструйных аппаратов и пульверизаторов, обдувки форм и деталей Получение кислорода для газовой резки и сварки металлов Получение ацетилена для газовой резки и сварки металлов Получение из твердого топлива газа, сжигаемого в производственных печах (кузнечных, термических и т. д.) Получение пара для технологических целей (обогрева сушильных камер, подогрева воды в моечных машинах), для отопления зданий и подогрева воздуха в вентиляционных устройствах

Окончание табл. 10.

Подразделение	Назначение
III. Обслуживающие хозяйства Складское хозяйство Энергетическое хозяйство Транспортное хозяйство Санитарно-техническое хозяйство	Оказание услуг производственного характера Служит для хранения, учета, комплектации и выдачи материальных ценностей Объединяет устройства, предназначенные для трансформации и распределения электроэнергии и питания производства паром, сжатым воздухом, газом и жидким топливом (понижающие подстанции, трансформаторные в цехах, электросети; паропроводы, воздухопроводы, газопроводы, нефтепроводы; связь и сигнализация) Энергетическое хозяйство и энергетические цехи, которые могут объединяться в один энергетический (или паросиловой) цех, образуют единую энергетическую службу завода Предназначено для перевозки грузов, поступающих на завод и отправляемых с завода, для перевозки грузов внутри завода между цехами и складами, а также для выполнения погрузочно-разгрузочных работ. В его состав входят депо, гаражи, ремонтные мастерские, путевое хозяйство, транспортные и погрузочно-разгрузочные средства Объединяет водопроводные, канализационные, вентиляционные, отопительные системы и сети. Служит для создания необходимых производственных и санитарных условий в цехах
Центральная заводская лаборатория	Выполняет контрольные испытания материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, контролирует качество технологических процессов, проводит научно-исследовательские работы и внедряет их результаты в производство. Состоит из ряда лабораторий (отделений), обслуживающих завод механической, металлографической, химической, пирометрической, рентгеновской и др. Филиалы лаборатории (экспресс-лаборатории) создаются в литейных и термических цехах

Задачи организации производственной структуры решаются прежде всего при проектировании новых и реконструкции действующих заводов и цехов. Задачи совершенствования организации производственной структуры предприятия решаются постоянно и связаны с непрерывными изменениями во внешней среде предприятия, а также с внутренними изменениями.

Производственная структура предприятий разнообразна и зависит от многих факторов, основными из которых являются: 1) характер продукции и технологии ее изготовления; 2) масштаб производства; 3) уровень и форма специализации предприятия, его кооперирования с другими предприятиями. Кооперирование в изготовлении и поставках комплектующих, инструмента, запас-

ных частей, производство которых не соответствует профилю предприятия или экономически нецелесообразно из-за ограниченного масштаба производства, исключает необходимость иметь в составе предприятия соответствующие цехи, склады и другие подразделения. Чем выше уровень специализации предприятия и кооперирования его производства, тем ограниченнее номенклатура выпускаемой продукции, однороднее технология производства и проще производственная структура завода.

10.2. ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Производственная структура предприятия должна обеспечивать рациональную организацию производственного процесса в пространстве. Для этого при принятии решений о размещении производственных подразделений на территории предприятия необходимо соблюдать определенные правила и принципы. Основными из них являются следующие.

1. *Расположение цехов по ходу производственного процесса.* Для обеспечения принципа прямоочности основные цехи должны размещаться на территории предприятия по ходу производственного процесса, определяя постоянное направление основных грузопотоков: заготовительные цехи — обрабатывающие цехи — сборочные цехи.

2. *Расположение складов у входа/выхода предприятия.* Склады сырья и основных материалов должны размещаться на входе предприятия (со стороны подъездных путей для ввоза грузов) вблизи заготовительных цехов, склады готовой продукции — вблизи сборочных цехов на выходе предприятия (со стороны подъездных путей для вывоза грузов).

3. *Расположение вспомогательных цехов ближе к потребителям.* Вспомогательные цехи должны размещаться как можно ближе к основным цехам, потребляющим их продукцию, не нарушая при этом основные грузопотоки: инструментальный, ремонтно-механический и электроремонтный цехи нужно располагать вблизи основных цехов, имеющих наибольшее количество технологического оборудования.

4. *Размещение производственных объектов с учетом рациональности перевозок.* Основные и вспомогательные цехи, склады и иные объекты производственной инфраструктуры предприятия должны размещаться так, чтобы обеспечить кратчайший путь движения материалов и наименьший пробег транспортных средств в ходе производственного процесса, без обратного и встречного движения, излишних пересечений, без организации малогабаритных маршрутов (магистралей).

5. *Размещение производственных объектов с учетом внешних факторов (природных, общественных, техногенных).* Основные и вспомогательные цехи, обслуживающие хозяйства предприятия должны размещаться с учетом розы ветров, возможностей естественного освещения и проветривания, с соблюдением установленных архитектурно-строительных, санитарно-технических, проти-

вопожарных и иных норм, предусмотренных для предприятий данного профиля.

6. *Блочное строение элементов производственной структуры.* Отдельные подразделения, однородные по технологическому процессу или тесно взаимосвязанные по ходу производственного процесса, должны по возможности объединяться в блоки (группы) с размещением в одном корпусе: блокировка цехов в группы — литейную, кузнечную, деревообрабатывающую, механо-сборочную.

7. *Выделение зон однородных элементов производственной структуры.* Объекты, однородные по характеру производства, режиму, экологическим, пожарным, санитарно-гигиеническим и иным условиям, должны по возможности территориально сближаться с размещением в определенной зоне: зоне горячих цехов, обрабатывающих, вспомогательных, деревообрабатывающих, энергетических цехов (станций), общезаводских служб и учреждений.

8. *Обеспечение возможности наращивания и модифицирования производственной структуры.* Объекты на территории предприятия и его подразделений должны размещаться так, чтобы обеспечить возможность их дальнейшего расширения и реконструкции с минимальными затратами времени и ресурсов, без нарушения основной идеи генерального плана и по возможности без сноса ранее построенных объектов.

9. *Максимальное использование объема и площади (земельного участка, зданий, помещений).* Объекты на территории предприятия и его подразделений должны размещаться так, чтобы обеспечить максимальное использование объема и площади имеющихся земельных участков, зданий, помещений. Для этого необходимо плотное размещение и блокирование зданий, повышение их этажности, упрощение конфигурации зданий и земельного участка, рациональное использование площади и пространства под проезды (проходы), применение подвесных, подземных и многоярусных транспортных магистралей и развязок, мест хранения и грузопереработки. Эффективность использования площади земельного участка характеризуется коэффициентами застройки участка и использования его площади. *Коэффициент застройки земельного участка* — это отношение площади, занимаемой зданиями и крытыми сооружениями, к площади всего земельного участка; его величина обычно 0,22—0,35. *Коэффициент использования площади земельного участка* — это отношение площади, занимаемой зданиями, сооружениями и всеми устройствами, к площади всего земельного участка; его величина обычно 0,4—0,7. Аналогично выполняется оценка эффективности использования площади отдельных подразделений, зданий и помещений, а также их внутреннего пространства (объема).

Предприятие как объект пространственной организации имеет иерархическое строение, допускает множество альтернативных вариантов компоновочных и планировочных решений, что усложняет задачи размещения. Поэтому размещение подразделений на территории предприятия целесообразно выполнять поэтапно в следующей последовательности, обязательно обеспечивая согласование результатов в обратной последовательности:

- размещение цехов и общезаводских служб на территории завода;

- размещение участков и цеховых служб на территории цеха;
- размещение рабочих мест и подразделений на территории участка.

В зависимости от характера выпускаемой продукции, масштаба производства и конфигурации земельного участка могут применяться различные планировочные схемы предприятия с различной пространственной организацией материальных потоков. Часто для ввоза и вывоза грузов используются одни подъездные пути, что означает совмещение входа/ выхода предприятия в одной точке пространства и предопределяет необходимость организации материального потока по замкнутому контуру (круговая схема движения в различных вариантах).

Принятая производственная структура предприятия закрепляется в *паспорте* предприятия и отображается в генеральном плане предприятия. *Генеральный план предприятия* — это проектируемое или фактическое размещение на плане земельного участка всех его производственных и инфраструктурных объектов, согласованное с особенностями рельефа местности и требованиями благоустройства территории. В паспорте и генеральном плане предприятия дается перечень и планировочная схема размещения всех основных и вспомогательных цехов, обслуживающих хозяйств предприятия, зданий, сооружений, установленного оборудования и списочного числа работающих (рабочих мест) с указанием занимаемых площадей и расстояний, подъездных путей и проездов, подземных и наземных инженерных коммуникаций, и т. д.

10.3. ФОРМЫ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Производственная структура предприятия во многом определяется уровнем специализации и кооперирования его производственных подразделений (рабочих центров). В основу распределения функций между рабочими центрами положена одна из двух форм специализации — технологическая или предметная. Специализация означает ограничение разнообразия. Например, если за рабочим местом закреплено определенное число деталей-операций, то углубление специализации, без изменения этого числа, возможно в двух направлениях: 1) ограничение разнообразия деталей, обрабатываемых на рабочем месте, что означает сокращение числа их наименований и увеличение числа операций, выполняемых на рабочем месте; 2) ограничение разнообразия операций, выполняемых на рабочем месте, что означает сокращение числа их наименований и увеличение числа деталей, обрабатываемых на рабочем месте. В первом случае отмечаем движение в направлении углубления предметной специализации, во втором — технологической специализации.

Технологическая специализация предполагает ограничение разнообразия выполняемых в рабочем центре технологических функций (работ, операций, процессов); разнообразие предметов (продукции, продуктов), над которыми выполняются эти функции, не ограничивается (задано). При технологической форме специализации рабочий центр специализируется на выполнении опреде-

ленных технологических процессов (например, заводы литейные, сборочные; цехи механические, термические, кузнечно-прессовые, транспортный; участки токарной, фрезерной обработки, шлифовальный).

Преимущества технологической специализации связаны с тем, что она способствует применению наиболее рациональных и прогрессивных технологических методов, окупая затраты на это концентрацией объема выполнения однородных работ и снижая тем самым их себестоимость; благодаря концентрации однородных работ создается возможность наиболее полно загружать специализированное технологическое оборудование, повышать степень его использования, а также использования соответствующих площадей, персонала и материалов; за счет большей гибкости рабочих центров обеспечивается снижение затрат на переналадку при освоении выпуска новых изделий и расширении их номенклатуры, так как не требуется существенных изменений уже применяемых технологических методов. К недостаткам технологической специализации относится то, что она усложняет и удорожает кооперирование как внутри фирмы (между ее технологическими рабочими центрами), так и вне ее (по отношениям закупок с внешними поставщиками); ограничивает персональную ответственность руководителей подразделений, связанных обязательствами взаимных поставок по технологической и логистической цепочке, рамками промежуточного технологического звена по обезличенной массе предметов, а не конечного результата в виде готового товара каждого отдельного наименования. Технологическая специализация характерна для рабочих центров, имеющих широкую, разнородную и неустойчивую номенклатуру при небольшом объеме продукции, в том числе в единичных экземплярах. Применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

Предметная специализация предполагает ограничение разнообразия предметов, над которыми выполняются в рабочем центре технологические функции; разнообразие выполняемых функций не ограничивается (задано). При предметной форме специализации рабочий центр специализируется на изготовлении законченного изделия, сборочной единицы или детали (например, заводы шинный и моторный; цехи кузовной, шасси, коробки передач; участки втулки *A*, вала *B*, шестерни *C*).

Преимущества предметной специализации являются сокращение и упрощение внутреннего и внешнего кооперирования; повышение ответственности руководителей за соблюдение дисциплины поставок по всем звеньям технологической цепи; создание благоприятных условий для внедрения поточных методов и комплексной автоматизации рабочих процессов; сокращение длительности цикла рабочих процессов и сроков поставок; упрощение планирования рабочих процессов по всей номенклатуре продукции и всем рабочим центрам. Эти преимущества обеспечивают повышение производительности труда, снижение общих затрат на единицу продукции, улучшение ряда других экономических показателей фирм. Недостатки предметной специализации связаны с необходимостью проведения периодически повторяющейся реконструкции при переходе на новый выпуск продукции, так как рынок и научно-технический прогресс требуют постоянного обновления, совершенствования качества и

расширения номенклатуры товаров, а следовательно, и обновления, совершенствования и расширения разнообразия применяемого оборудования. Предметная специализация характерна для рабочих центров, имеющих относительно узкую или однородную номенклатуру продукции различных типоразмеров при значительном объеме выпуска. Применяется в массовом и серийном производстве.

На технологической и предметной специализации основываются возможные *формы организации* рабочих центров: технологическая, предметная и смешанная. Например, автомобильный завод — предметный рабочий центр, реализующий по замкнутому циклу весь комплекс технологических функций над предметом труда «автомобиль»; участок токарных станков — технологический рабочий центр, реализующий набор технологических функций «токарная обработка» над предметами труда разных наименований в рамках заданной номенклатуры; предметный участок, реализующий полный цикл изготовления конкретной детали и имеющий одну операцию технологического процесса, которая обособлена в отдельное помещение по санитарно-гигиеническим условиям, — пример смешанного рабочего центра.

Предметная форма организации имеет две разновидности — предметно-замкнутую и предметно-групповую. Эти две формы организации рабочих центров (участков, цехов) различаются шириной номенклатуры обрабатываемых в них предметов труда. На *предметно-замкнутых участках* ведется обработка предметов труда (деталей, сборочных единиц, агрегатов, изделий) относительно узкой номенклатуры, относящихся к одному типу, с применением типовых технологических процессов и средств технологического оснащения. На *предметно-групповых участках* ведется обработка предметов труда (деталей, сборочных единиц, агрегатов, изделий) более широкой номенклатуры, относящихся к одной или нескольким родственным группам общности по конструктивно-технологическим и организационно-плановым признакам, с применением групповых технологий и средств технологического оснащения. На этих формах организации основаны современные гибкие производственные системы (CAD/CAM, FMS, CIM).

Смешанная форма организации участков и цехов не характерна для машиностроения и большинства других отраслей промышленности. *Технологическая форма организации* участков и цехов характерна для единичного и мелкосерийного производства, предметно-групповая — для серийного, предметно-замкнутая - для крупносерийного и массового производства.

10.4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Основным элементом производственной структуры предприятия является *цех*, производственной структуры цеха — *участок*, производственной структуры участка — *рабочее место*.

Производственная структура цеха — это состав входящих в него произ-

водственных участков, вспомогательных и обслуживающих подразделений, а также формы их производственных взаимосвязей. Производственная структура цеха определяет внутрицеховую специализацию и кооперирование производственных участков. *Производственная структура участка* — это состав входящих в него рабочих мест и формы их производственных взаимосвязей. Производственный участок представляет собой технологически и организационно обособленную группу рабочих мест, имеющих определенную специализацию и объединенных по каким-либо признакам. Исходя из нормы управляемости мастера 20-25 рабочих в смену, производственный участок выделяется в отдельную административную единицу цеха. В основу организации производственных участков может быть положена технологическая или предметная форма специализации. Технологическая форма специализации участков характерна для цехов единичного и мелкосерийного производства, предметная — для цехов серийного и массового производства. При этом независимо от специализации цеха в нем могут одновременно иметься участки и предметной, и технологической специализации.

При *технологической форме* участки специализируются на выполнении однородных технологических операций над разнообразной продукцией и представлены группами однородного технологического оборудования: токарный участок, на котором сосредоточены токарные станки, участок фрезерной обработки, участок шлифовальных станков. При росте масштаба производства происходит разделение технологических участков по признакам габаритов оборудования и обрабатываемой продукции: участки крупных, средних и мелких прессов, участки крупного, среднего и мелкого литья.

При *предметной форме* участки специализируются на изготовлении отдельных деталей или группы однородных деталей, разнородных деталей отдельных агрегатов или изделий; на изготовлении деталей и сборке отдельных агрегатов; на сборке отдельных агрегатов или изделий, однородной группы агрегатов или изделий. На предметных участках замкнутый цикл производства однородной продукции вызывает необходимость выполнения разнородных технологических операций. В зависимости от масштаба производства участки предметной специализации могут быть организованы как *предметно-групповые* и *предметно-замкнутые участки* серийного производства или как *многопредметные* и *однопредметные поточные линии* крупносерийного и массового производства.

Вспомогательными подразделениями цеха являются участки ремонта технологической оснастки, технологического оборудования и заточки режущего инструмента. *Участок ремонта технологической оснастки* создается для текущего ремонта и изготовления простых приспособлений и вспомогательного инструмента, капитальный ремонт оснастки выполняется в инструментальном цехе предприятия. *Участок ремонта технологического оборудования* создается для выполнения простых станочных и слесарных работ, связанных с ремонтом оборудования цеха; сложные ремонтные работы выполняются в ремонтно-механическом цехе предприятия. *Участок заточки режущего инструмента* создается для централизованной заточки простого режущего инструмента, за-

точка сложного инструмента выполняется в инструментальном цехе предприятия. Вспомогательные подразделения основных цехов разгружают вспомогательные цехи от выполнения мелких заказов и срочных работ.

Обслуживающие подразделения цеха включают цеховые склады (кладовые), внутрицеховой транспорт и цеховые пункты (посты) технического контроля. *Цеховые склады (кладовые)* предназначены для получения, хранения, учета и выдачи материальных ценностей на участки и рабочие места; представлены складами основных материалов и заготовок, вспомогательных материалов, инструментально-раздаточной кладовой. *Внутрицеховой транспорт* предназначен для межоперационной и межучастковой транспортировки продукции; обычно представлен подъемно-транспортными устройствами, входящими в комплект средств технологического оснащения участков или цеха (мостовые краны, электротельферы, конвейеры, лифты и т. д); электрокары, обслуживающие основной цех, относятся к централизованному транспортному цеху предприятия. *Цеховые пункты (посты) технического контроля* предназначены для проведения операций выходного контроля; располагаются на выходе цеха или каждого из участков, оснащаются контрольно-измерительными устройствами и приборами; контролеры, обслуживающие цех, являются работниками централизованной службы технического контроля предприятия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что понимается под производственной структурой предприятия?
2. Какова производственная структура предприятия с полным технологическим циклом?
3. Каков состав основных цехов предприятия?
4. Каков состав вспомогательных цехов предприятия?
5. Каков состав обслуживающих хозяйств предприятия?
6. Чем определяется производственная структура предприятия?
7. Каковы основные принципы рационального размещения производственных подразделений предприятия?
8. Перечислите формы специализации и организации подразделений предприятия?
9. Какова производственная структура цехов и участков предприятия?

ГЛАВА 11.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕПОТОЧНЫМИ МЕТОДАМИ

11.1. ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧАСТКОВ (ЦЕХОВ)

Выбор предприятием *стратегии организации производства, ориентированной на процесс*, в настоящее время наиболее распространен в машиностроении. Данная стратегия используется на 75—85% всех производственных предприятий и обеспечивает необходимый уровень гибкости производства и загрузки производственных мощностей в условиях частого изменения номенклатуры выпускаемой продукции или производства «на заказ». Кроме того, эта стратегия является стартовой, исходной для разработки и применения других стратегий. Наиболее характерной организационной единицей в производственной структуре предприятий, принявших стратегию, ориентированную на процесс, является участок. На небольших предприятиях при бесцеховой производственной структуре участок — это главный структурообразующий элемент. На крупных предприятиях участки входят в состав цехов, цехи могут объединяться в пролеты, комплексы и т. д. Рассмотрим формы и методы организации производства на примере создания участка.

Участок представляет собой относительно обособленную группу рабочих мест. Обособление происходит по организационно-производственным признакам, среди которых ведущую роль играет форма специализации. *Рабочее место* — часть производственной площади, оснащенная всем необходимым для выполнения отдельных операций производственного процесса одним или группой рабочих. Классификация рабочих мест показана на рис. 11.1. К предметам оснащения рабочих мест относятся технологическое оборудование, средства механизации и автоматизации, технологическая и организационная оснастка. Все элементы оснащения рабочих мест делятся на постоянные, т. е. не зависящие от выполняемой операции, и переменные, специфичные для каждой отдельно взятой операции или группы операций. Предметы оснащения и имеющиеся в наличии производственные площади являются объектами планировки рабочих мест. Планировка должна обеспечивать оптимальное сочетание вещественных элементов трудового процесса и его непосредственного исполнителя — человека. При этом требуется обеспечить высокую производительность труда рабочего, соблюдение требований технологии, поддержание работоспособности рабочего на длительный период и безопасность его труда.

В участок могут быть объединены рабочие места, где выполняются сходные технологические операции и установлено однотипное оборудование. Это *участки с технологической специализацией*, или *технологические участки*. Они более характерны для многономенклатурного производства, так как на них проще выровнять загрузку оборудования при частой смене объектов производства. Более эффективно использование *предметной специализации участка*,

при которой за ним закрепляется группа однотипных изделий, обрабатываемых на рабочих местах, где выполняются разнообразные технологические операции. Если изделия проходят здесь полный цикл обработки, то такой участок называется *предметно-замкнутым* (ПЗУ). Необходимо, прежде всего, стремиться к организации предметно-замкнутых участков с одинаковыми или сходными технологическими маршрутами изготовления изделий.

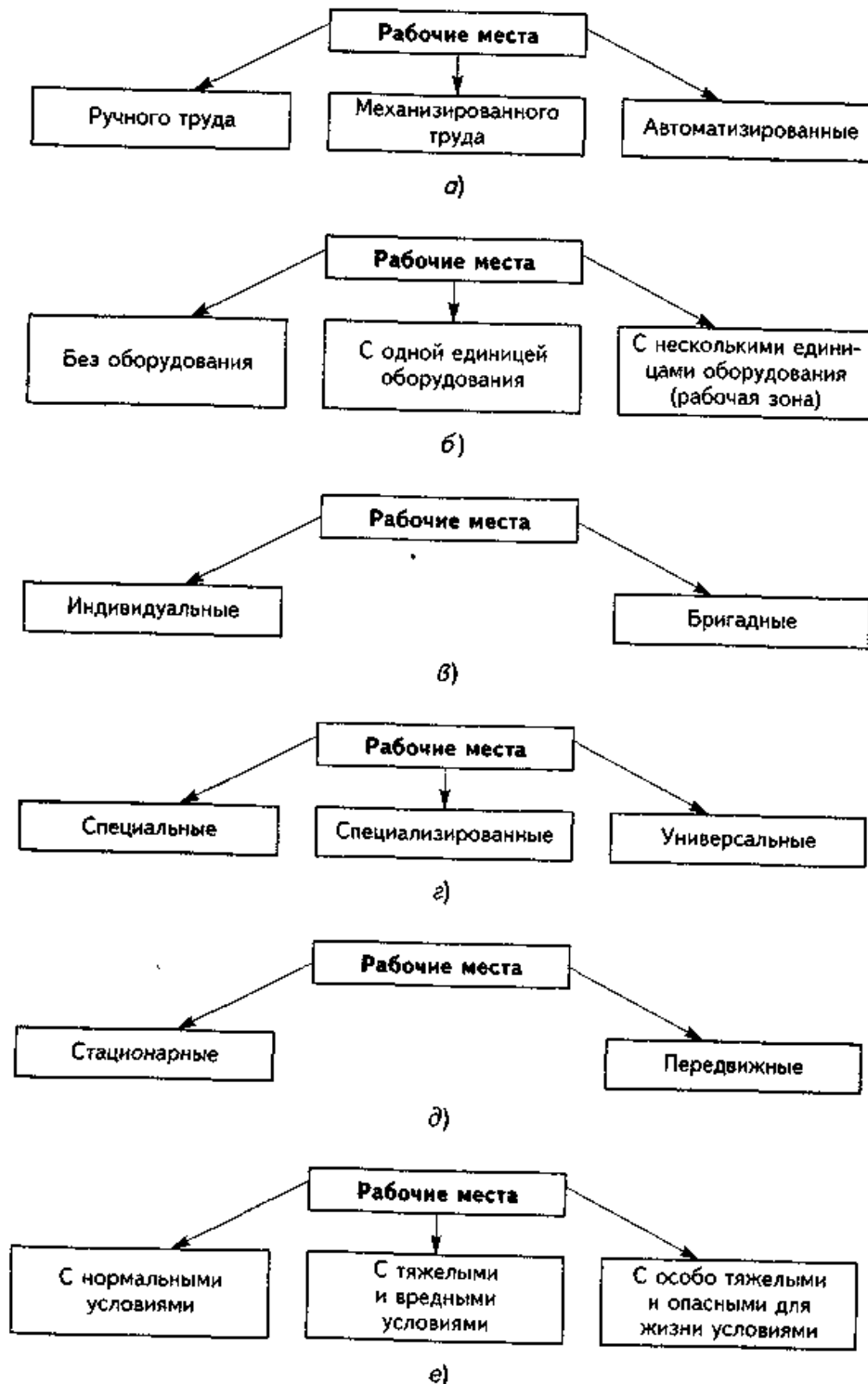


Рис. 11.1. Классификация рабочих мест:

а - по уровню автоматизации; б - по количеству единиц оборудования; в - по числу основных рабочих; г - по уровню специализации; д - по степени подвижности; е - по условиям труда

К изделиям со сходными технологическими маршрутами относятся такие, которые имеют различное число операций, выполняемых на одних и тех же рабочих местах, в одной и той же последовательности. Такие предметно-замкнутые участки представляют собой первичную форму организации поточных линий и имеют поэтому ряд преимуществ по сравнению с другими участками. С другой стороны, чем больше степень кооперации данного предметно-замкнутого участка с другими производственными участками и меньше степень его замкнутости, тем больше предметный участок приближается к технологическому. Число всех возможных вариантов сходных технологических маршрутов $I_{с.м}$ для одной определенной последовательности выполнения операций составляет:

$$I_{с.м} = 2^{K_{оп}} - 1,$$

где $K_{оп}$ — наибольшее число операций по данной группе предметов со сходными технологическими маршрутами.

Если, например, детали с одинаковыми технологическими маршрутами проходят три операции, выполняемые в такой последовательности: токарная (Ток), фрезерная (Фр) и шлифовальная (Шл), то при этой последовательности возможны следующие варианты сходных технологических маршрутов:

- 1) Ток — Фр — Шл
- 2) Ток — Фр — —
- 3) Ток — — — Шл
- 4) — — Фр — Шл
- 5) Ток — — — —
- 6) — — Фр — —
- 7) — — — — Шл

Очевидно, что для рациональной загрузки ПЗУ со сходными технологическими маршрутами должна быть устойчивая номенклатура однотипных изделий, производство которых постоянно возобновляется. Это определяет область применения ПЗУ.

Предметно-замкнутые участки могут быть специализированы по сборочным единицам или деталям. При организации сборочных ПЗУ, специализированных по сборочным единицам, признаками классификации для них являются применяемость, масштабы и повторяемость их выпуска, конструктивная и технологическая однородность, габариты или вес. При организации предметно-замкнутых участков, специализированных по деталям, прежде всего должны быть произведены классификация деталей по конструктивно-технологическим признакам, определяющим условия их обработки, затем — подбор и закрепление деталей за определенными рабочими местами.

При групповой обработке деталей по методу Митрофанова в одну группу включаются детали, обрабатываемые при одной настройке соответствующего оборудования на рабочем месте. Если для одной и той же детали некоторые операции выполняются при различных групповых настройках, то включение детали в ту или иную группу производится по ведущей, наиболее трудоемкой операции. При организации предметно-замкнутых участков необходимо стре-

миться к максимальной однородности закрепляемых за ними деталей или сборочных единиц по всем классификационным признакам, что приведет к улучшению использования оборудования и загрузки рабочих, упрощению организации и планирования на участке и в цехе в целом. При недостаточной загрузке рабочих мест изготовлением предметов одной классификационной группы за предметно-замкнутым участком закрепляются предметы нескольких групп со сходными классификационными признаками. Окончательный выбор варианта закрепления предметов за какой-либо группой рабочих мест определяется загрузкой последних.

Степень (коэффициент) загрузки рабочих мест вычисляется путем деления расчетного (потребного) их числа для выполнения заданной программы на принятое или фактически имеющееся количество. Для определения потребного количества оборудования и рабочих мест используются так называемые *объемные расчеты*, т. е. расчеты, выполняемые в статике, не учитывающие ни возможного изменения номенклатуры и объема выпуска, ни динамики самого процесса изготовления. Очевидно, что такие расчеты достаточно условны, однако ввиду их простоты и наглядности они находят широкое применение на практике. Обычно область применения объемных расчетов — проектирование цехов и участков. Лучшие результаты они дают в условиях стабильного выпуска продукции.

11.2. ОБЪЕМНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РАСЧЕТЫ СОЗДАНИЯ УЧАСТКОВ

Объемные расчеты участков (цехов) базируются на закреплении за ними предметов производства и включают определение ресурсов, необходимых для выполнения производственной программы. Как правило, это ключевые ресурсы: количество оборудования (рабочих мест) и численность рабочих. В свою очередь, выполненные объемные расчеты инициируют решение задачи размещения оборудования (рабочих мест) на имеющихся производственных площадях, т. е. задачи планировки участка (цеха). Очевидно, что все расчеты должны быть охвачены обратной связью для контроля степени загрузки оборудования и рабочих и степени использования производственных площадей предприятия. По сути, объемные расчеты являются частью расчета производственной мощности по основным производственным ресурсам предприятия и требуют постоянной балансировки с производственной программой.

Необходимое число одинаковых рабочих мест или количество установленного на них однотипного оборудования q рассчитывается по формуле:

$$q_p = \frac{T_{пл}}{F},$$

где $T_{пл}$ — время работы данготипа оборудования, необходимое для изготовления заданного на период объема продукции;

F — фонд времени работы единицы оборудования за период расчета.

При выполнении объемных расчетов производственных единиц, например цехов или участков, различают четыре фонда времени.

1. *Календарный фонд времени*, определенный как произведение 24 часов в сутки на число календарных дней в расчетном периоде.

2. *Номинальный фонд времени* в отличие от календарного фонда «очищенный» от нерабочих дней, смен, часов:

$$F_{\text{н}} = D_{\text{р}} T_{\text{см}} K_{\text{см}} - T_{\Sigma},$$

где $D_{\text{р}}$ — число рабочих дней в расчетном периоде;

$T_{\text{см}}$ — продолжительность рабочей смены, часов;

$K_{\text{см}}$ — коэффициент сменности работы;

T_{Σ} — суммарное за период сокращение рабочего времени в предпраздничные дни, часов.

3. *Эффективный фонд времени* в отличие от номинального фонда «очищенный» от времени планового технического обслуживания оборудования:

$$F_{\text{эф}} = F_{\text{н}} - T_{\text{пр}} = F_{\text{н}} (1 - p_{\text{пр}}/100),$$

где $T_{\text{пр}}$ — время, отводимое в расчетном периоде на плановое техническое обслуживание оборудования, часов;

$p_{\text{пр}}$ — процент времени планового технического обслуживания по отношению к номинальному фонду времени.

4. *Действительный фонд времени*, в течение которого оборудование реально работает на выполнение производственной программы:

$$F_{\text{д}} = F_{\text{эф}} K_{\text{з}},$$

где $K_{\text{з}}$ — коэффициент загрузки во времени, учитывающий потери времени (простой) по техническим и организационным причинам.

Календарный фонд, как правило, не может служить основой для выполнения объемных расчетов, так как редкое промышленное предприятие может работать непрерывно без остановок в течение достаточно длительного периода времени. Номинальный фонд используется обычно в расчетах поточных линий, где плановое техническое обслуживание оборудования выполняется в нерабочее время, а потери по организационным причинам сведены к минимуму ввиду высокого уровня организации производства. Эффективный фонд чаще всего используется в проектных расчетах участков и цехов, а учет действительного фонда времени работы позволяет не только планировать, но и контролировать загрузку оборудования. Размеры эффективного и действительного фондов, как видим, самым существенным образом зависят от технического состояния оборудования и потерь времени на его ремонт и техническое обслуживание. Таким образом, эти фонды напрямую связаны с показателями *надежности* оборудования. Организация технического обслуживания и ремонта оборудования подробно рассмотрена в главе 13, а здесь мы остановимся только на анализе влияния показателей надежности на расчет фондов времени.

Важнейшими характеристиками надежности оборудования, согласно стандарту, являются:

1) безотказность;

- 2) ремонтпригодность;
- 3) ресурс работы отдельных элементов оборудования;
- 4) срок службы оборудования в целом.

Безотказность характеризуется показателем среднего времени наработки на отказ $\tau_{\text{нр}}$:

$$\tau_{\text{нр}} = \Sigma T_{\text{нр}} / n_{\text{отк}},$$

где $\Sigma T_{\text{нр}}$ — суммарное время работы оборудования за период между двумя смежными плановыми ремонтами;

$n_{\text{отк}}$ — число отказов за этот же период.

Ремонтпригодность характеризуется показателем среднего времени восстановления оборудования после аварийного отказа $\tau_{\text{в}}$:

$$\tau_{\text{в}} = \Sigma T_{\text{в}} / n_{\text{отк}},$$

где $\Sigma T_{\text{в}}$ — суммарное время восстановления (ремонта) оборудования после аварийных остановок за период между двумя смежными плановыми ремонтами.

Показателем, интегрирующим оценки безотказности и ремонтпригодности, является коэффициент готовности $K_{\text{г}}$:

$$K_{\text{г}} = \tau_{\text{нр}} / (\tau_{\text{нр}} + \tau_{\text{в}}) = \Sigma T_{\text{нр}} / (\Sigma T_{\text{нр}} + \Sigma T_{\text{в}}).$$

Коэффициент готовности показывает вероятность того, что техническая система будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени между двумя соседними плановыми ремонтами. В принятых ранее обозначениях $\Sigma T_{\text{нр}}$ — это действительный фонд времени, а $\Sigma T_{\text{нр}} + \Sigma T_{\text{в}}$ — эффективный фонд без учета потерь по организационным причинам. Тогда коэффициент готовности представляет собой «техническую составляющую» коэффициента загрузки оборудования во времени:

$$K_{\text{з}} = K_{\text{г}} K_{\text{орг}};$$

$$F_{\text{д}} = F_{\text{эф}} K_{\text{г}} K_{\text{орг}},$$

где $K_{\text{орг}}$ — «организационная составляющая» коэффициента загрузки, или коэффициент учета организационных потерь.

Плановое значение коэффициента загрузки оборудования колеблется для различных условий от 0,6 до 0,95, коэффициент готовности составляет 0,95—0,98. Это означает, что основные потери происходят именно по организационным причинам. Например, время мелкого ремонта станка может составить 15 мин, а время ожидания специалиста, который должен устранить отказ, и поиска запасных частей, необходимых для этого, — 2 ч. В то же время отметим, что самая весомая составляющая потерь по организационным причинам — это недостаточная загрузка оборудования выполнением производственной программы или его простои ввиду некачественного составления расписания работы.

Ресурс работы отдельных элементов определяет периодичность и состав плановых ремонтов (капитальных, средних и текущих), или, Другими словами, *структуру ремонтного цикла*. Зная последнюю и нормативы затрат времени на все виды ремонтов, можно легко рассчитать время планового технического об-

служивания (плановых ремонтов) оборудования в расчетном периоде. Его значение используется при расчетах эффективного времени работы. Интервал времени между двумя смежными капитальными ремонтами - длительность ремонтного цикла $T_{пр}$. Срок службы оборудования в целом учитывается при определении стратегии амортизации оборудования и тем самым влияет на величину амортизационных отчислений.

Расчет *численности рабочих* выполняется с учетом разделения труда. Конкретные формы разделения труда на предприятии определяются структурой производственного процесса и выражаются в распределении работ и расстановке рабочих. Разделение труда рабочих идет по трем направлениям:

1) по характеру участия рабочих в производственном процессе они делятся на основных и вспомогательных;

2) по технологической характеристике выполняемых работ рабочие делятся по профессиям и специальностям;

3) по сложности выполняемых работ рабочие подразделяются по уровням их квалификации (по разрядам).

Основные принципы распределения работ:

а) квалификация рабочего должна соответствовать сложности выполняемых работ;

б) необходимо обеспечивать максимальную однородность выполняемых рабочим работ, соответствующих его профессиональной подготовке;

в) для повышения специализации следует разделять функции основных и вспомогательных рабочих.

г) следует учитывать, какие операции может выполнять один рабочий, а какие целесообразнее поручать бригаде. Основой создания бригад является общность выполняемых работ, ответственности за их выполнение и стимулирования труда.

Очевидно, что в каждом конкретном случае необходимо находить оптимальный уровень разделения труда, обеспечивающий его максимальную производительность.

Различают расчеты списочной и явочной численности основных производственных рабочих. Среднегодовая *списочная численность* $Ч_{сп}^j$ показывает, сколько рабочих в среднем в течение года должны находиться в штате участка (цеха) для выполнения установленного объема работ, однородных по профессионально-квалификационным характеристикам. Она рассчитывается следующим образом:

$$Ч_{сп}^j = \frac{T_{рj}}{F_{эф.р}^j} = \frac{T_{рj}}{F_{нр}^j \left(1 - \frac{p_{пр}}{100}\right)}; j = 1, \dots, K_p,$$

где $T_{рj}$ — годовая трудоемкость работ участка (цеха) в разрезе j -й профессионально-квалификационной группы (чаще — операции);

K - число профессионально-квалификационных групп на участке (в цехе);

$F_{эф.р}^j$ — эффективный годовой фонд времени одного рабочего;

$F_{нр}^j$ — годовой номинальный фонд времени рабочего;

p — процент времени невыходов на работу по отношению к номинальному фонду

времени.

Годовая трудоемкость работ в объемных расчетах обычно определяется путем умножения годовой станкостоемкости программы $T_{пл}$ на коэффициент многостаночного обслуживания $K_{мо}$, показывающий уровень занятости рабочих обслуживанием оборудования:

$$K_{мо} \begin{cases} = 1 & \text{при обслуживании оборудования с ручным управлением;} \\ < 1 & \text{при обслуживании полуавтоматического оборудования;} \\ > 1 & \text{в случае бригадного обслуживания оборудования.} \end{cases}$$

Очевидно, что при обслуживании оборудования с ручным управлением трудоемкость и станкостоемкость практически совпадают, а при работе на полуавтоматическом оборудовании реальная трудоемкость уменьшается за счет организации многостаночного обслуживания. *Норма обслуживания*, т. е. число станков, обслуживаемых одним рабочим, и коэффициент многостаночного обслуживания связаны соотношением:

$$K_{мо} = \frac{1}{h_{мо}},$$

где $h_{мо}$ - норма многостаночного обслуживания оборудования.

Годовой номинальный фонд времени одного рабочего практически совпадает с номинальным фондом работы оборудования в односменном режиме. Отличия могут наблюдаться только в случае обслуживания рабочих мест с тяжелыми, вредными и опасными для жизни условиями труда, где устанавливается его особый режим. *Годовой эффективный фонд* несколько меньше, так как учитывает тот факт, что часть рабочих может отсутствовать на работе по следующим причинам:

- а) очередные отпуска;
- б) временная нетрудоспособность;
- в) отпуска за свой счет;
- г) учебные отпуска;
- д) отпуска по беременности и родам;
- е) выполнение государственных обязанностей;
- ж) нахождение в командировках, на сельскохозяйственных работах и пр.

В совокупности эти причины определяют значение $p_{пр}$.

Явочная численность $Ч_{яв}^j$ показывает, сколько рабочих должны каждый день являться на работу, чтобы обслуживать установленное оборудование в режиме, необходимом для выполнения производственной программы. В объемных расчетах явочная численность должна быть меньше списочной на ту часть рабочих, которая отсутствует на работе. Она определяется по формуле:

Очевидно, что явочная численность постоянно меняется. На нее оказывают влияние такие факторы, как характер и объем работ, выполняемых каждую смену (т. е. спрос), а также эпидемии гриппа, экзаменационные сессии в учебных заведениях, сезоны отпусков, сельскохозяйственных работ и пр. Поэтому расчетная величина явочной численности лишь в среднем отражает ре-

альную величину этого параметра. Реальная потребная явочная численность может быть только целым числом. В каждом конкретном периоде она может быть определена на основе задействованного для выполнения производственной программы числа рабочих мест и установленных значений коэффициентов многостаночного и бригадного обслуживания. Ясно, что согласование ее с фактической явкой рабочих на работу требует от менеджера искусства руководства. Рассмотрим методику выполнения объемных расчетов на примере.

Пример 11.1

На предметно-замкнутом участке обработки деталей типа тел вращения выполняются пять технологических операций, указанных в табл. 11.1. Для выполнения каждой операции фактически организовано несколько рабочих мест ($q_{фj}$). Известны значения среднего по операции процента выполнения норм выработки рабочими ($p_{вj}$).

Таблица 11.1

<i>Номер операции</i>	<i>Наименование операции</i>	$q_{фj}$	$p_{вj}$
1	Фрезерно-центровальная	1	108
2	Черновая токарная	2	103
3	Чистовая токарная	2	107
4	Фрезерная	2	105
5	Круглошлифовальная	3	101

В планируемом квартале за ПЗУ закрепляется обработка пяти типоразмеров деталей, имеющих сходные технологические маршруты, соответствующие специализации и планировке участка. Нормы штучно-калькуляционного времени выполнения детали-операций ($t_{шк}$) и ориентировочные размеры партий запуска деталей в обработку (n) заданы в табл. 11.2.

Таблица 11.2

<i>Деталь</i>	<i>Норма времени по операциям, норма - часов / шт.</i>					<i>Партия запуска, шт.</i>
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
<i>A</i>	0,1	0,2	-	0,1	0,2	200
<i>B</i>	0,2	0,6	0,9	-	-	40
<i>C</i>	0,4	0,3	0,8	0,2	0,1	60
<i>D</i>	0,2	0,9	-	0,6	0,5	10
<i>E</i>	0,1	0,3	0,3	-	0,4	150

Участок работает в одну смену. Планово-предупредительного ремонта оборудования в планируемом квартале не предусмотрено. Число рабочих дней - 60. Плановая загрузка оборудования - 80%. Требуется определить:

1) число рабочих мест на каждой операции, которое потребуется задействовать для выполнения квартальной производственной программы участка;

2) реальную загрузку каждого из них, если в плановом периоде осуществляется шесть запусков деталей в обработку; 3) совокупную длительность цикла обработки всех партий в течение одного запуска; 4) среднесписочную и явочную численность основных рабочих участка, если условия труда на рабочих местах являются нормальными, процент потерь рабочего времени планируется в расчетном квартале на уровне 14,5%, а на второй и третьей операциях может быть организовано многостаночное обслуживание с $h_{мо} = 3$.

Решение

Число рабочих мест, необходимое для выполнения производственной программы

ПЗУ, рассчитаем так:

$$q_{pj} = \frac{T_{пл}^j}{F_i}; j = 1, \dots, K_{оп},$$

где $T_{пл}^j$ - станкочасовое время производственной программы на операции j ;
 F_i - квартальный фонд времени единицы оборудования (может быть различным по операциям и даже по рабочим местам).

Причем параметр $T_{пл}^j$ находится из соотношения:

$$T_{пл}^j = \frac{100}{P_{вj}} \sum_{i=1}^{K_2} t_{шк}^{ij} N_{ви}; j = 1, \dots, K_{оп},$$

где $N_{ви}$ - квартальная производственная программа деталей i -го типоразмера.

Штучно-калькуляционное время зависит от размера партии деталей и определяется по формуле:

$$t_{шк} = t_{шт} + \frac{T_{пз}}{n},$$

где $T_{пз}$ — подготовительно-заключительное время на партию деталей.

$$q_{яв}^j = \frac{T_{пз}}{F_{чр}^j} = \frac{T_{пз}(1 - \frac{P_{пз}}{100})}{F_{эф.р}^j} = q_{сп}^j (1 - \frac{P_{пз}}{100}); j = 1, \dots, K_p.$$

В момент расчета требуемого количества оборудования размер партии обычно бывает не известен. Штучно-калькуляционное время тогда рассчитывается на основе процента времени на подготовительно-заключительные работы по отношению к штучному $P_{пз}$, или

$$t_{шк} = t_{шт} (1 + \frac{P_{пз}}{100}),$$

Величина $P_{пз}$ может быть принята в среднем одинаковой для всех детали-операций, выполняемых на данном оборудовании. Квартальная программа по каждой детали рассчитывается исходя из размера партии запуска и количества запусков за квартал и составляет:

$$N_{в1} = 200 \times 6 = 1200 \text{ шт.}; N_{в2} = 40 \times 6 = 240 \text{ шт.}; N_{в3} = 60 \times 6 = 360 \text{ шт.}; \\ N_{в4} = 10 \times 6 = 60 \text{ шт.}; N_{в5} = 150 \times 6 = 900 \text{ шт.}$$

Расчет значений $T_{пл}^j$ сведен в табл. 11.3.

Таблица 113

Деталь	Квартальная станкочасовая нагрузка по операциям				
	1	2	3	4	5
А	120	240	0	120	240
В	48	144	216	0	0
С	144	108	288	72	36
Д	12	54	0	36	30
Е	90	270	270	0	360
$\sum t_{шк}^{ij}/N_{ви}$	414	816	774	228	666
$T_{пл}^j$	383,3	792,2	723,4	217,1	659,4

В дальнейших расчетах используется действительный фонд времени за квартал с учетом того, что плановый ремонт оборудования по условию не предусмотрен. Этот фонд одинаков для всех рабочих мест и составляет:

$$F = 60 \times 8 \times 0,8 = 384 \text{ ч.}$$

Расчетное число рабочих мест тогда определяется следующим образом:

$$q_{p1} = \frac{383,3}{384} = 1,00; q_{p2} = \frac{792,2}{384} = 2,06; q_{p3} = \frac{723,4}{384} = 1,88;$$

$$q_{p4} = \frac{217,1}{384} = 0,56; q_{p5} = \frac{659,4}{384} = 1,72.$$

Поскольку число рабочих мест может быть только целым числом, расчетные значения округляются до ближайшего большего целого числа. Таким образом, мы рассчитаем принятое для выполнения производственной программы количество оборудования $q_{пр}^j$:

$$q_{пр}^j = (1, 3, 2, 1, 2).$$

Как видно, оно отличается от фактически установленного на ПЗУ. Можно оценить загрузку фактически установленного на участке оборудования:

вания:

$$K_{зj} = K_{зj}^{пл} \times \frac{q_{pj}}{q_{фj}}; j = 1, \dots, K_{оп}; K_{з1} = 0,8; K_{з2} = 0,8 \times \frac{2,06}{2} = 0,824;$$

$$K_{з3} = 0,8 \times \frac{1,88}{2} = 0,752; K_{з4} = 0,8 \times \frac{0,56}{2} = 0,224; K_{з5} = 0,8 \times \frac{1,72}{3} = 0,459.$$

Анализ показывает, что на второй операции оборудование загружено выше планового уровня. Это допустимо только в случае указания конкретных организационно-технических мер, обеспечивающих улучшение показателей его использования. Пусть $q_{пр2} = 2$. На четвертой и пятой операциях загрузка оборудования явно недостаточна. Это позволит использовать по одному рабочему месту на этих операциях для выполнения других работ. Тогда реальная загрузка принятого к работе оборудования на этих операциях составит:

$$K_{зj} = K_{зj}^{пл} \times \frac{q_{pj}}{q_{пр}^j}; j = 1, \dots, K_{оп}; K_{з4} = 0,8 \times \frac{0,56}{1} = 0,448;$$

$$K_{з5} = 0,8 \times \frac{1,72}{2} = 0,688.$$

Расчеты показывают, что четвертая операция остается существенно недогруженной. Это позволяет закрепить за ПЗУ дополнительные фрезерные работы объемом $(0,8 - 0,448) \times 60 \times 8 = 169$ часов за квартал.

Для расчета потребной на квартал численности основных рабочих необходимо определить трудоемкость работ и фонды времени одного рабочего. Эффективный фонд, исходя из условий задачи, равен номинальному фонду времени работы оборудования, скорректированному на невыходы на работу, т. е. $F_{эф,р} = 480 \times (1 - 14,5/100) = 410,4$ ч. Трудоемкость может быть определена на основании данных табл. 11.3:

по фрезерным работам - $383,3 + 217,1 = 600,4$ ч;

по токарным работам - $(792,2 + 723,4) \times 0,33 = 500,1$ ч;

по шлифовальным работам — $659,4$ ч,

где $0,33$ - коэффициент многостаночного обслуживания на второй и третьей операциях ($1/3 = 0,33$).

Тогда среднесписочная численность основных рабочих будет равна:

на фрезерных операциях - $600,4/410,4 = 1,46$ чел.;

на токарных операциях - $500,1/410,4 = 1,22$ чел.;

на шлифовальных операциях - $659,4/410,4 = 1,61$ чел.

Расчетные значения явочной численности по операциям составят:

на фрезерных операциях - $1,46 (1 - 14,5/100) = 1,25$ чел.;

на токарных операциях - $1,22 \times 0,855 = 1,04$ чел.;

на шлифовальных операциях - $1,61 \times 0,855 = 1,38$ чел.

С учетом округлений численность фрезеровщиков должна составить 2 чел., численность токарей - 1 чел., число шлифовщиков — 2 чел. Если Удастся совместить профессии, например, фрезеровщика и шлифовщика, то общую явочную численность можно сократить до 4 чел.

11.3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА ОБРАБОТКИ ПАРТИЙ ДЕТАЛЕЙ

Участки создаются на основе использования последовательного движения партии предметов производства по операциям (рабочим местам). Если на участке в расчетном периоде должна быть изготовлена не одна, а несколько партий изделий, то тогда партии будут обрабатываться параллельно друг другу (рис. 11.2). Очевидно, что наложение различного по длительности времени обработки партий на операциях в общем случае будет приводить к возникновению простоев рабочих мест или, наоборот, - пролеживания партий перед началом их обработки ввиду занятости рабочих мест обработкой предыдущих партий. Суммарное время обработки партий изделий на ПЗУ, или так называемая совокупная длительность цикла $T_{\text{цп}}$, зависит, таким образом, от времени простоев и пролеживания и может быть определена путем построения графической либо аналитической модели процесса обработки. Из приведенных выше рассуждений следует, что:

а) в общем случае невозможно довести загрузку всех рабочих мест на ПЗУ до 100%;

б) коэффициенты загрузки рабочих мест зависят от организации процесса обработки партий на ПЗУ.

Исходные данные, используемые как для аналитического, так и для графического расчета $T_{\text{цп}}$, сводятся в матрицу длительностей обработки партий деталей на операциях, т. е. в матрицу следующего вида:

$$|T_{ij}|_{\substack{j=1, \dots, K_{\text{оп}} \\ i=1, \dots, K_{\text{д}}}} = \left| \frac{100 t_{\text{шк}}^j n_i}{q_{\text{пр}}^j p_{\text{в}}^j} \right|_{\substack{j=1, \dots, K_{\text{оп}} \\ i=1, \dots, K_{\text{д}}}}$$

Рассмотрим сначала аналитический метод расчета. Он называется еще *цепным методом*.

Шаг 1. Строки исходной матрицы расставляются в порядке запуска соответствующих им партий в обработку.

Шаг 2. Строится матрица оценок $|\tau_{ij}|_{\substack{j=1, \dots, K_{\text{оп}} \\ i=1, \dots, K_{\text{д}}}}$ той же размерности, что и исходная, где номера i соответствуют новой нумерации строк; строится она по следующим правилам:

$\tau_{11} = t_{11}n_1$ (первый элемент);

$\tau_{ij} = \tau_{i,j-1} + t_{ij}n_i; j = 2, \dots, K_{\text{оп}}$ (первая строка, начиная со второго элемента);

$\tau_{i1} = \tau_{i-1,1} + t_{i1}n_i; i = 2, \dots, K_{\text{д}}$ (первый столбец, начиная со второго элемента);

$\tau_{ij} = \max\{\tau_{i-1,j}; \tau_{i,j-1}\} + t_{ij}n_i; i = 2, \dots, K_{\text{д}}; j = 2, \dots, K_{\text{оп}}$ (все остальные элементы).

Шаг 3. Для данной последовательности $T_{\text{цп}} = iK_{\text{д}}K_{\text{оп}}$ (последний элемент матрицы).

Пример 11.2

Используя данные примера 11.1, построим исходную матрицу для определения совокупной длительности цикла обработки партий. Расчет ее элементов показан на примере T_{11} и T_{55} :

$$T_{11} = \frac{0,1 \times 200}{1,08 \times 1} = 18,52 \text{ ч}; T_{55} = \frac{0,4 \times 150}{1,01 \times 2} = 29,70 \text{ ч.}$$

Полученная матрица приведена в табл. 11.4.

Таблица 11.4

Деталь	Операции				
	1	2	3	4	5
A	18,52	19,42	0	19,05	19,80
B	7,41	11,65	16,82	0	0
C	22,22	8,74	22,42	11,43	2,97
D	2,77	6,55	0	8,57	3,71
E	13,88	21,84	21,03	0	29,70

Расчет $T_{\text{ци}}$ цепным методом для последовательности D—B—E—A—C показан в табл. 11.5. Здесь каждая клетка матрицы имеет структуру T_{ij} / τ_{ij} . Для упрощения расчетов значения T_{ij} округлены до ближайшего большего целого числа. Для последовательности E—A—C—B—D расчет $T_{\text{ци}}$ выполнен путем построения графической модели процесса обработки партий деталей (рис. 11.2). Отсюда $T_{\text{ци}} = 118$ ч.

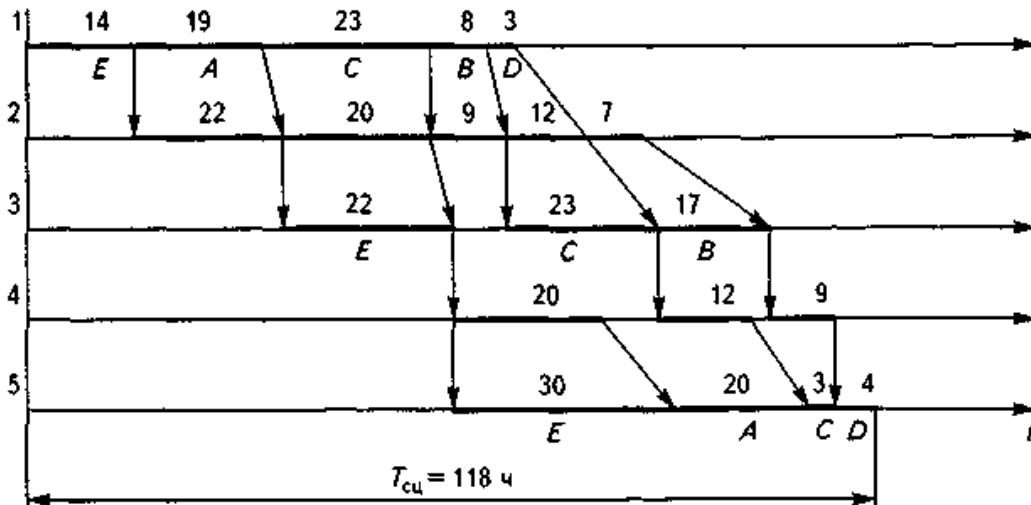


Рис. 11.2 График обработки партий деталей на ПЗУ в последовательности E-A-C-B-D

Таблица 11.5

	Операции				
	1	2	3	4	5
D	3/3	7/10	0/10	9/19	4/23
B	8/11	12/23	17/40	0/40	0/40
E	14/25	22/47	22/69	0/69	30/99
A	19/44	20/67	0/69	20/89	20/119
C	23/67	9/76	23/99	12/111	3/122

Расчеты дают разное совокупное время цикла для разной последовательности запуска партий деталей в обработку. Действительно, при заданном времени выполнения детали-операций, принятом числе рабочих мест, известных размерах партий запуска, установленных сходных технологических маршрутах и выполненном закреплении операций за рабочими местами совокупная длительность цикла обработки может зависеть лишь от такого фактора, как порядок запуска партий в обработку. Для повышения уровня поточности и ритмичности работы участка необходимо соблюдать одинаковую последовательность обработки деталей на всех рабочих местах. Число вариантов последовательности запуска и обработки предметов на рабочих местах может быть большим и рассчитывается таким образом:

$$I_3 = K_d! = 1 \times 2 \times 3 \times \dots \times K_d,$$

где K_d — число наименований предметов производства, закрепленных за участком.

С учетом вышесказанного, можно поставить задачу нахождения такой последовательности, которая бы минимизировала T (далее будем называть ее оптимальной). Доказано, что для оптимальной последовательности наименьшими являются и простой оборудования, и пролеживание партий в ожидании обработки. Определение оптимального порядка запуска партий деталей в обработку на ПЗУ в общем случае относится к задачам оперативного планирования производства, тем не менее ее целесообразно рассмотреть здесь в непосредственной связи с решением задач организации работы ПЗУ.

11.4. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАПУСКА ПАРТИЙ ДЕТАЛЕЙ В ОБРАБОТКУ

В описываемой ситуации управляющим (изменяемым) параметром является порядок запуска партий деталей в обработку, а функцией — совокупное время обработки на участке всех партий $T_{\text{ци}}$, которое следует минимизировать. Простой и точный способ отыскания оптимального порядка запуска партий деталей в обработку по критерию $T_{\text{ци}} \Rightarrow \min$ существует только для двухоперационных ПЗУ. Он предложен английским ученым С. М. Джонсоном в 1954 г. Для трехоперационных ПЗУ также имеется точный метод, однако он очень сложен (Р. Беллман, 1957). Для многооперационных ПЗУ ($K > 3$) доказано, что точного метода вообще не существует. Для них разработано большое число приближенных методов, среди которых общеизвестны методы, предложенные учеными С. А. Соколицыным и В. А. Петровым.

Приближенные методы позволяют множество вариантов порядка запуска свести к нескольким вариантам, среди которых с большой долей вероятности находится оптимальный. Наиболее простым и распространенным из них является метод Петрова-Соколицына (1951). Лучшие результаты (вероятность отыскания оптимума - до 90%) дает метод Петрова, разработанный позднее. Постановка задачи оптимизации запуска партий деталей в обработку предполагает также, что время переналадки оборудования с одной партии на другую невели-

ко и примерно одинаково. Если это допущение не выполняется, то указанные методы не работают.

Метод Джонсона. Так как метод применяется только для двухоперационных участков, исходная матрица времени обработки партий $|T_{ij}|_{i=1, \dots, K, j=1, 2}$ имеет всего два столбца. Алгоритм нахождения оптимальной последовательности запуска - итерационный, каждая итерация включает два шага.

Шаг 1. В матрице времени обработки отыскивается минимальный элемент. Если минимум достигается в первом столбце, то соответствующую ему (по строке) партию деталей следует запускать в обработку первой (последующей). Если во втором столбце, то партию следует обрабатывать последней (предыдущей). Строка, где найден минимум, из дальнейшего рассмотрения исключается (вычеркивается).

Шаг 2. Если в матрице остались невычеркнутые строки, то необходимо перейти к шагу 1.

Пример 11.3

Работу алгоритма рассмотрим, используя данные табл. 11.6 (в таблице выделены найденные минимумы). Получены две оптимальные последовательности: E-B-D-A-C-F и E-D-B-A-C-F. Проверим равенство $T_{сц}$ для них построением графических моделей (рис. 11.3 и 11.4).

Таблица 116

Деталь	Время обработки партии по операциям, часов	
	1	2
A	[2,3]	6,1
B	[1,2]	2,2
C	4,8	[1,0]
D	[1,2]	5,7
E	[0,8]	4,3
F	9,2	[0,6]

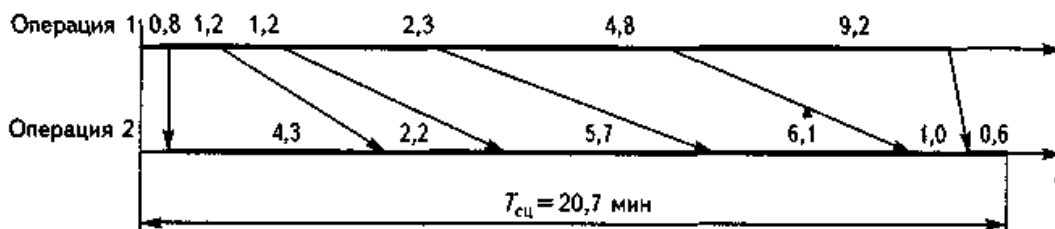


Рис. 11.3. График обработки партий деталей на ПЗУ в последовательности E-B-D-A-C-F

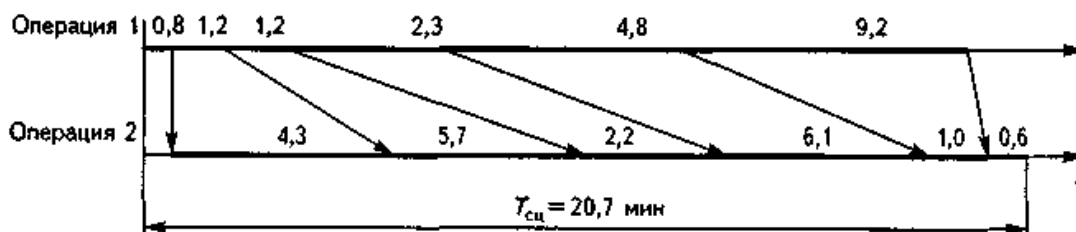


Рис. 11.4. График обработки партий деталей на ПЗУ в последовательности E-D-B-A-C-F

Если элементы одной строки одинаковы или в столбце несколько одинаковых элементов, то порядок их включения в план произволен, а в результате получается соответствующее число оптимальных последовательностей.

Метод Петрова — Соколицына. Исходная матрица та же, что и в методе Джонсона, но снято ограничение на число операций (столбцов). Алгоритм предполагает расчет двух промежуточных сумм и их разности. Затем определяется несколько последовательностей запуска партий в обработку по следующим правилам:

- 1) в порядке убывания первой суммы

$$\sum_{j=2}^{K_{\text{оп}}} T_{ij};$$

- 2) в порядке возрастания второй суммы $\sum_{j=1}^{K_{\text{оп}}-1} T_{ij};$

- 3) в порядке убывания разности $\sum_{j=2}^{K_{\text{оп}}} T_{ij} - \sum_{j=1}^{K_{\text{оп}}-1} T_{ij};$

- 4) в порядке убывания абсолютной величины этой разности.

Таким образом, множество вариантов запуска партий в обработку сводится к четырем вариантам, среди которых, скорее всего, и находится оптимальный. Если среди упорядочиваемых элементов находятся одинаковые, то число вариантов возрастает. Поиск лучшего варианта из отобранных производится прямым перебором. С этой целью для каждой последовательности запуска должно быть найдено время $T_{\text{сц}}$ и произведен выбор последовательности, минимизирующей эту величину. Оптимальных последовательностей может быть несколько с равными значениями $T_{\text{сц}}$.

Пример 11.4

Используя данные примера 11.1, рассчитаем матрицу вспомогательных сумм для метода Петрова—Соколицына (табл. 11.7). Для удобства здесь же повторена исходная таблица

Таблица 11. 7

Деталь	Операции					Вспомогательные суммы			
	1	2	3	4	5	T_{1i}	T_{2i}	T_{3i}	T_{4i}
A	18,52	19,42	0	19,05	19,80	58,27	56,99	1,28	1,28
B	7,41	11,65	16,82	0	0	28,47	35,88	-7,41	7,41
C	22,22	8,74	22,42	11,43	2,97	45,56	64,81	-19,25	19,25
D	2,77	6,55	0	8,57	3,71	18,83	17,89	0,94	0,94
E	13,88	21,84	21,03	0	29,70	72,87	56,75	15,82	15,82

Согласно четырем правилам метода, партии деталей запускаются в обработку:

- 1) в порядке убывания суммы T_{1i} , т. е. в последовательности E—A—C—B—D;

- 2) в порядке возрастания суммы T_{2i} , т. е. D—B—E—A—C;

- 3) в порядке убывания разности T_{3i} , т. е. E—A—D—B—C;

- 4) в порядке убывания разности T_{4i} , т. е. C—E—B—A—D.

Для выбора лучшей последовательности из четырех полученных необходимо рассчи-

тать для них $T_{\text{сц}}$ и выбрать ту, которая имеет минимальное значение этой величины. Сделать это можно, как уже отмечалось, путем построения графических или аналитических моделей процессов обработки. График для последовательности E-A-C-B-D показан на рис. 11.2. $T_{\text{сц}}=118$ ч Цепным методом в табл. 11.5 рассчитано значение $T_{\text{сц}}=122$ ч Для последовательности D-B-E-A-C. Для последовательности E-A-D- B-C время $T_{\text{сц}}=130$ ч; для C-E-B-A-D время $T_{\text{сц}}=142$ ч. Таким образом, лучшим является вариант E—A—C-B-D.

Контрольные задания

1. Дайте полную характеристику предметно-замкнутых участков, укажите их преимущества и недостатки, области применения.
2. Укажите все возможные технологические маршруты, если на участке выполняется следующая последовательность операций:
 - а) фрезерная-токарная-круглошлифовальная;
 - б) разметочная-сверлильная-фрезерная-резьбонарезная.
3. Укажите все возможные варианты порядка запуска партий в обработку на ПЗУ, если за участком закреплены следующие типоразмеры деталей (обозначены латинскими буквами): а) A, B, C; б) A, B, C, D.
4. Оптимизируйте порядок запуска партий деталей в обработку на ПЗУ методом Джонсона для исходных данных, представленных в табл. 11.8. Постройте график (графики) оптимальной последовательности запуска.

Таблица 11.8

Типоразмер детали	Штучное время обработки детали на операциях 1 и 2, мин		Размер партии деталей, шт.
	1	2	
A	31	11	100
B	16	19	150
C	24	2	60
D	10	5	100
E	3	13	200

5. Оптимизируйте порядок запуска партий деталей в обработку методом Петрова—Соколицына для наборов данных, приведенных в табл. 11.9 и 11.10.

Таблица 11.9

Типоразмер детали	Штучное время обработки детали на операциях 1-4, мин				Размер партии деталей, шт
	1	2	3	4	
A	6	-	-	6	100
B	4	3	5	-	60
C	-	-	4	9	100
D	3	7	3	1	60
E	4	-	2	1	50
Число рабочих мест	2	1	3	2	

Таблица 11.10

Типоразмер детали	Норма штучного времени обработки детали на операциях 1-5, нормо-часов/шт.					Размер партии деталей, шт.
	1	2	3	4	5	
<i>A</i>	1,2	0,3	-	-	1,3	12
<i>B</i>	-	0,5	-	0,2	0,7	20
<i>C</i>	-	0,1	1,1	0,6	0,9	24
<i>D</i>	1,6	0,4	1,4	-	-	6
<i>E</i>	0,8	-	-	0,4	-	30
<i>F</i>	0,6	-	0,5	0,8	0,9	30
Число рабочих мест	3	1	2	1	2	
Выполнение норм, %	104	101	104	103	100	

б. Предметно-замкнутый участок работает в две смены. Плановый период — один месяц (19 рабочих дней). На участке выполняются три операции. Производственная программа участка на планируемый период включает четыре типоразмера деталей. Планируются четыре запуска партий деталей в обработку. Плановая загрузка оборудования — 85%. Определите число рабочих мест, необходимых для выполнения производственной программы, их реальную загрузку, а также оптимальный порядок запуска партий в обработку методом Петрова—Соколицына. Исходные данные для расчета сведены в табл. 11.11.

Таблица 11.11

Типоразмер детали	Норма штучного времени обработки детали на операциях 1-3, нормо-минут/шт.			Программа, шт /мес
	1	2	3	
<i>A</i>	6,1	4,6	9,9	900
<i>B</i>	0	7,4	4,9	1080
<i>C</i>	2,8	0	3,2	1320
<i>D</i>	7,1	9,2	8,5	600
Выполнение норм, %	106	102	108	

ГЛАВА 12. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОТОЧНЫМИ МЕТОДАМИ

12.1. ПОНЯТИЕ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВИДЫ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Выбор предприятием на некоторый период времени стратегии процесса производства одного или нескольких изделий (составных частей изделий), ориентированной на продукт, дает ему возможность строить процессы, в полной мере отвечающие принципам рациональной организации производства. Речь идет об обеспечении непрерывного, прямого, ритмичного прохождения материальных потоков. Такое производство традиционно называют поточным производством.

Поточное производство — это форма организации производства, основанная на ритмичной повторяемости согласованных во времени технологических операций, выполняемых на специализированных рабочих местах, расположенных по ходу следования технологического процесса изготовления одного или нескольких изделий. Применение поточных методов обеспечивает высокую степень организации, а следовательно, и эффективности производства. Однако обратной стороной названных преимуществ является жесткая детерминированность подобных производственных структур, резко ограничивающая их гибкость. Поэтому область применения поточных линий всегда была достаточно узкой, ограничиваясь массовым или крупносерийным выпуском продукции. В то же время очевидные преимущества поточного производства заставляют ученых и практиков всего мира искать технические и организационные пути расширения областей его использования. Самыми заметными вехами на этом пути явились разработка *методов групповой обработки деталей* (С. П. Митрофанов, 1955), создание и внедрение в практику японским автосборочным концерном Toyota *концепции гибких потоков*, разработка и использование систем CAD/CAM. Предпосылками организации поточного производства являются:

- устойчивый спрос на продукцию на достаточно длительную перспективу;
- наличие в программе выпуска, согласованной с маркетинговой стратегией предприятия, достаточного количества изделий, имеющих одинаковые или сходные по конструктивно-технологическим и организационно-плановым признакам компоненты (унифицированные элементы, модули);
- наличие в конструкциях разных поколений одного изделия достаточного количества одинаковых или сходных компонентов (признак конструктивной преемственности изделий), что позволяет осуществлять их производство на постоянной технической базе без ее частого существенного изменения;
- наличие на предприятии развитой компьютерной базы данных, содержащей информацию конструкторского, технологического и организационно-

планового характера.

Основным структурным элементом поточного производства является *поточная линия* (ПЛ), которая представляет собой совокупность рабочих мест, оснащенных всем необходимым для выполнения операций и расположенных строго по ходу технологического процесса. Обычно в зависимости от имеющихся площадей планировка поточных линий может иметь различную конфигурацию: прямолинейную, круговую, П-, Г-, U-образную и т. д. При этом исходят из соображений наиболее рационального использования производственных площадей и объемов зданий, сокращения протяженности маршрутов движения транспортных средств и перемещения рабочих, обслуживающих несколько единиц оборудования или операций. В этом состоит проявление принципа *прямоточности*. Принцип *ритмичности* проявляется в ритмичном выпуске продукции с поточных линий и в ритмичном повторении работ на рабочих местах. На каждом рабочем месте ПЛ выполняется одна постоянно повторяющаяся операция или несколько сходных операций, чередующихся через определенные интервалы времени. Ритм является основополагающим параметром при расчете всех видов поточных линий.

Классификация поточных линий основывается на различиях в реализации двух других принципов рациональной организации производства: *специализации* и *непрерывности*. Узкая специализация рабочих мест, ориентация на выпуск одного вида продукции, полная невозможность или высокая сложность переналадки — признаки *однопредметных потоков*; непрерывное перемещение изделий по рабочим местам в рамках параллельного вида их движения по операциям — признак *непрерывных линий*.

Многopредметные потоки допускают переналадку в определенных пределах. *Прерывные линии* строятся на основе использования параллельно-последовательного вида движения изделий по операциям, тем самым допускается пролеживание деталей и заготовок и формирование запасов (заделов) на рабочих местах. Прерывно-поточные линии часто называют *прямоточными*. Классификация по-точныхлиний приведена на рис. 12.1.

Таким образом, по двум названным признакам классификации можно выделить четыре разновидности линий:

- 1) однопредметные непрерывные поточные линии (ОНПЛ);
- 2) многopредметные непрерывные поточные линии (МНПЛ);
- 3) однопредметные прерывные поточные линии (ОППЛ);
- 4) многopредметные прерывные поточные линии (МППЛ);

Характер перемещения изделий на линии также оказывает существенное влияние на организацию потоков. *Принудительное движение* означает наличие единого транспортного средства для перемещения деталей и заготовок между всеми рабочими местами линии — *конвейера*, работающего в жестком, заранее заданном режиме, определяемом ритмом линии.

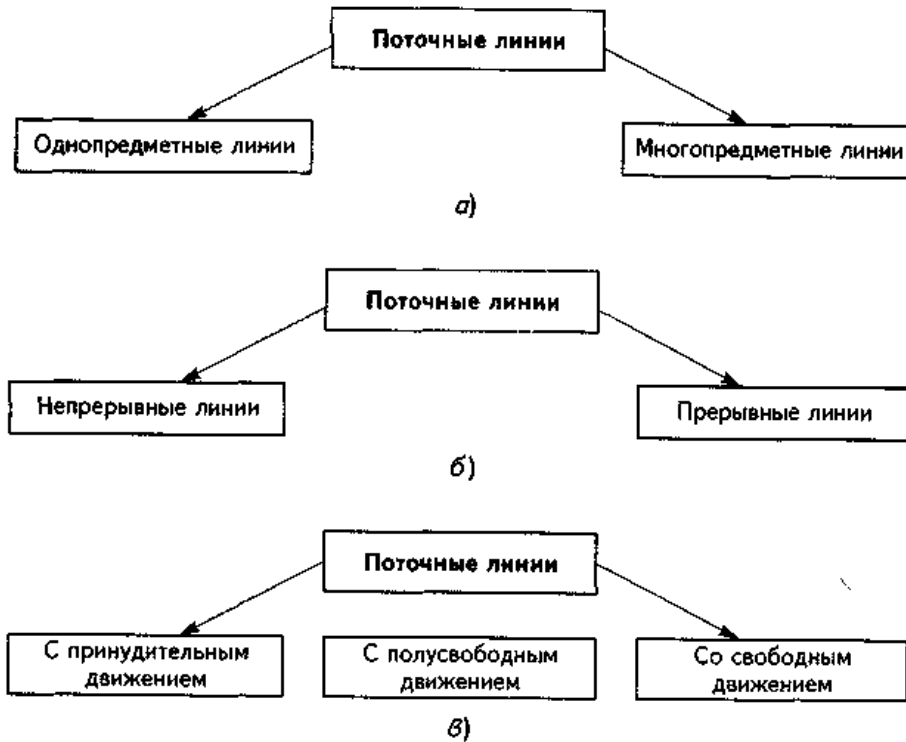


Рис. 12.1. Классификация поточных линий:

а - по числу предметов производства, изготавливаемых на потоке; б - по степени непрерывности движения предметов на потоке; в - по характеру перемещения предметов на потоке

Полусвободное движение — наличие конвейера, управляемого человеком (мастером, бригадиром). Ритм в этом случае может поддерживаться с помощью сигнализации или задаваться работой первого рабочего места линии.

Свободное движение — отсутствие конвейера и применение для транспортировки изделий механических средств (тележек, скатов, гравитационных лотков, рольгангов и пр.), ручной передачи легких изделий при близком расположении рабочих мест. Здесь возможна также организация «стационарного потока», на котором тяжелая и громоздкая продукция (самолеты, станки) остается неподвижной на специально оборудованных местах (стапелях, стендах, стройплощадках и т. д.), где по очереди, сменяя друг друга, над ней производят операции специализированные бригады рабочих. Число объектов, одновременно находящихся в обслуживании бригад, равно числу бригад. Синхронизация обеспечивается путем закрепления за бригадами комплексов операций с продолжительностью, равной или кратной ритму потока (по аналогии с подбором соответствующего числа параллельных рабочих мест на операции), а также путем регулирования численности рабочих в бригадах.

В условиях организации поточного производства открываются широкие возможности для *комплексной механизации и автоматизации*. Основная предпосылка этого — узкая специализация рабочих мест и установленного на них технологического оснащения. Постоянство транспортных потоков позволяет также добиться высокого уровня автоматизации транспортных операций. Для межоперационной (на поточной линии), межлинейной (между поточными линиями) и межцеховой (между цехами поточного производства) транспортиров-

ки изделий применяются средства непрерывного (продуктопроводы, конвейеры—ленточные, пластинчатые, цепные и др.) и периодического транспорта (мостовые краны, лифты, тельферы, электрокары), в том числе роботизированного (роботы-загрузчики, роботы-штабелеры, робокары).

В заключение сформулируем основные преимущества поточного производства:

- *повышение производительности труда*, что является результатом механизации и автоматизации операций (включая транспортные), внедрения эффективных технологий и специальных быстродействующих средств технологического оснащения, оптимальной планировки рабочих мест, приобретения рабочими навыков выполнения повторяющихся операций;

- *сокращение длительности производственного цикла*, что становится возможным в результате специализации рабочих мест, бесперебойного их обслуживания в соответствии с ритмом, устранения перерывов в движении изделий по рабочим местам, сокращения расстояния и времени их транспортировки, запараллеливания процессов и совмещения операций;

- *уменьшение заделов незавершенного производства и ускорение оборачиваемости оборотных средств* в результате сокращения длительности производственного цикла;

- *повышение качества продукции*, снижение брака как результат улучшения технологической и трудовой дисциплины, применения регламентированного специализированного обслуживания рабочих мест, технического обслуживания и ремонта оборудования, стандартизации и контроля качества продукции;

- *снижение себестоимости продукции*, что является результатом всего комплекса мер по рациональной организации производственного процесса и сокращению затрат всех видов ресурсов.

12.2. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОДНОПРЕДМЕТНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Непрерывно-поточные линии (НПЛ) — это поточные линии, в которых обеспечивается непрерывное движение предметов по операциям технологического процесса (т. е. движение без межоперационного пролеживания) при непрерывной работе рабочих и оборудования на рабочих местах (т. е. работа без простоев). Одно-предметные непрерывные поточные линии создаются для изготовления в течение длительного периода времени одних и тех же изделий с использованием их параллельного движения по операциям (рабочим местам). При этом задача производственного менеджера — максимально использовать преимущества и исключить недостатки параллельного движения применительно к конкретным производственным условиям: режиму работы линии, производственному заданию, конструкции, размерам и другим характеристикам изделий, параметрам технологического процесса, конфигурации производственных помещений, оснащению рабочих мест и т. п.

Преимуществами параллельного движения, переносимыми на ОНПЛ, яв-

ляются непрерывное перемещение изделий по операциям технологического процесса, т. е. движение без межоперационного пролеживания и высокая степень параллельности всех процессов, приводящие к сокращению сроков изготовления изделий и минимизации объемов незавершенного производства. Один из недостатков параллельного движения — поштучная передача (передача мелкими транспортными партиями) предметов труда одновременно между всеми рабочими местами - обычно устраняется путем применения на ОНПЛ различных видов конвейера. Второй недостаток — наличие перерывов на рабочих местах — требует применения специальных методов *синхронизации* операций на линии.

Синхронизация, используя принцип *пропорциональности*, предполагает уравнивание продолжительности всех операций с ритмом линии. Тем самым достигается полная и равномерная загрузка рабочих мест линии. Аналитически условие синхронизации записывается следующим образом:

$$t_{\text{пер}}^j = r_{\text{л}} - \frac{t_j}{q_j} \Rightarrow 0; \quad j = 1, \dots, K_{\text{оп}},$$

где $t_{\text{пер}}^j$ — перерыв, возникающий на операции у после обработки каждого изделия;
 t_j — штучное время выполнения j -й операции;
 q_j - число рабочих мест на операции j ;
 $r_{\text{л}}$ — ритм линии.

Отсюда расчетное число рабочих мест на операции q_j определяется так:

$$q_j = \frac{t_j}{r_{\text{л}}}; \quad j = 1, \dots, K_{\text{оп}}.$$

Принятое число рабочих мест $q_j^{\text{пр}}$ определяется округлением q_j до ближайшего большего целого числа. Таким образом, процесс обеспечения равенства или кратности длительности всех операций ритму поточной линии является сутью синхронизации. При этом обеспечивается уравнивание производительности по всем операциям потока.

Различают предварительную (при проектировании поточных линий) и окончательную синхронизацию (при отладке ПЛ в производственных условиях). Предварительная синхронизация допускает отклонение длительности операций от ритма в пределах $\pm 10\%$, которое должно быть устранено в максимально возможной степени при окончательной синхронизации. Способами синхронизации являются:

- разбиение или объединение операций;
- комбинирование различных вариантов порядка выполнения переходов и их перегруппирование в новые операции;
- концентрация операций, совмещение времени выполнения нескольких переходов с использованием агрегированных средств технологического оснащения;
- интенсификация режимов работы;
- совмещение времени машинных и ручных работ;
- рационализация рабочих приемов и пр.

Ритм является основополагающей характеристикой при расчетах любых поточных линий. Он определяется режимом работы линии (числом рабочих

дней, смен, часов, продолжительностью регламентированных перерывов), т. е. фондом времени ее работы Φ и программой выпуска изделий N_B за тот же период: $r_{л} = \Phi/N_B$. В записи условия синхронизации ритм является аналогом *главного времени* при параллельном виде движения.

Рассмотрим конкретные методы организации работы однопредметных непрерывно-поточных линий. Они заметно различаются в зависимости от типа конвейера, которым оснащена линия. Классификация конвейерных линий представлена на рис. 12.2.



Рис. 12.2. Классификация видов конвейера

12.2.1. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНИЙ, ОСНАЩЕННЫХ РАБОЧИМИ КОНВЕЙЕРАМИ

К поточным линиям с принудительным поддержанием ритма относятся те, на которых передача предметов с операции на операцию (от одного рабочего места к другому) осуществляется при помощи единого для всех операций транспортного средства, приводимого в движение каким-либо двигателем. К таким транспортным средствам относятся конвейеры различных видов. Рабочие конвейеры, как правило, применяются на линиях, на которых не используется стационарное технологическое оборудование и преобладающим является ручной труд.

Рабочие непрерывные конвейеры. Такие конвейеры используются преимущественно на линиях, где выполняются несложные в технологическом отношении операции с небольшим ритмом выпуска изделий. Три главные характеристики рабочего непрерывного конвейера связаны соотношением:

$$V_K = l_k / r_{л},$$

где V_K — скорость ленты;

l_k - шаг конвейера, т. е. расстояние между осями смежных изделий да линии.

Если шаг конвейера показывает расстояние между осями смежных транспортных партий, то и в знаменателе формулы должен стоять временной интервал между соседними партиями, т. е. $R_{тр}$ - ритм транспортной партии:

$$V_K = 1_K / R_{тр} = I_K / r_{л} n_{тр}$$

Практически скорость конвейеров колеблется в пределах от 0,1 до 4,0 м/мин. Три более высоких скоростях работа на конвейере неудобна или же небезопасна.

При работе с относительно небольшими изделиями и малой скорости конвейера рабочий может находиться на одном месте и выполнять операцию, перемещая руки вместе с лентой во время нахождения изделия в отведенной для этого *рабочей зоне*. Длина рабочей зоны строго ограничена антропометрическими характеристиками (длина рук, наклон туловища и т. п.). За одной операцией всегда закрепляется одно рабочее место, т. е. $q_j = 1$. Нетрудно заметить, что при полной синхронизации операций, когда перерывов в работе рабочих нет и $t_j = r_{л}$, должно выполняться условие $l_{пз} = l_k$, где $l_{пз}$ — протяженность рабочей зоны вдоль оси конвейера. Другими словами, когда рабочий закончит работу в конце своей рабочей зоны и перенесет руки обратно в ее начало (считается, что перенос (выполняется мгновенно), там уже должно находиться следующее изделие.

В рабочей зоне можно выделить три части: основную и две резервные — в начале и конце зоны. Время выполнения операции есть величина случайная, колеблющаяся около своего среднего значения. Затрачивая на выполнение операции среднее время, рабочий может работать в основной, наиболее удобной части зоны, а во время нахождения изделия в резервных зонах — может отдыхать. Но при отклонении времени от среднего значения в сторону увеличения он должен успеть выполнить операцию, используя для этого резервные части зоны. Суммарная протяженность резервной зоны вдоль оси конвейера определяется по формуле $l_{рез} = (t_j^{max} - t_j) V_K$, где t_j^{max} — максимально допустимая фактическая продолжительность выполнения данной операции.

Рабочие могут находиться у ленты конвейера на расстоянии друг от друга не меньшем, чем длина рабочей зоны. Расстояние между осями смежных рабочих мест называется *шагом рабочих мест конвейера* — $l_{рм}$. Тогда справедливо соотношение $l_{рм} > l_{пз} = l_k$. Выбор минимально возможного значения $l_{рм}$, с одной стороны, рационален, так как уменьшает *общую длину рабочей части конвейера* $L_K = l_{рм} K_{оп}$ до величины $L_K = l_{пз} K_{оп}$, но с другой стороны, может не обеспечивать удобства планировки рабочих мест и размещения всех предметов их оснащения. Простейшее решение этой проблемы - вынос каждого второго рабочего места на противоположную сторону ленты, т. е. расположение их в «шахматном порядке». Это не увеличивает шага рабочих мест, но в два раза расширяет возможности их обустройства.

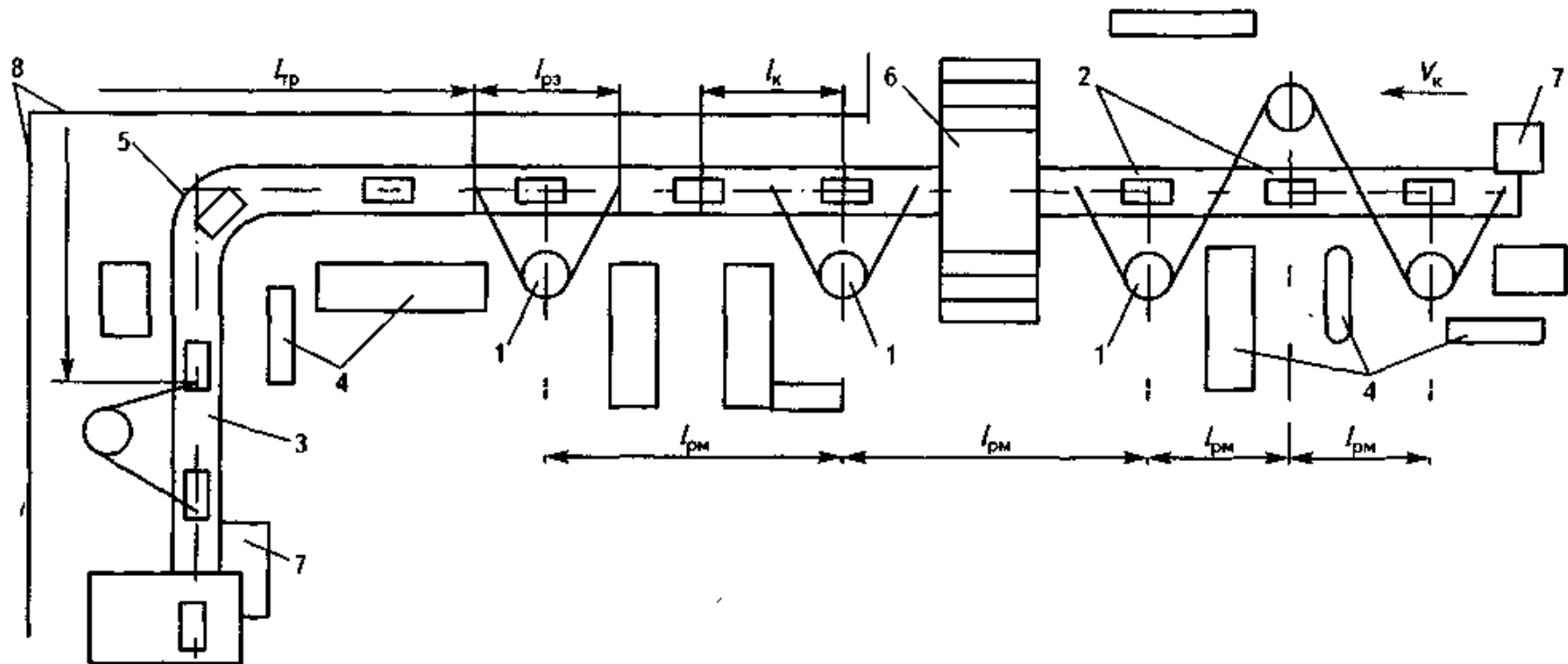


Рис. 12.3. Схема планировки конвейерной линии:

1 - рабочие; 2 - изделия; 3 - лента конвейера; 4 - предметы оснащения рабочих мест; 5 - поворотная секция конвейера; 6 - пешеходный мостик над лентой; 7 - приводные механизмы конвейера; 8 - стена цеха

Если этого недостаточно, то шаг рабочих мест увеличивается за счет введения *транспортных зон* между соседними рабочими зонами, т.е.

$$l_{рм}^{j,j+1} = l_{рз} + l_{тр}^{j,j+1} = l_k + l_{тр}^{j,j+1}; \quad j = 1, 2, \dots, K_{оп} - 1,$$

где $l_{тр}$ — протяженность транспортной зоны между рабочими местами, на которых выполняются j и $j+1$ операции технологического процесса.

Транспортные зоны на конвейере могут также возникать в случае перемещения изделия из одного помещения поточной линии в другое, прохождения неудобных для работы пространств (под пешеходными или автомобильными мостиками и др.). В этом случае общая длина конвейера увеличится до

$$L_k = \sum_{j=1}^{K_{оп}-1} l_{рм}^{j,j+1} + l_{рз} = l_{рз} K_{оп} + \sum_{j=1}^{K_{оп}-1} l_{тр}^{j,j+1}.$$

Однако такое увеличение может быть нежелательно, так как с ростом длины конвейера увеличивается число изделий, находящихся на его ленте $N_k = [L_k/l_k] + 1$, а с ним увеличиваются заделы незавершенного производства, нагрузка на конструкции конвейера и их стоимость, расход двигательной энергии и пр. Чтобы улучшить условия выполнения технологических операций, скорость ленты можно уменьшить за счет уменьшения шага конвейера. При этом уменьшится и длина рабочей зоны, но адекватного ей уменьшения шага рабочих мест ожидать трудно. Следовательно, это приводит к увеличению числа предметов на ленте и к обусловленным этим отрицательным последствиям.

Задача производственного менеджера — найти оптимальное сочетание противоречивых характеристик конвейерной линии. Помогает ему в этом составление схемы пространственной планировки линии (рис. 12.3) и графической модели ее работы (рис. 12.4).

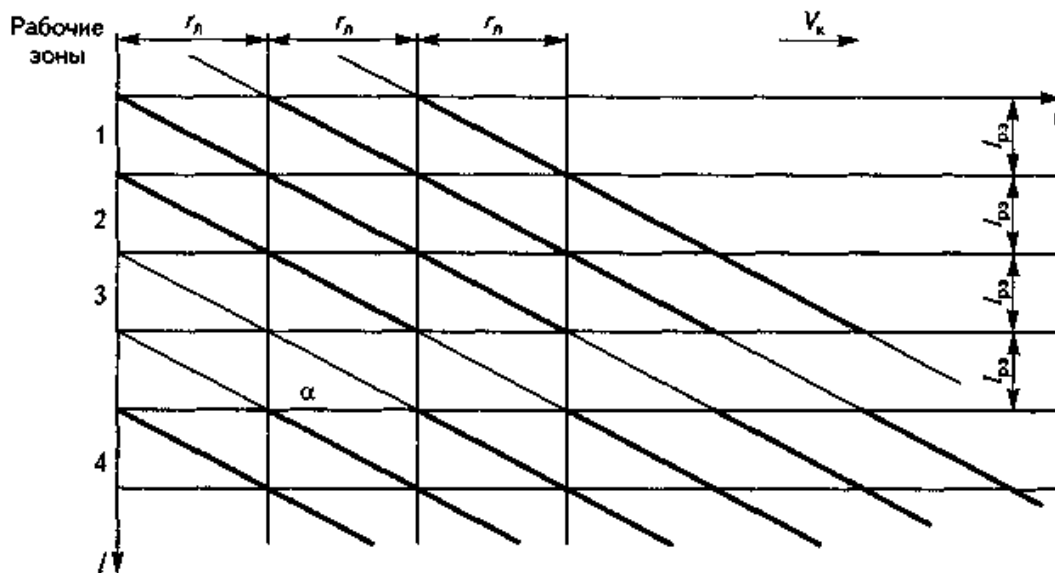


Рис. 12.4. График движения изделий по первым четырем рабочим местам линии:

планировка линии показана на рис. 12.3; ось расстояний на графике для удобства восприятия повернута вниз

Пример 12.1

На ОНПЛ установлен рабочий непрерывный конвейер с шагом 0,6 м. Предметы труда находятся на ленте в кассетах по 6 шт. Шаг рабочих мест переменный. Минимальный шаг равен длине рабочей зоны; протяженность транспортной зоны под пешеходным мостиком $l_{\text{тр}} = l_{\text{рм}}$; длина поворотной секции по оси конвейера $l_{\text{тр}} = 1,1$ м.

Линия работает в две смены, каждый час предусмотрен 6-минутный регламентированный перерыв. Производственное задание на день - 4320 шт. Требуется определить ритм линии, скорость конвейера, общую длину конвейера, число изделий на нем, а также нагрузку на конвейер, если масса кассеты — 420 г и средняя масса одного изготавливаемого изделия — 160 г. Как изменятся характеристики конвейера, если его шаг уменьшить до 0,4 м, не изменяя при этом расположения и планировки рабочих мест?

Решение

Решение всегда начинается с расчета ритма линии:

$$r_{\text{л}} = \frac{\Phi}{N_{\text{р}}} = \frac{2 \times 8 \times 54}{4320} = 0,2 \text{ мин/шт.}$$

Поскольку изделия перемещаются транспортными партиями, для расчета скорости надо использовать ритм партии, а не единицы продукции:

$$V_{\text{к}} = \frac{l_{\text{к}}}{r_{\text{к}} n_{\text{тр}}} = \frac{0,6}{0,2 \times 6} = 0,5 \text{ м/мин.}$$

Для расчета общей длины конвейера не хватает лишь шага последней пары рабочих мест. Он складывается из двух составляющих:

$$l'_{\text{рз}} + l'_{\text{тр}} = l_{\text{к}} + l'_{\text{тр}} = 0,6 + 1,1 = 1,7 \text{ м.}$$

Тогда

$$\begin{aligned} L_{\text{к}} &= \sum_{j=1}^{K_{\text{оп}}-1} l'_{\text{рм}}{}^{j,j+1} + l'_{\text{рз}} = 2l'_{\text{рм}} + 2l'_{\text{рм}} + (l_{\text{к}} + l'_{\text{к}}) = \\ &= 2 \times 0,6 + 2 \times 1,2 + 1,7 + 0,6 = 5,9 \text{ м.} \end{aligned}$$

Число изделий на линии равно:

$$N_{\text{к}} = [(L_{\text{к}} / l_{\text{к}}) + 1] n_{\text{тр}} = [(5,9 / 0,6) + 1] \times 6 = 60 \text{ шт.}$$

Нагрузка на конвейер определяется массой изделий и кассет на ленте и ускорением силы тяжести:

$$P_{\text{к}} = (60 \times 0,16 + 10 \times 0,42) \times 9,8 = 135,24 \text{ Н.}$$

Если шаг уменьшить до 0,4 м при неизменной длине конвейера, количество кассет увеличится и составит $(5,9/0,4) + 1 = 15$ шт., что повлечет за собой возрастание объема незавершенного производства; нагрузка на ленту также возрастет до $15 \times (420 + 6 \times 160) \times 9,8 = 202\,860$ Я; рабочие зоны уменьшатся до 0,4 м; скорость ленты составит $0,4/(0,2 \times 6) = 0,33$ м/мин, т. е. условия выполнения операций улучшатся. Между всеми рабочими зонами на 0,2 м увеличатся (или возникнут) транспортные зоны (рис. 12.5 и 12.6).

При сборке крупных изделий (автомобилей, холодильников и т. п.) рабочие обычно движутся вслед за изделием по своей рабочей зоне. Это практически снимает ограничение на ее протяженность, но требует введения в расчет времени возврата рабочих в начало их рабочей зоны $t_{\text{в}}$. Конвейер за время, равное ритму, перемещает изделие на шаг, а рабочие за то же время должны выполнить операцию в их рабочей зоне и вернуться обратно, т. е. $r_{\text{д}} = t_{\text{г}} + t_{\text{в}}$; $j = 1, \dots, K_{\text{оп}}$.

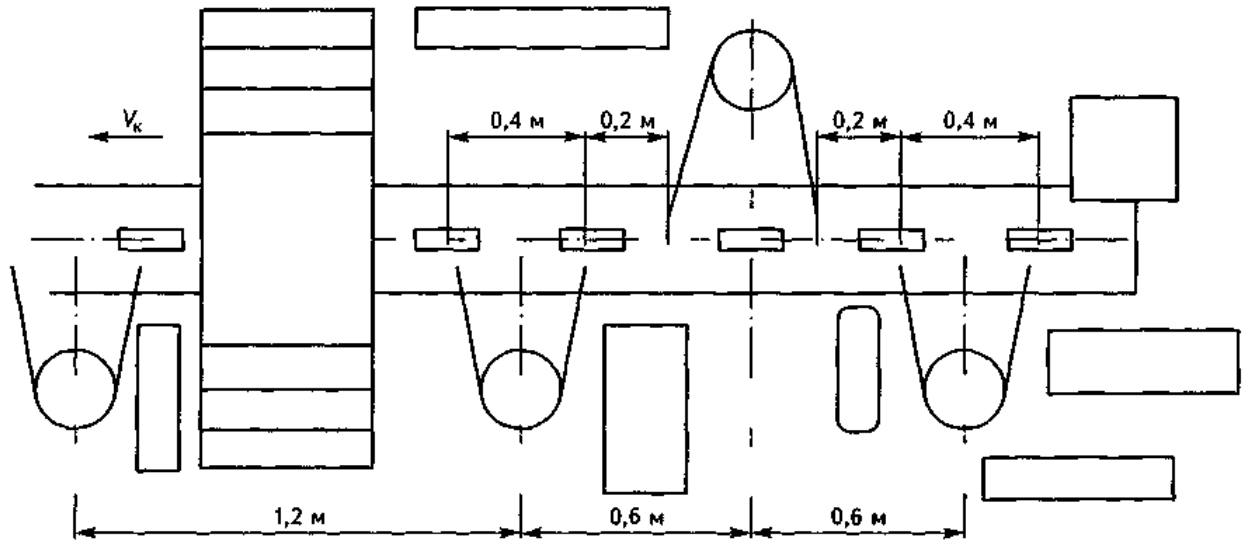


Рис. 12.5. фрагмент схемы конвейерной линии:
планировка линии показана на рис. 12.3; шаг конвейера уменьшен до 0,4 м, шаг рабочих мест не изменился

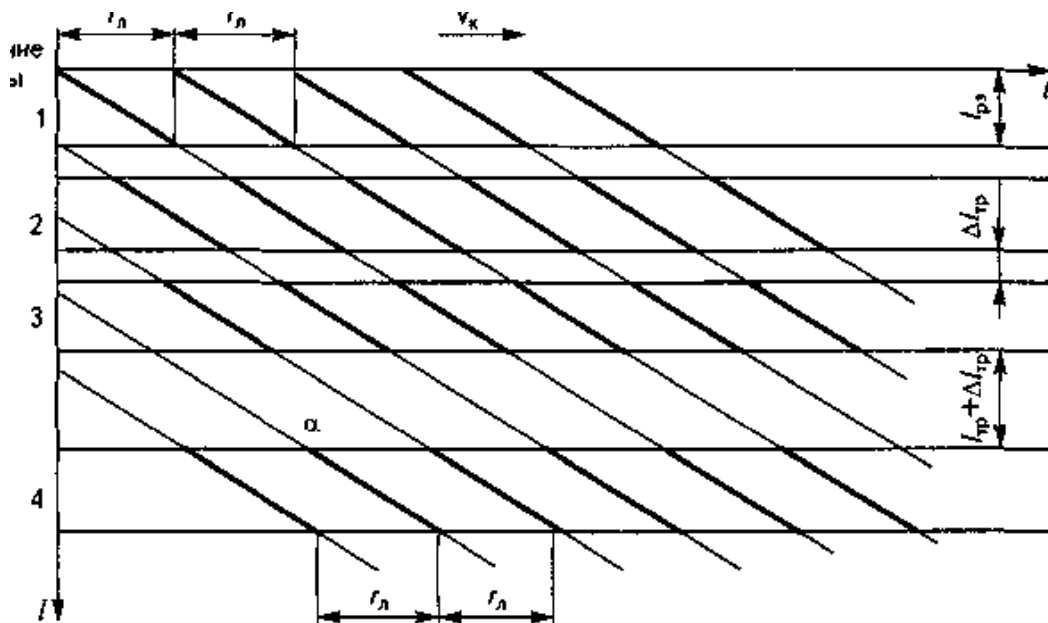


Рис. 12.6. График движения изделий по первым четырем рабочим местам линии: планировка линии показана на рис. 12.5

Из этого следует, что длина рабочей зоны всегда должна быть меньше шага конвейера ($l_{рз} < l_k$) на величину, которую пройдет изделие за время возврата рабочего, т. е. $l_k - l_{рз} = V_k t_B$. При заданных шаге и скорости конвейера нужно найти длину рабочей зоны и зависящее от нее время возврата рабочего. Для решения задачи следует записать второе уравнение и решить систему. Свяжем уравнением величины $l_{рз}$ и t_B :

$$l_{рз} = V_B t_B,$$

где V_B — скорость возврата рабочего.

Тогда $V_k t_B = l_k - V_k t_B$; отсюда $t_B = l_k / (V_B + V_k)$ и $l_{pz} = l_k V_k / (V_B + V_k)$. Анализ этой формулы показывает, что при очень больших скоростях возврата рабочих шаг конвейера оказывается практически равен длине рабочей зоны (как в случае, когда рабочий неподвижен и возвращает в начало зоны лишь руки), а при снижении скорости возврата разница между ними возрастает.

Пример 12.2

Сборочный конвейер автозавода (рабочий с непрерывным движением) работает с ритмом 2,6 мин/шт. Его шаг - 8,5 м. На конвейере выполняется 310 операций. Рабочие, выполняя операции, движутся вслед за конвейером, а затем возвращаются в начало их рабочей зоны со скоростью 3 км/ч. Рабочие зоны разделены транспортными зонами по 1,2 м каждая. Через конвейер организованы шесть проездов шириной 8 м каждый. Требуется найти скорость конвейера, длину рабочих зон, общую длину конвейера, время сборки одной машины и число машин, находящихся в сборке. Может ли рабочий выполнять свою операцию за 2,40 мин; 2,55 мин?

Решение

Определим скорость конвейера:

$$V_k = l_k / r_{л} = 8,5 / 2,6 = 3,27 \text{ м/мин.}$$

Учитывая скорость возврата рабочих $V_B = 3 \text{ км/ч} = 50 \text{ м/мин}$, рассчитаем длину рабочей зоны:

$$l_{pz} = l_k V_B / (V_B + V_k) = 8,5 \times 50 / (50 + 3,27) = 7,98 \text{ м.}$$

Шаг рабочих мест без учета шести проездов составит:

$$l_{pm} = l_{pz} + l_{tp} = 7,98 + 1,2 = 9,18 \text{ м.}$$

Общая длина конвейера равна:

$$L_k = l_{pm} K_{оп} + l_{доп}^{tp} = 9,18 \times 310 + 6 \times 8 = 2893,8 \text{ м.}$$

Число машин в сборке составит:

$$N_k = (L_k / l_k) + 1 = (2893,8 / 8,5) + 1 = 341 \text{ шт.}$$

Время сборки одной машины равно:

$$T_{ц} = L_k / V_k = 2893,8 / 3,27 = 885 \text{ мин} = 14,75 \text{ ч.}$$

Отметим, что при наличии 310 рабочих мест сборщиков на конвейере находится 341 машина. Это значит, что 31 машина перемещается в транспортных зонах. Графическая модель работы такого конвейера представлена на рис. 12.7. Определим нормативное время выполнения операций и время возврата рабочих:

$$t_j = l_{pz} / V_k = 7,98 / 3,27 = 2,44 \text{ мин;}$$

$$t_B = l_{pz} / V_B = 7,98 / 50 = 0,16 \text{ мин,}$$

составляющие в сумме ритм линии 2,6 мин.

Если какой-либо рабочий выполнит свою операцию за 2,4 мин, то он пройдет за это время по рабочей зоне $2,4 \times 3,27 = 7,85 \text{ м}$, которые при возвращении должен будет пройти за $(t_s = 2,6 - 2,4 = 0,2 \text{ мин})$ со скоростью:

$$V_B = 7,85 / 0,2 = 39,25 \text{ м/мин} = 2,35 \text{ км/ч.}$$

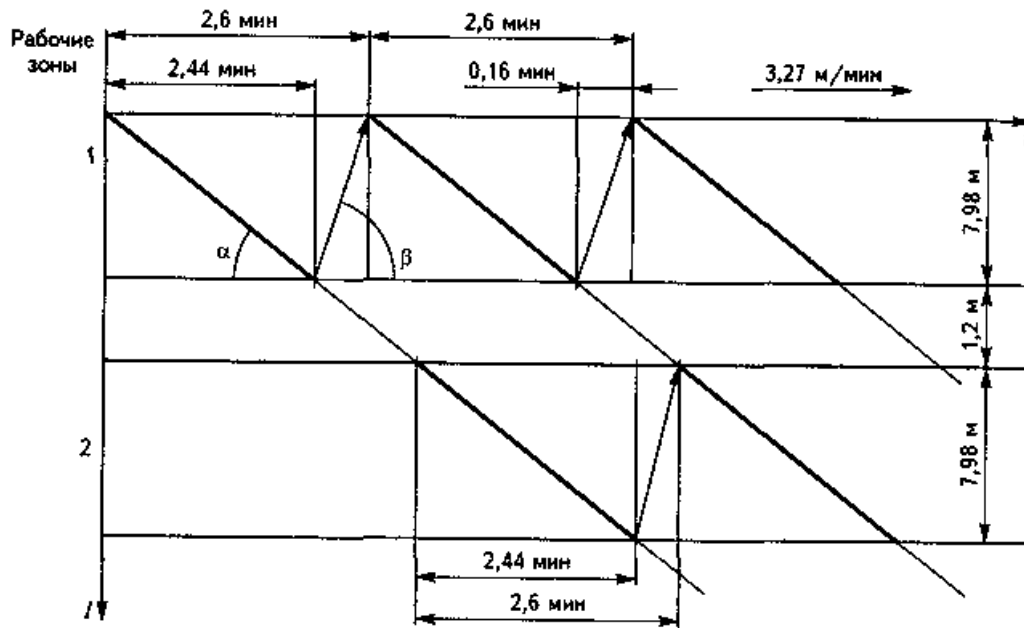


Рис. 12.7. График движения изделий по первым двум рабочим зонам сборочного конвейера: скорость конвейера численно равна $\operatorname{tg} \alpha$, скорость возврата рабочих равна $\operatorname{tg} \beta$

Если время выполнения операции 2,55 мин, аналогичные расчеты дадут следующие результаты: $2,55 \times 3,27 = 8,34$ м, что допустимо, так как не превышает шаг рабочих мест 9,18 м; $t_e = 2,6 - 2,55 = 0,05$ мин = 3 с, что на возврат явно мало; $V_s = 9,18/0,05 = 166,77$ м/мин = 10 км/ч - это скорость хорошего бегуна. Таким образом, увеличение времени выполнения операции с 2,4 мин до 2,55 мин, т. е. на 6%, приводит к уменьшению времени возврата в четыре раза и росту скорости возврата в 4,25 раза.

Рабочие конвейеры с периодическим (пульсирующим) движением.

На таких конвейерах лента во время выполнения технологических операций находится в неподвижном состоянии. По окончании работы изделия перемещаются лентой на один шаг, т. е. проходят путь, равный расстоянию между двумя смежными предметами, после чего лента конвейера опять останавливается. Рабочие конвейеры с пульсирующим движением ленты применяются в тех случаях, когда по условиям технологического процесса изделие должно быть неподвижным или когда установлен высокий ритм изготовления крупных по размерам, сложных и тяжелых изделий. В последнем случае при непрерывном движении ленты скорость конвейера была бы слишком малой.

Будем считать, что пульсация ленты на величину шага конвейера l_k происходит со скоростью $V_{дв}$ за время $e_{дв}$. Три названные характеристики конвейера связаны уже известным соотношением $t_{дв} = l_k/V_{дв}$. Время пульсации входит в состав ритма линии $\tau_l = t_i + t_{дв}$; $j = 1, \dots, K_{оп}$. В это время рабочие простаивают, поэтому понятно стремление свести его к минимуму, для чего можно либо уменьшить шаг конвейера, либо увеличить скорость пульсации. Последнее сопряжено с большими нагрузками на двигатели при разгоне и торможении, а также с возникающими при этом ускорениями, которые могут быть опасны для изделий. Уменьшение шага, как уже отмечалось, также нежелательно.

То, что лента во время выполнения технологических операций непод-

вижна, приводит к исключению понятия «рабочая зона», как оно трактовалось ранее, и всех связанных с этим расчетов. То, что лента всегда продвигается строго на один шаг l_k , приводит к появлению нового требования: шаги рабочих мест должны быть либо равны, либо в целое число раз превышать шаг конвейера. Графическая модель работы такого конвейера представлена на рис. 12.8.

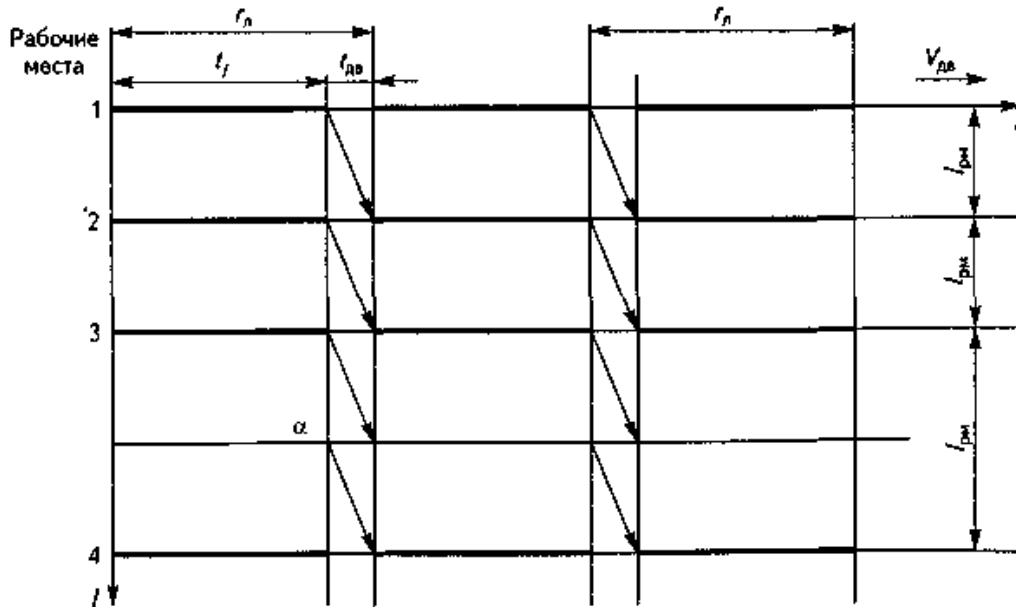


Рис. 12.8. График движения изделий по первым четырем рабочим местам ОНПЛ: линия оснащена рабочим пульсирующим конвейером, скорость пульсации ленты равна $\operatorname{tg} \alpha$

12.2.2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЛИНИЙ, ОСНАЩЕННЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ КОНВЕЙЕРАМИ

Если предметы труда (детали, заготовки и т. д.) для выполнения технологических операций на ОНПЛ снимаются с ленты конвейера и на некоторых операциях имеется по несколько рабочих мест ($q_j \geq 1$; $j = 1, \dots, K_{\text{оп}}$), то такой конвейер называется *распределительным*.

Конвейеры с непрерывным движением и снятием изделий с ленты. Такие конвейеры применяются в большинстве случаев для изготовления продукции, обработка или сборка которой производится с использованием технологического оборудования. Главные отличия расчета распределительных конвейеров от рассмотренных ранее состоят, во-первых, в необходимости учета *времени установки-снятия* изделия t_{yc} при определении ритма линии: $r = t_j + t_{yc}$; $j = 1, \dots, K_{\text{оп}}$. С учетом этого и исходя из условия синхронизации определяется число рабочих мест на операции:

$$q_j = \left[\frac{t_j + t_{yc}}{r_l} \right] + 1.$$

Во-вторых, понятие «рабочая зона» в том смысле, в котором оно трактовалось для рабочих непрерывных конвейеров, теряет смысл, теряют смысл и все сопряженные с ним ограничения. Расчеты скорости конвейера, его общей длины, числа изделий на ленте выполняются теми же способами, что и для рабочих непрерывных конвейеров, но с учетом $q_j \geq 1$. Особый интерес при организации распределительных конвейеров представляет выполнение одной операции на нескольких рабочих местах. В этом случае рабочий, выполняющий длительную операцию, снимает изделия с ленты конвейера и работает с ним, в то время как следующие изделия лента конвейера транспортирует мимо него на следующие рабочие места, где выполняется та же операция (рис. 12.9).

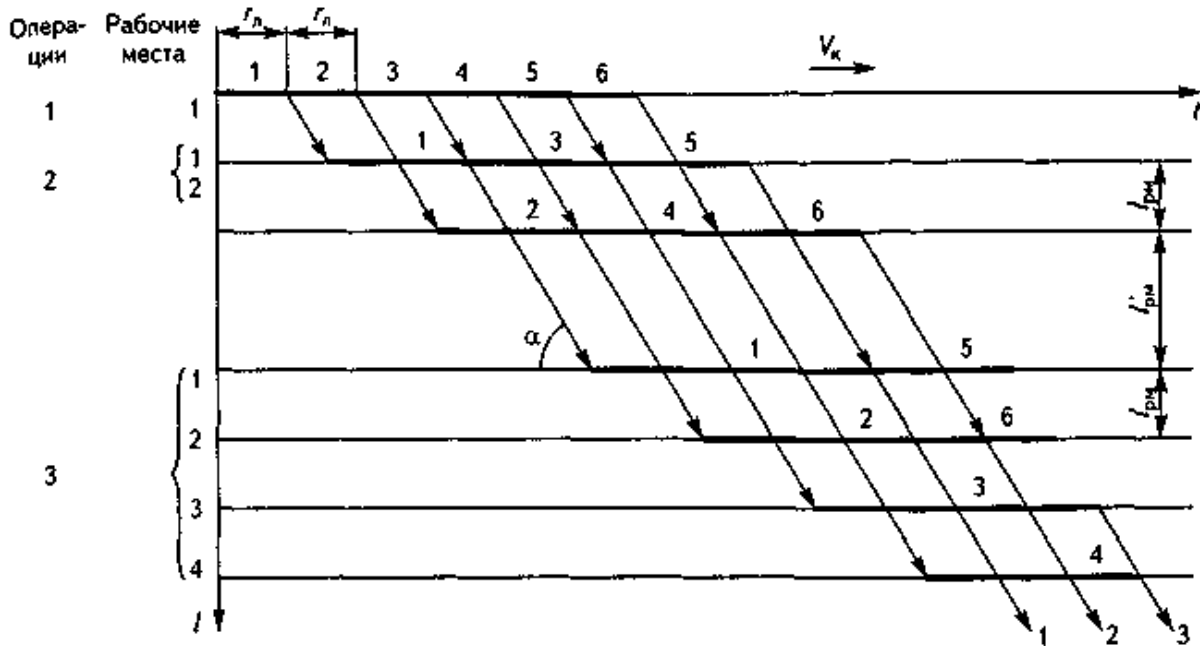


Рис. 12.9. График движения первых шести изделий по первым рабочим местам ОНПЛ: линия оснащена непрерывным распределительным конвейером, скорость конвейера равна $\operatorname{tg} \alpha$; время установки-снятия изделий не выделено из состава штучного времени

Чтобы избежать ошибок в распределении изделий между рабочими, выполняющими одну операцию, вводится разметка ленты (цифровая, буквенная, цветовая и т. п.). Если несколько рабочих мест организовано лишь на одной операции ОНПЛ, то число символов разметки должно быть равно числу рабочих мест на этой операции. Если таких операций несколько, то число символов разметки должно быть равно НОК(q_j). Это число называется *числом периода конвейера* и обозначается Π . Разметка распределительных конвейеров представляет собой обозначение тем или иным способом мест нахождения изделий налейте с заданным шагом конвейера в соответствии с его числом периода. *Период конвейера* T_k — это время, за которое через все операции линии проходит одинаковое число изделий. Он рассчитывается по формуле: $T_k = r_n \Pi$.

Для всех рабочих мест составляется таблица закрепления за ними номеров периода (символов). Информация доводится до рабочих (табл. 12.1). При подходе изделия, находящегося на том номере, который закреплен за соответ-

ствующим рабочим, последний обязан снять его с конвейера и взамен поставить другое, уже прошедшее обработку на данной операции. В случае, если рабочий не успел обработать очередное изделие к моменту поступления следующего, он должен вместо изделия, снимаемого с ленты конвейера, поставить новое из резервного задела, который, как правило, создается на каждом рабочем месте. Если комплект номеров определяется небольшим числом порядковых цифр, не затрудняющим запоминание рабочим закрепляемых за ним номеров, то устанавливается один ряд нумерации делений. При такой разметке распределительный конвейер называют *однорядным*. Когда комплект номеров представляется рядом, состоящим из множества цифр, назначается несколько периодов конвейера с короткими рядами цифр. Каждое деление ленты обозначается несколькими номерами, различающимися по цвету или размещению на ленте. Распределительный конвейер при разметке его в несколько рядов называют *многорядным*.

Распределение изделий по рабочим местам может производиться при помощи различных механических (или основанных на других принципах действия) приспособлений или устройств. В этом случае легко избежать проблем с запоминанием рабочими закрепленных за ними номеров. На замкнутой ленте конвейера количество полных наборов символов разметки должно уложиться целое число раз. Тогда общая длина ленты $L = ml_{кП}$, где m — минимальное целое число. При этом справедливо соотношение:

$$\pi D + 2L_k \leq L,$$

где D — диаметр обводных барабанов.

Пример 12.3

На ОНПЛ обработки деталей установлен непрерывный распределительный конвейер с шагом 0,4 м. На линии выполняются четыре операции со штучным временем: $t = 3,6; 7,8; 1,7; 5,5$ (мин/шт.). Время установки-снятия 0,2 мин. Рабочие места располагаются по обе стороны ленты в шахматном порядке, причем расстояние между местами по одну сторону ленты 2,6 м. Ритм линии 2 мин/шт. Необходимо рассчитать число рабочих мест на каждой операции, число периода и период конвейера, номера периода, закрепленные за каждым рабочим местом, общую длину рабочей части конвейера и длину замкнутой ленты конвейера, скорость конвейера, если диаметр обводных барабанов 0,8 м.

Решение

Начнем с расчета числа рабочих мест на операциях:

$$q_1 = [(3,6 + 0,2)/2] + 1 = 2 \text{ ед.}; \quad q_2 = (7,8 + 0,2)/2 = 4 \text{ ед.};$$

$$q_3 = [(1,7 + 0,2)/2] + 1 = 1 \text{ ед.}; \quad q_A = [(5,5 + 0,2)/2] + 1 = 3 \text{ ед.}$$

Шаг рабочих мест при их шахматном расположении в два раза меньше расстояния между соседними местами по одну сторону: $l_{рм} = 2,6/2 = 1,3$ м. Общая длина рабочей части конвейера определяется шагом рабочих мест и их общим числом q_{Σ} . Причем $L_k = (q_{\Sigma} - 1) /_{рм} = 9 \times 1,3 = 11,7$ м. Скорость конвейера $V_k = 0,4/2 = 0,2$ м. Число периода конвейера $\Pi = \text{НОК}(2, 4, 1, 3) = 12$. Тогда период конвейера $T_k = 12 \times 2 = 24$ мин. Номера периода, закрепляемые за рабочими местами, сведены в табл. 12.1.

Теперь можно определить общую длину ленты конвейера. Она должна быть не меньше $2L + nD = 11,7 \times 2 + 3,14 \times 0,8 = 25,912$ м и в целое число раз больше $l_{кП} = 0,4 \times 12 = 4,8$ м. Тогда $m = (25,912/4,8) + 1 = 6$, и длина ленты составит: $L = ml_{кП} = 6 \times 4,8 = 28,8$ м. Полученные результаты иллюстрируют рис. 12.9 и 12.10.

быть создан некоторый (как правило, незначительный) резервный запас (задел) предметов.

12.3. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОДНОПРЕДМЕТНЫХ ПРЕРЫВНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

Однопредметные прерывные поточные линии (ОППЛ) создаются для изготовления в течение длительного времени одних и тех же изделий с использованием параллельно-последовательного вида их движения по операциям (рабочим местам). Для них характерны те же общие признаки, что и для других структурных единиц поточного производства ОНПЛ и МНПЛ, рассмотренных ранее в этой главе. Но существенны и отличия. Главное — это невозможность синхронизации операций на линии. Из этого следует, что модели и методы организации ОППЛ принципиально отличны от рассмотренных ранее и требуют отдельного анализа.

Прерывной, или прямоточной, поточной линией называется линия, на которой по условиям конструкции изделий и технологии производства не удастся поддерживать непрерывность производственного процесса: имеются операции, по продолжительности не равные и не кратные ритму. Такие линии обычно используются при обработке деталей с применением разнотипного оборудования, когда трудно обеспечить перераспределение работ между операциями в целях их синхронизации. Прерывные поточные линии могут работать только как линии со свободным ритмом. В качестве транспортных средств чаще всего используются роляганги, скаты, склизы и т. п.

Отсутствие синхронизации приводит к возникновению перерывов на рабочих местах после окончания работ с каждой единицей продукции. Величина перерывов определяется по формуле: $t_{\text{пер}}^j > 0$; $j = 1, 2, \dots, K_{\text{оп}}$. Для рационального использования рабочего времени перерывы, возникающие при изготовлении некоторого числа изделий, концентрируются, рабочий и оборудование могут быть использованы в это время для других работ. Очевидно, что чем больше число изделий, на которых происходит такая концентрация, тем проще использовать освободившееся время. С другой стороны, тем больше приходится сдвигать время изготовления изделий для его концентрации, а значит - нарушать непрерывность движения каждого изделия по операциям и увеличивать его пролеживание. С разрешением этой противоречивой ситуации в первую очередь сталкивается производственный менеджер при организации работы ОППЛ.

Обозначим $n_{\text{об}}$ число изделий, на котором происходит концентрация перерывов и работы операций линии. Умножим обе части приведенного выше равенства на эту величину:

$$t_{\text{пер}}^j n_{\text{об}} = r_{\text{л}} n_{\text{об}} - t_j n_{\text{об}} / q_j.$$

Обозначим общее время концентрированного перерыва $t_{\text{пер}}^j n_{\text{об}} / q_j = T_{\text{пер}}^j$, общее время концентрированной работы $t_j n_{\text{об}} / q_j = T_j$, ритм оборотной партии

или период оборота линии $r_{л}n_{об} = R_{об}$. Тогда

$$T_j + T_{пер}^j = R_{об}.$$

Период оборота линии — интервал времени, по истечении которого линия полностью повторяет свое состояние, а на каждой ее операции изготавливается одинаковое число изделий $n_{об}$, называемое *оборотной партией*.

Пролеживающие между операциями изделия образуют *межоперационный оборотный задел*. Его величина изменяется во времени. График изменения, построенный на интервале, равном периоду оборота линии, называется *эпюрой* задела. Эпюры строятся для каждой пары смежных операций линии. Оборотный задел возникает из-за разницы производительности и/или из-за сдвига начала работы на смежных операциях. Его величина пропорциональна значениям этих двух параметров, а также размеру оборотной партии. Особый интерес для менеджера представляет расчет максимального, среднего и переходящего заделов для каждой пары смежных операций и на линии в целом. Величина максимального задела определяет потребность в складских помещениях или в площадях непосредственно на рабочих местах, отводимых для хранения межоперационных заделов. Величина переходящего задела используется для оперативного контроля хода производства. Средний задел в стоимостном выражении является важнейшей составляющей объема незавершенного производства на линии.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА ОБОРОТНОГО ЗАДЕЛА

Рассмотрим правила построения эпюр оборотного задела:

- 1) эпюра представляет собой кусочно-линейную непрерывную функцию;
- 2) величина оборотного задела изменяется от нуля до некоторого максимального значения; это *максимальный задел* $H_{об}^{max}$;
- 3) оборотный задел в начале периода оборота равен заделу в конце периода; это *переходящий задел* $H_{об}^{max}$. Построение эпюры и расчет параметров задела для произвольной пары смежных операций j и $j+1$ включает следующие шаги.

1. Период оборота линии разбивается на интервалы, в пределах которых состояния операций неизменны.

2. Для каждого интервала решается вопрос о характере изменения задела:

а) он увеличивается, если пополняющая задел операция более производительна, чем берущая из задела, с учетом числа работающих в этом интервале рабочих мест;

б) он уменьшается, если пополняющая операция менее производительна;

в) он неизменен, если обе операции в паре равнопроизводительны (в том числе — обе не выполняются).

3. Линейные функции на всех интервалах связываются в единую эпюру на основании приведенных ранее правил построения эпюр.

4. Для каждого интервала рассчитывается изменение величины задела по формуле:

$$\Delta H_{j,j+1}^f = T^f \left(\frac{q_j^f}{t_j} - \frac{q_{j+1}^f}{t_{j+1}} \right),$$

где T^f — продолжительность f -го интервала;
 q_j^f, q_{j+1}^f — количество рабочих мест на j -й и $(j+1)$ -й операциях, выполняемых на f -м интервале.

5. Начиная с нулевой точки, цепным методом рассчитываются величины задела во всех переломных точках эпюры (на границах интервалов) с использованием полученных ранее значений $\Delta H_{j,j+1}^f$; при этом часть расчетов может оказаться избыточной, если искомые величины уже найдены.

6. Рассчитывается величина среднего задела $N_{об}^{cp}$ как высота прямоугольника, равновеликого фигуре, образованной эпюрой задела.

Пример 12.4

Рассмотрим пару смежных операций ОППЛ. Пусть $R_{об} = 4$ ч; $n_{об} = 80$ шт.; $t_1 = 1,1$ мин; $t_2 = 1,8$ мин. Требуется построить эпюры задела и рассчитать $N_{об}^{max}$, $N_{об}^{пер}$ и $N_{об}^{cp}$ при различных сдвигах начала операций относительно друг друга ($T_{сдв}$).

Решение

Начнем расчет с определения ритма линии, количества рабочих мест на операциях и времени их работы в течение периода оборота:

$$r_n = R_{об} / n_{об} = 4 \times 60 / 80 = 3 \text{ мин};$$

$$q_1 = [1,1/3] + 1 = 1 \text{ ед.}; \quad q_2 = [1,8/3] + 1 = 1 \text{ ед.};$$

$$T_1 = 1,1 \times 80 = 88 \text{ мин}; \quad T_2 = 1,8 \times 80 = 144 \text{ мин.}$$

1. Пусть $T_{сдв} = 0$ и обе операции начинаются в начале периода оборота линии. Тогда на периоде оборота выделим три интервала (рис. 12.11). На первом осуществляются обе операции, причем первая более производительна ($t_1 < t_2$). Значит, задел увеличивается. На втором выполняется только вторая операция и задел уменьшается. На третьем не осуществляется ни одна из операций и задел не меняется. Эпюра задела для этого случая представлена на рис. 12.11.

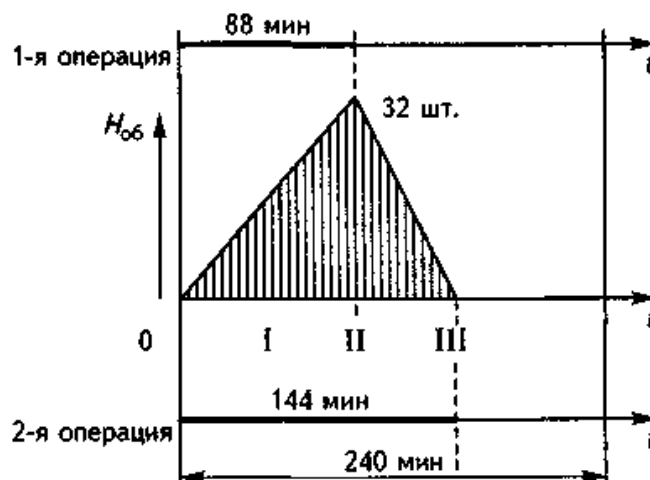


Рис. 12.11. Графики работы на двух смежных операциях ОППЛ и эпюра оборотного задела между ними: $T_{сдв} = 0$

Выполним расчеты:

$$\Delta H_{об1,2 I} = 88 \times (1/1,1 - 1/1,8) = 31,1 \approx 32;$$

$$\Delta H_{об1,2 II} = (144 - 88) \times (0 - 1/1,8) = -31,1 \approx -32.$$

Минус во втором результате означает, что задел на интервале II уменьшается на полученную величину. Очевидно, что величина прироста задела на интервале должна быть равной величине его уменьшения на интервале II. Поэтому один из выполненных расчетов является излишним.

Здесь

$$H_{об1,2}^{max} \approx 32 \text{ шт.}; H_{об1,2}^{пер} = 0;$$

$$H_{об1,2}^{cp} = 31,1 \times 144 / (2 \times 240) = 9,3 \text{ шт.}$$

2. Пусть $T_{сдв} = 56$ мин и обе операции заканчиваются вместе (рис. 12.12, а). Применительно к предыдущим рассуждениям это означает, что интервалы I и II меняются местами. Эпюра для этого случая показана на рис. 12.12, а.

Приращения задела на интервалах не изменяются по сравнению с предыдущим случаем, поэтому максимальный задел остается прежним, в то же время средний задел существенно увеличится:

$$H_{об1,2}^{пер} \approx 32 \text{ шт.}; H_{об1,2}^{cp} = [31,1 \times 144/2 + 31,1 \times (240 - 144)]/240 \approx 22 \text{ шт.}$$

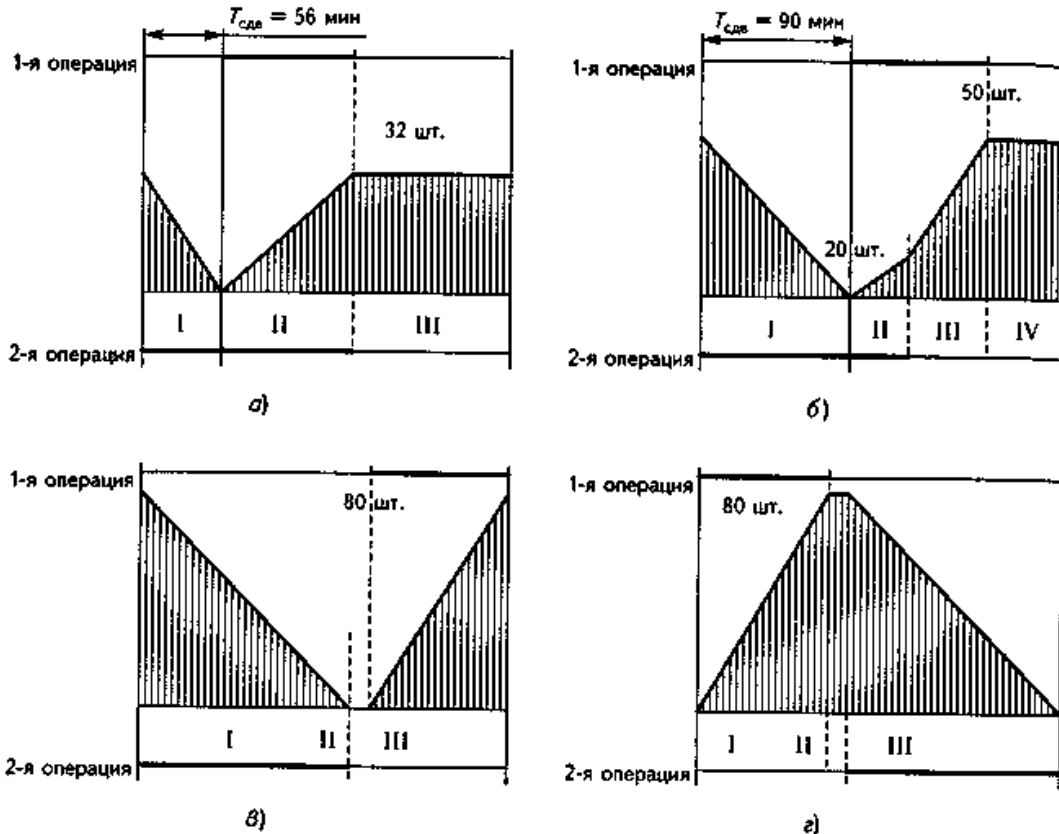


Рис. 12.12. Графики работы на двух смежных операциях ОППЛ и эпюры оборотного задела между ними:

а - время работы на меньшей операции полностью укладывается во время работы на большей; б - значения времени работы на операциях перекрываются частично; в и г - значения времени работы на операциях не перекрываются, сдвиг начала операций максимален, чередование операций различно. Для упрощения координатные оси на рисунке опущены

3. Пусть $T_{сдв} = 90$ мин. Тогда на периоде оборота можно выделить четыре интервала, а эпюра примет вид, показанный на рис. 12.12, б. Анализ показывает, что на интервале III за-

дел должен увеличиваться быстрее, чем на II интервале, так как там не выполняется вторая операция, на которой изделие берется из задела. В общем случае угол наклона прямой пропорционален разности значений производительности операций на данном интервале. Здесь на II интервале тангенс угла наклона составит $1/1,1 - 1/1,8 = 0,35$, а на III интервале — $1/1,1 - 0 = 0,91$. Выполним расчеты:

$$\Delta H_{об1,2 I} = 90 \times (0 - 1/1,8) = 50 \text{ шт.}; \Delta H_{об1,2 II} = (144 - 90) \times (1/1,1 - 1/1,8) = 19,1 \approx 20 \text{ шт.}$$

Здесь $H_{об1,2}^{\max} = H_{об1,2}^{\text{пер}} = 50 \text{ шт.};$

$$H_{об1,2}^{\text{ср}} = [(50 \times 90)/2 + (19,1 + 50)/2 \times (88 + 90 - 144) + 50 \times (240 - 90 - 88)]/240 \approx 30 \text{ шт.}$$

4. Пусть сдвиг таков, что на обеих операциях нет общего времени работы. В нашем случае для этого он должен быть равным или превышать 144 мин. В результате вся партия сначала должна обрабатываться на одной операции, а затем на второй, причем не имеет значения, какая операция начинает выполняться первой (рис. 12.12, в, г). Действительно, в первом случае имеем:

$$\Delta H_{об1,2 I} = 144 \times (0 - 1/1,8) = 80 \text{ шт.}$$

Во втором случае оборотный задел составит:

$$\Delta H_{об1,2 I} = 88 \times (1/1,1 - 0) = 80 \text{ шт.};$$

$$H_{об1,2}^{\max} = n_{об} = 80 \text{ шт.}$$

Различаются в этих случаях лишь значения среднего и переходящего заделов. В первом случае имеем:

$$H_{об1,2}^{\text{пер}} = H_{об1,2}^{\max} = 80 \text{ шт.};$$

$$H_{об1,2}^{\text{ср}} = [80 \times (144 + 88)/2]/240 \approx 39 \text{ шт.}$$

Во втором случае средний и переходящий заделы составят:

$$H_{об1,2}^{\text{пер}} = 0; H_{об1,2}^{\text{ср}} = 39 + 80 \times (240 - 88 - 144)/240 \approx 42 \text{ шт.}$$

Проведя анализ этих и других возможных вариантов сочетания во времени выполнения двух смежных операций на ОППЛ, можно прийти к следующим выводам.

1. Величина $H_{обj, j+1}^{\max}$ принимает наименьшее значение в том случае, если время выполнения меньшей в паре операции полностью укладывается во время выполнения большей, независимо от сдвига их начала и порядка следования друг за другом.

2. При увеличении сдвига с нарушением указанного условия величина $H_{обj, j+1}^{\max}$ возрастает и достигает наибольшего значения при максимальном сдвиге.

3. Если при некотором значении сдвига операции перестают перекрываться (не имеют общего времени работы), величина $H_{обj, j+1}^{\max}$ достигает своего максимума, равного $n_{об}$, и при дальнейшем увеличении сдвига не возрастает.

Эти особенности должен учитывать производственный менеджер, определяя регламент работы линии, т. е. задавая время начала работы всех операций. Критерием при этом является минимизация величин оборотных заделов на всех парах смежных операций. Однако это не единственный критерий. Другим противоречащим ему критерием является оптимизация использования рабочей силы на линии. Противоречащим потому, что, как видно из рассмотренного

примера, на двух операциях можно использовать одного рабочего, только если операции не перекрываются во времени и, следовательно, задел между ними максимален. Рациональное использование рабочей силы здесь может быть достигнуто за счет организации последовательного многостаночного обслуживания. Задача определения регламента работы линии становится сложнее в том случае, когда для выполнения операции используется несколько рабочих мест. Для таких операций возможны два типовых варианта регламента работы:

1) с равномерной загрузкой всех рабочих мест;

2) с полной загрузкой всех рабочих мест, кроме последнего. Первый вариант целесообразен, если на операции может быть организовано параллельное многостаночное обслуживание. В противном случае лучшим является второй вариант, так как здесь все рабочие места, кроме последнего, загружены оптимально - полностью, а на последнем может появиться возможность использовать частично свободного рабочего на других операциях. В конкретных случаях могут возникать и другие организационные варианты работы ОППЛ.

Пример 12.5

Пусть $R_{об} = 44$; $l_{об} = 80$ шт.; $t_1 = 4,2$ мин; $t_2 = 1,7$ мин. Тогда $r_л = 3$ мин; $q_1 = (4,2/3) + 1 = 2$ ед.; $q_2 = (1,7/3) + 1 = 1$ ед.; $T_1 = 4,2 \times 80/2 = 168$ мин; $T_2 = 1,7 \times 80 = 136$ мин.

1. Если на первой операции возможно организовать параллельное многостаночное обслуживание двух рабочих мест одним рабочим (рис. 12.13, а), тогда

$$H_{об1,2}^{пер} = H_{об1,2}^{max} = \Delta H_{об1,2} = 136 \times (2/4,2 - 1/1,7) = 15,2 \approx 16 \text{ шт.};$$

$$H_{об1,2}^{ср} = [(15,2 \times 168)/2 + 15,2 \times (240 - 168)]/240 = 9,9 = 10 \text{ шт.}$$

2. Если на первой операции организовать параллельное многостаночное обслуживание нельзя, то более рациональным может оказаться другой вариант регламента (рис. 12.13, б).

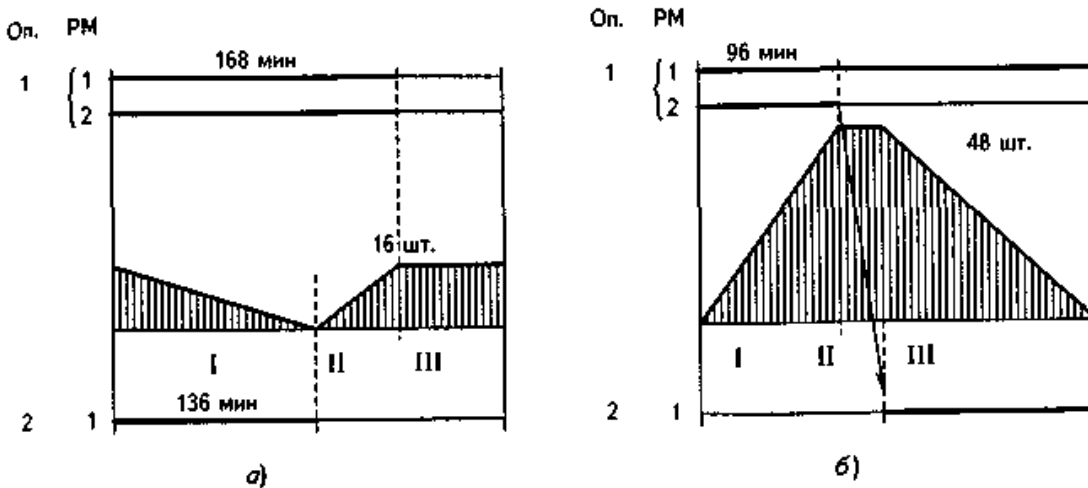


Рис. 12.13. Графики работы на двух смежных операциях ОППЛ и эпюры оборотного задела между ними: а - равномерная загрузка рабочих мест (РМ) на первой операции (Оп.), где может быть организовано параллельное многостаночное обслуживание; б - полная загрузка первого рабочего места и частичная второго на первой операции; может быть организовано последовательное многостаночное обслуживание

При этом выполненный ранее расчет величины T_1 оказывается неверным. На первой

операции рабочие загружены по-разному:

$$T_{11} = 240 \text{ мин (полная загрузка);}$$

$$T_{12} = 4,2 \times 80 - 240 = 96 \text{ мин (частичная загрузка).}$$

Установим регламент так, чтобы отрезки T_{12} и T_2 не перекрывались и можно было бы организовать последовательное многостаночное обслуживание на втором рабочем месте на первой и второй операции (стрелка на рис. 12.13, б показывает переход рабочего). Выполним расчеты:

$$H_{об1,2}^{\max} = [H_{об1,2} \text{ ш}] = [136 \times (1/4,2 - 1/1,7)] = 47,6 = 48 \text{ шт.};$$

$$H_{об1,2}^{\text{пер}} = 0; H_{об1,2}^{\text{сп}} \cong 1/240 \times 47,6 \times 240/2 = 23,7 \text{ шт.}$$

С помощью рассмотренных выше методов операционный менеджер моделирует различные варианты организации работ ОППЛ и выбирает из них лучший на его взгляд. Для этого варианта результаты аналитического моделирования и графические модели изменения заделов, т. е. эпюры заделов, а также графики выполнения операций и работы рабочих сводятся в единый документ, который передается в производство под названием «Стандарт-план работы ОППЛ». Он имеет форму, приведенную в табл. 12.2 (здесь отсутствует графа с эпюрами заделов). В стандарт-плане определяется наиболее целесообразный регламент работы прерывной поточной линии: период оборота T_0 (или соответственно $n_{об}$), время работы каждого рабочего места по всем операциям, размеры оборотных заделов, численность рабочих, занятых на линии с учетом многостаночного обслуживания, последовательность и периодичность перехода рабочих с операции на операцию, коэффициенты загрузки рабочих мест.

Таблица 12.2

<i>Пооперационный стандарт-план работы линии</i>									
Номер операции	Штучное время, мин	К-во рабочих мест	Номер рабочего места	Время работы, ч.	Коэфф. загрузки рабочего времени	Номер рабочего	Размер задела, шт.		
							max	переходящий	Средний
1	2,98	1	1	4,27	0,53	1	36	31	29
2	5,12	1	1	7,34	0,92	2			
3	7,84	2	1	8,00	1,00	3	20	20	9
			2	3,74	0,41	1			
4	14,79	3	1	7,07	0,88	4	18	8	9
			2	7,07	0,88	5			
			3	7,07	0,88	6			
5	4,93	1	1	7,07	0,88	7	0	0	0
6	0,62	1	1	0,89	0,11	7	86	0	43

12.4. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОПРЕДМЕТНЫХ ПЕРЕМЕННО-ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ

На многопредметных поточных линиях осуществляется поочередное или смешанное изготовление нескольких типоразмеров изделий. В первом случае изделия изготавливаются партиями, поэтому существенным признаком является наличие или отсутствие переналадки оборудования при смене на линии партий деталей (заготовок). По этому признаку различают переменные-поточные (последовательно-партионные) и групповые многопредметные потоки. То, что многопредметные потоки совмещают все преимущества поточного производства с достаточной степенью гибкости, позволяет считать их наиболее перспективной ветвью развития поточного производства. Обычно область использования таких линий - это изготовление разнообразных модификаций одного изделия. Пример тому — сборочные линии автомобильных заводов.

Многопредметной поточной линией с последовательно-партионным чередованием предметов, или переменного-поточной, называется линия, на которой обрабатываются или собираются изделия различных наименований (типоразмеров) последовательно чередующимися во времени партиями, сменяющимися по всем операциям одновременно или за сравнительно короткий отрезок времени. В каждый момент времени на такой линии изготавливаются изделия только какого-либо одного наименования, за исключением периода смены изделий. Для перехода к следующей партии требуется переналадка оборудования. В период изготовления изделий одного наименования переменная-поточная линия работает как однопредметная непрерывная (ОНПЛ) или прерывная (ОППЛ), в зависимости от обеспечения синхронизации операций. Изготовление и выпуск изделий с переменного-поточной линии происходит не по единому ритму, а в соответствии с частными ритмами. *Частным ритмом* называется средний одинаковый интервал времени, через который должны запускаться/выпускаться с переменного-поточной линии предметы соответствующего наименования в период их изготовления на линии.

Обычно за переменными-поточными линиями закрепляются от 2 до 10 наименований конструктивно подобных изделий, обрабатываемых по единому типовому технологическому процессу. Чтобы при смене изделий общее число рабочих мест на операциях линии не изменялось, необходимо распределять фонд времени работы линии за период пропорционально трудоемкости изготовления запланированных к выпуску изделий:

$$F_i = \frac{F_{\text{эф}} N_{\text{вып}}^i T_{\text{шт.д}}^i}{\sum_{i=1}^{K_1} N_{\text{вып}}^i T_{\text{шт.д}}^i}$$

Тогда частный ритм r_i определится по формуле:

$$r_i = \frac{F_{\text{эф}} T_{\text{шт.д}}^i}{\sum_{i=1}^{K_1} N_{\text{вып}}^i T_{\text{шт.д}}^i},$$

где $F_{\text{эф}}$ — эффективный фонд времени работы линии на горизонте планирования, часов,
 $N_{\text{вып}}^i$ — программа выпуска изделий i -го наименования за тот же период, шт.;
 $T'_{\text{шт.д}}$ — сумма норм штучного времени изготовления предмета i -го наименования по всем операциям линии, часов.

Если удалось подобрать детали с примерно равной длительностью выполнения технологических операций, то такая линия может работать с единым ритмом для всех деталей:

$$r_{\text{я}}^{\text{ср}} = \frac{F_{\text{эф}}(1 - K_{\text{пер}})}{\sum_{i=1}^{K_{\text{я}}} N_{\text{вып}}^i},$$

а если при этом выполняется условие синхронизации операций, то линия представляет собой МНГШ. (Здесь формула расчета единого ритма уточнена за счет введения коэффициента потерь времени на переналадку линии $K_{\text{пер}}$.) Причем для обеспечения равенства всех частных ритмов необходимо общий фонд времени работы линии распределять между изделиями уже по другому принципу — пропорционально объемам их выпуска, т. е.

$$F_i = \frac{F_{\text{эф}} N_{\text{вып}}^i}{\sum_{i=1}^{K_{\text{я}}} N_{\text{вып}}^i}.$$

Отметим, что все же необходимо по возможности стремиться к равенству частных ритмов. Идеальная организация МНПЛ предполагает *сквозную синхронизацию*, т. е. синхронизацию операций при изготовлении всех изделий, закрепленных за линией. Это позволяет существенно снизить затраты времени на ее переналадку за счет сохранения постоянных значений таких ведущих характеристик, как скорость и шаг конвейера. Поскольку в каждый момент времени на переменнo-поточной линии производятся изделия только какого-либо одного наименования, организация ее работы не отличается от организации работы ОНПЛ, усложнение связано лишь с самим процессом чередования изделий. Здесь возникает несколько проблем:

- 1) организация смены изделий на линии;
- 2) обеспечение возможности изготовления изделий со сходными технологическими маршрутами;
- 3) определение оптимального порядка запуска партий в производство.

Представление об организации смены изделий на линии дают рис. 12.14 и 12.15. Из рис. 12.15 видно, что первый способ прост в организации, но приводит к значительным простоям рабочих мест. Второй способ исключает простои, но сложен в организации, так как на работающем конвейере одновременно находятся изделия снимаемой и запускаемой партий. В результате изделия могут быть смешаны, кроме того, постоянно работающий конвейер нельзя остановить для переналадки. Третий способ на первый взгляд кажется идеальным, однако он связан с необходимостью хранения на каждом рабочем месте частично изготовленных изделий всех снятых к этому моменту партий, что требует дополнительных мест складирования и увеличивает заделы незавершенного производ-

ства.

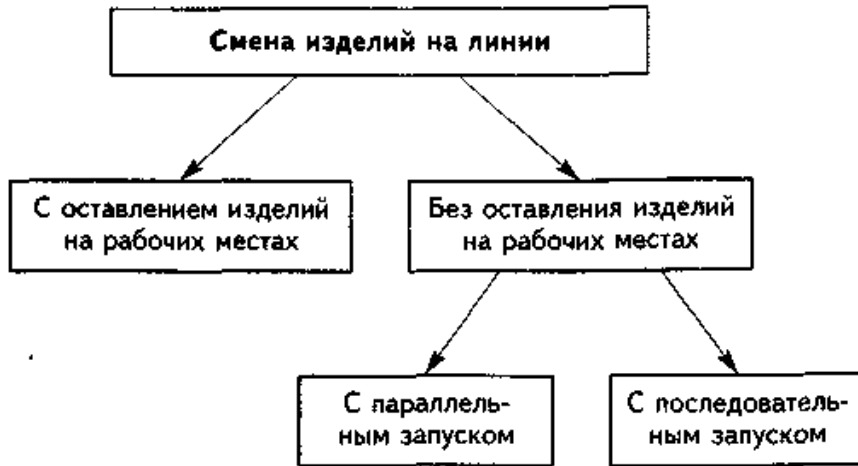


Рис. 12.14. Классификация способов смены изделий на МНПЛ

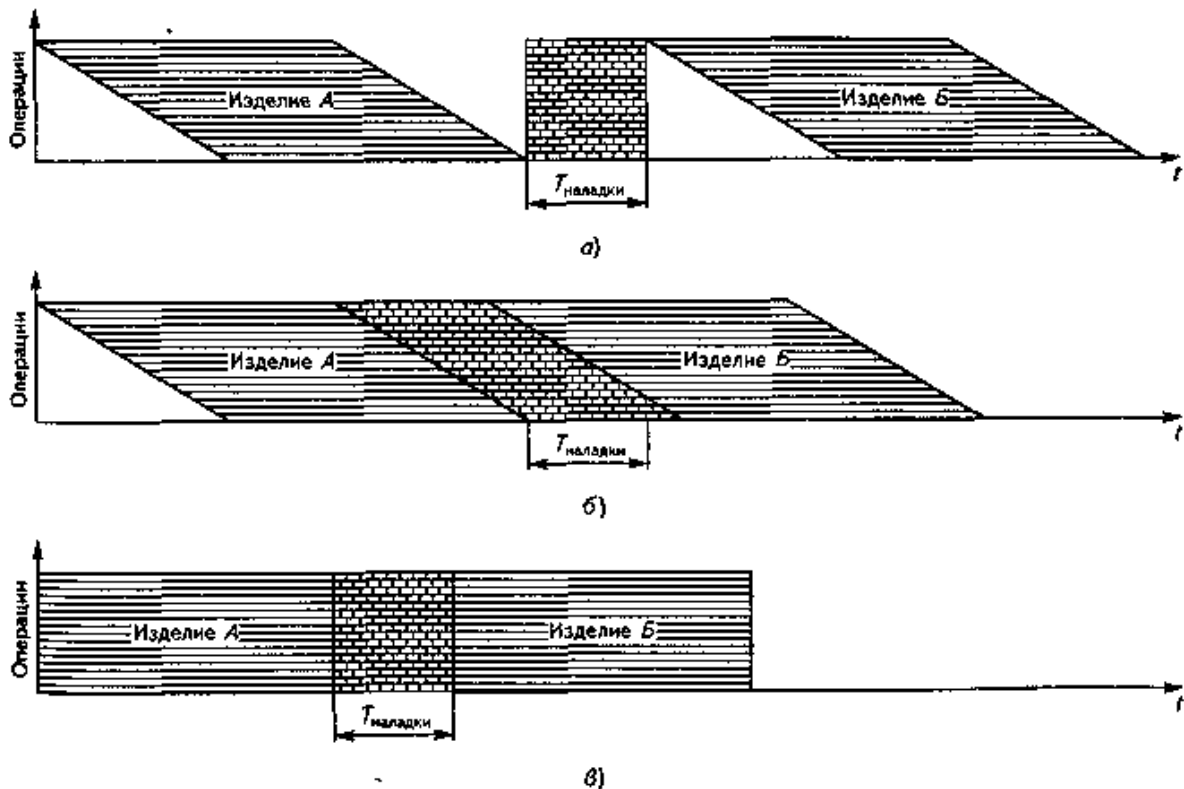


Рис. 12.15. Организация смены изделий на линии:

а - без оставления изделий и с последовательным запуском; б - то же, но с параллельным запуском; в - с оставлением изделий на рабочих местах

Изготовление различных изделий на МНПЛ может быть сопряжено с необходимостью частичного изменения реализуемых технологических процессов, т. е. с переходом к сходным технологическим процессам. Для этого на линии должно быть зарезервировано некоторое число рабочих мест, часть из которых при изготовлении конкретного изделия использоваться не будет (рис. 12.16).

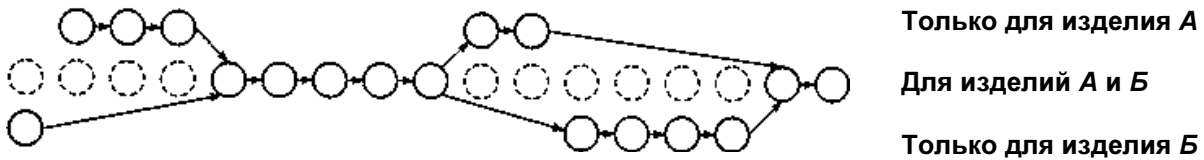


Рис. 12.16. Организация изготовления на МНПЛ двух типов изделий со сходными технологическими маршрутами

При переналадке линии на новое изделие нужные рабочие места должны быть «расконсервированы», а ненужные, наоборот, — «законсервированы», что, естественно, потребует дополнительных затрат времени. Консервация рабочих мест приводит к добавлению на конвейере некоторого числа транспортных зон и транспортных позиций и тем самым увеличивает общую длину его рабочей части. Все это — плата за гибкость МНПЛ.

Рассмотрим третью проблему, возникающую в связи с переналадкой переменного-поточной линии. Пусть на МПЛ в плановом периоде должно быть изготовлено K_d различных партий изделий. Время переналадки линии $t_{нал}^{ij}$ зависит от чередования снимаемой (i) и запускаемой (j) партий, а время изготовления каждой партии от этого не зависит. Тогда для минимизации времени изготовления на МПЛ всей запланированной продукции необходимо отыскать такую последовательность запуска партий в обработку, при которой суммарное время переналадки будет наименьшим, т. е. $\sum t_{нал}^{ij} \Rightarrow \min$. Эта задача носит название задачи о переналадке поточной линии. Она сводится к постановке известной с конца XIX в. задачи, называемой *задачей о коммивояжере*.

Странствующий торговец должен посетить K городов, побывав в каждом всего один раз. Расстояния между городами (время или стоимость переходов) известны. Необходимо найти оптимальный маршрут обхода городов, минимизирующий суммарные затраты на переходы.

Решение может быть найдено прямым перебором $K!$ вариантов или с помощью методов целочисленного линейного программирования. Однако существует более простой и, как правило, более быстрый способ отыскания решения. Это *метод ветвей и границ*. Полученное при такой постановке задачи оптимальное решение не будет связано со сроками подачи изделий на сборку. Если в качестве критерия использовать выполнение именно этих сроков, то методы ее решения окажутся существенно сложнее.

12.5. МНОГОПРЕДМЕТНЫЕ ГРУППОВЫЕ ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ

Многопредметные групповые поточные линии (МГПЛ) — это такие линии, на которых технологически родственные изделия, составляющие группу, изготавливаются практически без переналадки оборудования. Это достигается

за счет применения на каждой операции *групповой наладки*, позволяющей изготавливать любую единицу продукции группы, закрепленной за данной линией. Если на такой линии обеспечивается выполнение условия синхронизации операций, то может быть организована непрерывная групповая поточная линия, которая не будет отличаться от ОНПЛ. В противном случае групповая поточная линия может рассматриваться условно как *однопредметная прерывная линия* (ОППЛ).

При обработке деталей каждого наименования самостоятельными партиями групповая поточная линия превращается в партионно-групповую. *Партионно-групповые линии* представляют собой линии, на которых обработка или сборка изделий производится партиями, последовательно чередуясь и сменяющимися по операциям в различные периоды времени. Если партии небольшие, то в каждый момент времени на различных операциях могут обрабатываться или собираться изделия различных наименований. Изготовление партий изделий происходит на каждой операции непрерывно. Передача изделий с операции на операцию производится транспортными (передаточными) партиями различного размера: от единицы продукции до полного размера партии обработки. Партионно-групповые поточные линии близки по организации к предметно-замкнутым участкам с однотипными или одинаковыми технологическими маршрутами изготовления изделий.

Применяются МГПЛ, как правило, для обработки значительного числа типоразмеров конструктивно подобных деталей на металлорежущих станках с групповой наладкой. Для организации МГПЛ необходимо выполнить классификацию и подбор деталей со сходными конструктивно-технологическими признаками и разработать групповой технологический процесс на деталь-представитель или на комплексную деталь. Число типоразмеров деталей, закрепляемых за линией, должно быть таким, чтобы обеспечить полную загрузку оборудования и рабочих на линии. Укрупненный расчет МГПЛ включает следующую последовательность действий.

1. *Расчет приведенной годовой программы выпуска деталей.* Вся номенклатура деталей, закрепленных за МГПЛ, приводится к детали-представителю. В качестве последней выбирается деталь, отражающая все характерные конструктивно-технологические особенности деталей группы. Пример расчета приведенной годовой программы выпуска показан в табл. 12.7.

Таблица 12.7

Расчет приведенной годовой программы выпуска деталей

<i>Наименование детали</i>	<i>Программа выпуска, шт.</i>	<i>Трудоемкость, мин</i>	<i>Коэффициент приведения</i>	<i>Приведенная программа выпуска, шт.</i>
Вал	50	18,4	0,93	46
Вал-шестерня	50	26,8	1,36	68
Ось	78	59,2	3,00	234
Вал фрикционный	150	43,8	2,22	333
Вал шлицевой (деталь-представитель)	180	19,7	1,00	180
Итого	508			861

Для деталей, входящих в группу, рассчитывается *коэффициент приведения* как отношение трудоемкости каждой детали к трудоемкости детали, выбранной в качестве представителя. Если заданы только деталь-представитель и число деталей в группе, приведенная программа рассчитывается как произведение годового выпуска детали-представителя и числа деталей в группе.

2. *Определение ритма работы групповой поточной линии.* МГПЛ организуется на базе универсальных станков или станков с программным управлением. На каждом рабочем месте применяется унифицированная групповая оснастка, позволяющая обрабатывать различные детали практически без переналадки (с минимальными затратами времени на переналадку по сравнению со временем непосредственной обработки). Поэтому ритм такой линии может быть рассчитан по формуле:

$$r_i = \frac{F_{\text{эф}}}{N_{\text{в.пр}}},$$

где $N_{\text{в.пр}}$ — приведенная программа выпуска деталей.

3. *Определение необходимого количества оборудования.* Расчет выполняется по каждой операции группового технологического процесса обработки детали-представителя:

$$q_j = \frac{t_{\text{шк}}^j}{r_{\text{л}}}; \quad j = 1, \dots, K_{\text{оп}}.$$

где $T_{\text{шк}}^j$ — норма штучно-калькуляционного времени на групповую операцию j , мин.

Полученное значение q_j округляется до ближайшего большего целого числа. Затем строится график загрузки оборудования поточной линии. Средний коэффициент загрузки должен составлять 0,9-0,95.

4. *Определение численности основных рабочих на линии.* Расчет выполняется по операциям группового технологического процесса так же, как при расчете для предметно-замкнутого участка. Если при переходе от одного изделия производства к другому не требуется переналадка линии, то размеры партий запуска изделий в обработку могут уменьшаться в пределах до единицы (пштучный запуск). На ленте конвейера при этом будут попеременно находиться разные изделия. Речь, таким образом, зашла об организации МНПЛ со *сплошным запуском*. Главное преимущество таких линий — повышение уровня гибкости производства. Проявляется это в том, что:

1) потребителю (другому подразделению или на рынок) продукция поступает небольшими количествами, но в том разнообразии, которое ему необходимо;

2) нет необходимости хранить большой запас произведенной продукции до тех пор, пока он будет израсходован;

3) можно оперативно корректировать номенклатуру выпускаемой продукции в соответствии с колебаниями спроса.

Кроме того, через систему «точно в срок» такие линии гарантируют рав-

номерную загрузку обеспечивающих их производственных подразделений. Рассмотрим расчеты, выполняемые при планировании работы МНПЛ со сплошным запуском, на примере сборочного конвейера фирмы Toyota.

Пример 12.6

На одном из сборочных конвейеров фирмы должно быть собрано в месяц (20 рабочих дней) 12 000 машин марки *Corola*. Это задание было установлено на основе месячного прогноза продаж. В первый рабочий день месяца продавцы подали заявки на изготовление четырех модификаций машин этой марки в количественном соотношении $A : B : C : D = 4 : 3 : 2 : 1$, во второй день — в соотношении $A : B : C : D = 3 : 3 : 4 : 2$. Требуется определить ритм линии, частные ритмы изготовления всех модификаций, предложить схему их расстановки на ленте непрерывного сборочного конвейера, работающего в режиме сплошного запуска, найти скорость ленты, если шаг конвейера 6,2 м.

Решение

Ритм линии рассчитывается исходя из наличного фонда времени ее работы в течение месяца - 320 ч (2 смены \times 8 часов \times 20 дней) и суммарной программы выпуска: $r_{\text{л}} = 320/12\,000 = 1,6$ мин. Скорость движения ленты конвейера тогда составит $K_{\text{к}} = 6,2/1,6 = 3,875$ м/мин. В первый день из 600 машин следует собрать:

$$600 \times (4/10) = 240 \text{ машин (модификация } A);$$

$$600 \times (3/10) = 180 \text{ машин (модификация } B);$$

$$600 \times (2/10) = 120 \text{ машин (модификация } C);$$

$$600 \times (1/10) = 60 \text{ машин (модификация } D);$$

Тогда частные ритмы составят:

$$16 \times 60/240 = 4,0 \text{ мин (модификация } A);$$

$$16 \times 60/180 = 5,3 \text{ мин (модификация } B);$$

$$16 \times 60/120 = 8,0 \text{ мин (модификация } C);$$

$$16 \times 60/60 = 16,0 \text{ мин (модификация } D);$$

Число машин в цикле - 10; время цикла — $1,6 \times 10 = 16$ мин.

Варианты расстановки машин одного цикла на ленте:

C-A-B-A-C-A-B-A-C-D или

A-A-A-A-B-B-B- C- C-D.

Во второй день число машин в цикле - 12; время цикла - $1,6 \times 12 = 19,2$ мин. Частные ритмы изменятся:

$$(960 \times 12)/(600 \times 3) = 6,4 \text{ мин (модификации } A \text{ и } B);$$

$$(960 \times 12)/(600 \times 4) = 4,8 \text{ мин (модификация } C);$$

$$(960 \times 12)/(600 \times 2) = 9,6 \text{ мин (модификация } D).$$

Варианты расстановки машин одного цикла на ленте:

A-A-A-B-B-B-C-C-C-C-D-D или

A-B-C-D-A-B-C-D-A-B-C-C.

При организации МНПЛ со сплошным запуском в качестве дополнительной сложности можно назвать повышенные требования к профессиональной подготовке рабочих и к оснащению рабочих мест, где в произвольном порядке изготавливаются пусть однотипные, но все же разные изделия.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Приведите классификацию поточных линий и дайте полную характеристику каждого вида.
2. Назовите пути синхронизации операций при организации ОНПЛ.
3. На ОНПЛ установили рабочий непрерывный конвейер с шагом 0,6 м. Рабочие места расположены по обе стороны ленты в шахматном порядке, причем расстояние между

смежными рабочими местами по одну сторону составляет 1,5м. Рабочая поза — «сидя». Число операций на потоке — 42. Линия работает в две смены, каждый час регламентированный перерыв 5 мин. За сутки на линии планируется изготовление 1760 изделий. Средняя себестоимость одного изделия в процессе его изготовления на линии составляет 26,8 руб., а средняя масса - 0,403 кг. Найдите ритм линии, скорость ленты и общую длину рабочей части конвейера, суммарную нагрузку на ленту, объем незавершенного производства изделий на линии. Укажите длину рабочей и транспортной зон. Постройте график движения изделий на линии.

4. Тракторный завод должен выпустить в планируемом месяце (21 рабочий день) 4835 тракторов. Его сборочный конвейер движется с постоянной скоростью 2,6 м/мин. Рабочие, выполняя сборку, движутся вслед за конвейером, а затем возвращаются обратно в начало их рабочей зоны со скоростью 4 км/ч. Рабочие зоны разделены транспортными зонами по 1,6м каждая, которые в случае необходимости играют роль резервных зон. На конвейере выполняются 216 операций. Организованы четыре проезда по 5,2 м. Завод работает в двухсменном режиме. Регламентированные перерывы на сборочном конвейере не предусмотрены. Техобслуживание выполняется в нерабочее время. Рассчитайте ритм выпуска тракторов, шаг сборочного конвейера, длину рабочей зоны (без резервной части), общую длину рабочей части конвейера, число тракторов, одновременно находящихся в сборке, полное время сборки одного трактора. Определите, насколько должна измениться скорость возврата рабочего в начало его рабочей зоны, если время выполнения им операции изменится на $\pm 3\%$.

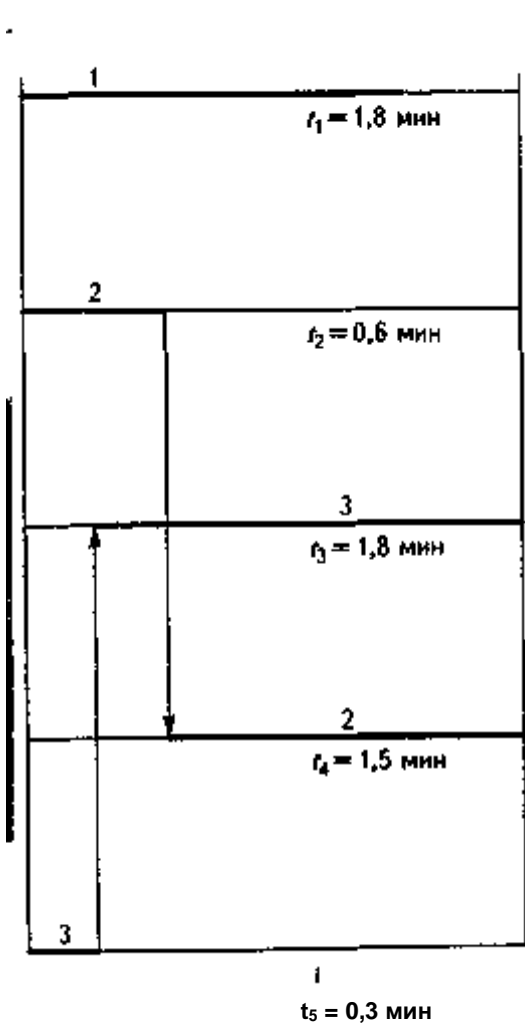


Рис. 12.17. Регламент работы ОППЛ (к задаче 6)

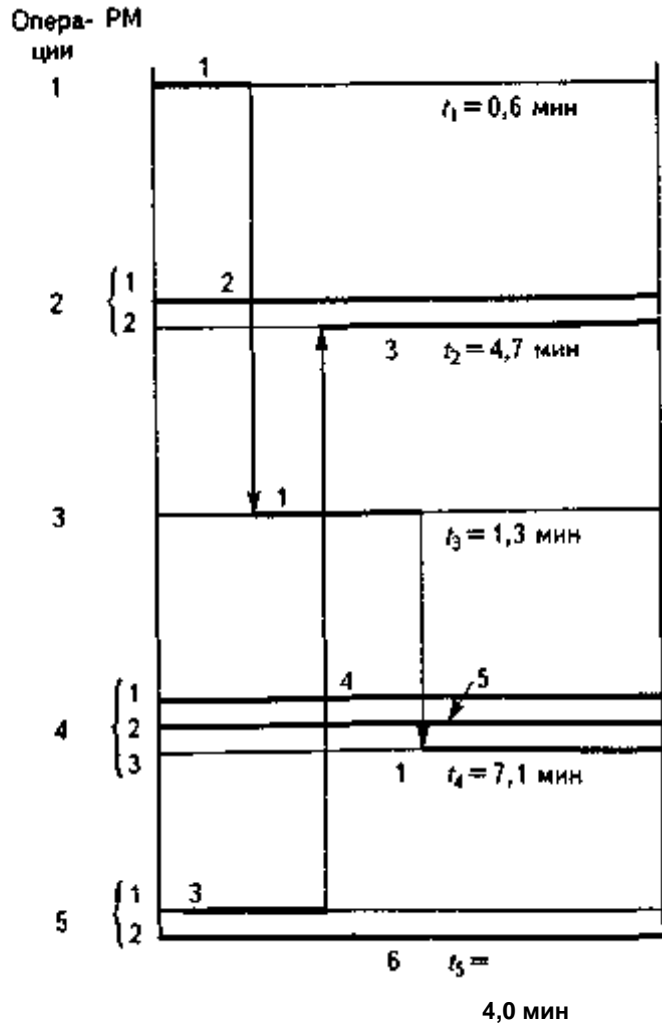


Рис. 12.18. Регламент работы ОППЛ (к задаче 7)

5. Однопредметная непрерывная поточная линия сборки работает в две смены. В планируемом месяце 20 рабочих дней. Регламентированные перерывы на отдых рабочих составляют 6 мин каждый час. Техобслуживание выполняется в нерабочее время. Месячная программа сборки — 6900 шт. На линии установлен непрерывный распределительный конвейер с шагом 0,5 м. Расположение рабочих мест по одну сторону ленты с шагом 4 м. На линии выполняется шесть операций со следующим штучным временем: $t_{шт} = 2,1; 2,2; 4,7; 11,4; 2,2; 2,0$ (мин/шт.). Время установки (снятия) изделия с ленты конвейера - 0,2 мин. Определите ритм линии, число рабочих мест на операциях, число периода конвейера и номера периода, закрепленные за каждым рабочим местом; длину рабочей части конвейера, суммарную нагрузку на ленту конвейера, если средняя масса изделия 4,8 кг; объем незавершенного производства на линии, если средняя себестоимость собираемых изделий составляет 162,4 руб.; скорость конвейера, полную длину замкнутой ленты конвейера, если диаметр обводных барабанов 0,9 м. Составьте графическую модель работы линии.

6. Постройте эпюры межоперационных оборотных заделов на ОППЛ механической обработки деталей и рассчитайте максимальные значения внутренних заделов и величины переходящих заделов для каждой пары смежных операций. Рассчитайте средние значения всех оборотных заделов. Линия работает с расчетным ритмом 2,1 мин. Период ее оборота - 4 ч. Регламент работы представлен на рис. 12.17.

7. Решите задачу 8 со следующими исходными данными: период оборота линии - 8 ч, величина оборотной партии - 160 шт. Регламент работы линии приведен на рис. 12.18.

ЧАСТЬ V. СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВА

ГЛАВА 13. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

13.1. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЯ

В системе технического обслуживания производства на предприятиях промышленности и особенно машиностроения ведущую роль играет инструментальное обеспечение. Обеспечение производства всеми видами инструмента и другой технологической оснастки осуществляет *инструментальное хозяйство предприятия*.

Назначение и состав инструментального хозяйства. Назначение инструментального хозяйства предприятия — своевременное и в полном объеме удовлетворение потребностей производственных (подразделений предприятия в технологической оснастке с мини-шальными затратами. Современное высокотехнологичное производство требует высокой оснащенности приспособлениями, пресс-формами, моделями, штампами, режущими, измерительными, вспомогательными инструментами и приборами, объединяемыми в общий комплекс *технологической оснастки*. На каждом машиностроительном предприятии используется технологическая оснастка десятков и сотен тысяч наименований, от качества которой и своевременности обеспечения ею рабочих мест зависят результаты производства и деятельности предприятия в целом. Затраты на инструмент и другую технологическую оснастку составляют от 5 до 130% стоимости оборудования, их удельный вес в себестоимости выпускаемой продукции — от 1,5 до 15%; затраты тем выше, чем выше серийность или массовость производства. Это связано с тем, что по мере увеличения серийности (массовости) производства более широко применяются специальные виды оснастки, что увеличивает расходы на ее проектирование и изготовление. При этом создаются предпосылки для снижения эксплуатационных расходов за счет улучшения инструментального обслуживания производства, роста масштабов и концентрации работ в специализированных подразделениях инструментального хозяйства.

Рациональная организация инструментального обслуживания производства способствует повышению производительности, улучшению качества выпускаемой продукции и снижению ее себестоимости, является необходимым элементом производственной среды для реализации в производстве концепций JIT и TQM. Основными задачами инструментального хозяйства предприятия являются определение потребности и планирование обеспечения предприятия

оснасткой; нормирование расхода оснастки и поддержание ее запасов на требуемом уровне; обеспечение предприятия покупной оснасткой, организация собственного производства оснастки; организация учета и хранения, обеспечения рабочих мест оснасткой; организация рациональной эксплуатации оснастки и технический надзор; организация восстановления оснастки; контроль внедрения, учет и анализ эффективности использования оснастки.

Инструментальное хозяйство машиностроительного предприятия включает ряд общезаводских и цеховых подразделений, которые под руководством инструментального отдела (управления) осуществляют закупки, проектирование и изготовление, хранение, доставку, эксплуатацию, восстановление и утилизацию оснастки. В цехах, как правило, имеются *бюро инструментального хозяйства* (БИХ).

Кобщезаводским подразделениям относятся инструментальные цехи (или цех), *центральный инструментальный склад* (ЦИС), база восстановления инструмента (может быть развернута в инструментальном цехе), измерительные лаборатории. К цеховым подразделениям относятся цеховые *инструментально-раздаточные кладовые* (ИРК), заточные и ремонтные отделения (базы, участки) в цехах. Состав инструментального хозяйства зависит от типа производства и размера предприятия, особенностей его производственной структуры, применяемых технологических процессов и оборудования. На крупных заводах может быть несколько инструментальных цехов с предметной специализацией, обслуживающих потребности литейных, кузнечных и механических цехов основного производства. На небольших заводах может быть один инструментальный цех или даже участок в одном из механических цехов. Заточные и ремонтные отделения создаются только в крупных цехах — потребителях инструмента, в остальных случаях они создаются в инструментальном цехе.

Централизованное управление инструментальным хозяйством предприятия осуществляет *инструментальный отдел*, подчиненный главному технологу или непосредственно главному инженеру. Современной тенденцией является централизация под руководством инструментального отдела не только функций планирования, закупки, конструирования, подготовки производства, изготовления инструмента, но и его эксплуатации. Для этого на предприятии может быть создан *объединенный цех эксплуатации инструмента*, объединяющий все ранее децентрализованные цеховые подразделения по эксплуатации инструмента. В состав инструментального отдела обычно входят бюро или группы: конструирования и технологии изготовления инструмента, планирования, нормативов, технадзора. *Конструкторско-технологическое бюро* разрабатывает конструкторскую и технологию изготовления нового инструмента собственного производства; обычно специальный инструмент первого порядка, который используется при изготовлении товарной продукции предприятия, разрабатывается в отделе главного технолога, в инструментальном отделе — специальный инструмент второго порядка, который используется при изготовлении инструмента первого порядка. *Планово-экономическое бюро* определяет потребность в инструменте по отдельным цехам и заводу в целом, составляет планы по производству инструмента для инструментальных цехов завода и закупки на стороне,

ведет учет и контроль их выполнения, определяет лимиты отпуска инструмента цехам. *Группа нормативов* ведет работу по классификации и индексации инструмента; устанавливает нормы расхода и оборотный фонд по различным видам инструмента, по отдельным цехам и заводу; контролирует соблюдение цехами и ЦИС установленных норм расхода и запасов; разрабатывает инструкции и правила эксплуатации инструмента. *Группа технадзора* состоит из инспекторов, в задачи которых входит контроль правильности хранения и эксплуатации инструмента в цехах завода; выявление причин и виновников неправильной эксплуатации, преждевременного выхода его из строя; проверка норм стойкости, износа, запаса инструмента и участие в их корректировке; участие в разработке мероприятий по обеспечению правильной эксплуатации, сокращению расхода и запасов инструмента; проверка правильности заточки, ремонта и восстановления инструмента, хранения его в ЦИС, контроль за своевременностью проверки измерительного инструмента.

Определение потребности в инструменте. Для определения потребности в инструменте на какой-либо период времени необходимо установить номенклатуру потребляемого инструмента, расход инструмента по каждому типоразмеру, запасы или оборотный фонд инструмента.

Расчет расхода инструмента. Количество инструмента, которое полностью потребляется в производстве за определенный период, называется *расходом инструмента*. Количество инструмента, которое необходимо иметь в эксплуатации и в запасе для обеспечения бесперебойного хода производства, называется *оборотным фондом*. Потребность в инструменте на планируемый период времени $U_{\text{пот}}$ складывается из расхода $U_{\text{расх}}$ и разницы между необходимым оборотным фондом U_0 и фактической величиной его на начало планового периода $U_{\text{оф}}$:

$$U_{\text{пот}} = U_{\text{расх}} + U_0 - U_{\text{оф}}$$

Применяются три метода расчета расхода инструмента: статистический, по нормам оснастки и по нормам расхода.

1) *Статистический метод расчета.* При этом методе по отчетным данным за прошлый период (обычно год) определяется фактический расход инструмента, приходящийся на единицу выпуска продукции в стоимостном выражении или на 1000 часов работы оборудования той группы, на которой используется соответствующий инструмент. Расход инструмента, приходящийся на единицу выпуска продукции в стоимостном выражении, может быть определен суммарно по данным бухгалтерского учета. Умножение этого расхода на общий объем выпуска продукции в плановом периоде даст расход инструмента за этот период. Разбивка инструмента по группам, подгруппам и т. д. производится по их удельному весу в общем расходе, определяемому по отчетным данным завода. Расход инструмента в натуральном выражении по каждому виду или типоразмеру определяется делением расхода в денежном выражении на среднюю себестоимость единицы данного вида инструмента. По актам убыли инструмента может быть определен расход его и в натуральном выражении по каждо-

му виду или типу на единицу выпуска продукции в стоимостном выражении и на весь выпуск в плановом периоде.

Зная фактический расход инструмента в стоимостном или натуральном выражении и время работы оборудования за отчетный период, можно определить расход инструмента на 1000 часов работы соответствующей группы оборудования. По времени работы этой группы оборудования в плановом периоде определяется общий расход инструмента за этот период. Во всех случаях планируемый расход должен быть скорректирован с учетом организационно-технических мероприятий по сокращению расхода инструмента, намеченных на заводе в плановом периоде. Статистический метод расчета расхода инструмента может дать значительную погрешность, потому его следует применять лишь в единичном и мелкосерийном производстве (в том числе для вспомогательных производств) и для расчета расхода инструмента, по которому трудно установить сроки службы (слесарно-сборочный, некоторые виды мерительного).

2) *Метод расчета по нормам оснастки.* Под *нормой оснастки* понимается количество инструмента, которое должно одновременно находиться на соответствующем рабочем месте в течение всего планового периода. При этом методе расход инструмента определяется по формуле:

$$U_{\text{расх}} = \frac{\sum_{s_u} K_u}{T_{\text{изн}}},$$

где s_u — число рабочих, одновременно применяющих данный инструмент;

K_u — число инструментов, которое должно одновременно находиться на одном рабочем месте;

$T_{\text{изн}}$ — срок службы до полного износа данного инструмента (в месяцах или годах).

По этому методу рассчитывается главным образом инструмент долговременного пользования, выдаваемый рабочему по инструментальным книжкам, находящийся у него до полного износа (универсальный режущий, мерительный, вспомогательный, универсальный кузнечный, литейный и др.) и применяемый во вспомогательных производствах.

3) *Метод расчета по нормам расхода.* Под *нормой расхода* понимается количество инструмента данного типоразмера, расходуемого (изнашиваемого) при обработке одной детали или изделия. Для удобства расчета часто норму расхода инструмента определяют на 100 или 1000 штук деталей (изделий). Расход инструмента определяется как сумма произведений нормы расхода и количества единиц продукции, подлежащих выпуску в планируемом периоде $N_{\text{вып}}$.

$$U_{\text{расх}} = \sum_1^{K_{\text{из}}} N_{\text{вып}} u,$$

где $K_{\text{из}}$ — число наименований изделий (сборочных единиц, деталей), для обработки которых применяется данный типоразмер инструмента;

u — норма расхода инструмента на одну деталь или одно изделие.

В массовом и серийном производстве норма расхода режущего и абра-

зивного инструмента и рассчитывается как отношение машинного времени обработки данным инструментом одной детали или изделия $t_{\text{маш}}$ к машинному времени работы инструмента до его полного износа $T_{\text{изн}}$, в часах:

$$u = \frac{t_{\text{маш}}}{T_{\text{изн}}}$$

Величина $T_{\text{изн}}$ определяется как

$$T_{\text{изн}} = \left(\frac{L}{l} + 1 \right) \times t_{\text{ст}},$$

где L — общая допустимая толщина слоя металла, снимаемого с инструмента при заточке;

l — толщина слоя металла, снимаемая за одну заточку инструмента;

$t_{\text{ст}}$ — экономическая стойкость инструмента между двумя заточками в часах.

Расход режущего и абразивного инструмента U вычисляется по формуле:

$$U_{\text{расх}} = \frac{\sum_{K_{\text{из}}} N_{\text{вып}} t_{\text{маш}}}{T_{\text{изн}} (1 - \eta_{\text{уб}})},$$

где $\eta_{\text{уб}}$ — коэффициентслучайной убыли, принимаемый равным 0,15-0,25.

Расход штампов определяется как

$$U_{\text{расх}} = \frac{N_{\text{вып}} K_{\text{уд}}}{K_{\text{дн}} T_{\text{изд}}},$$

где $K_{\text{уд}}$ — число ударов, необходимое для изготовления одной детали;

$K_{\text{дн}}$ — число деталей, одновременно штампуемых;

$T_{\text{изн}}$ — срок службы штампа до полного износа, определяемый числом выдерживаемых ударов.

Величина $T_{\text{изн}}$ для штампов вычисляется по формуле:

$$T_{\text{изн}} = \left(\frac{L}{l} + 1 \right) \times t_{\text{ст.м}} (K_{\text{м}} + 1) \times \eta_{\text{м}},$$

где $t_{\text{ст.м}}$ — стойкость матрицы между двумя заточками, измеряемая числом производимых ударов;

$K_{\text{м}}$ — число смен матрицы, допускаемое штампом до его полного износа; $\eta_{\text{м}}$ — коэффициент, учитывающий снижение стойкости матрицы после каждой ее заточки.

В единичном и мелкосерийном производстве, где нельзя заранее установить наименование и количество деталей, подлежащих изготовлению данным инструментом, расход режущего и абразивного инструмента рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{расх}} = \frac{1}{100} \frac{\sum_{i=1}^{Q_u} F_{\text{эф}} P_{\text{и.и}}}{T_{\text{изн}}},$$

где Q_u — число станков, на которых применяется данный инструмент;

$P_{\text{и.и}}$ — процент времени использования инструмента из всего эффективного фонда времени работы одного станка. Величина $P_{\text{и.и}}$ равна произведению коэффициента машинного времени по данному станку, т. е. доли машинного времени в общем времени работы станка, на процент применения данного инструмента на станке, определяемый по картам типового оснащения станков.

Расход штампов и приспособлений в единичном и мелкосерийном производстве определяется путем расчетов, аналогичных расчетам в массовом и серийном производстве. Значения отдельных показателей для расчета расхода инструмента в зависимости от его типоразмера, материала, из которого он изготовлен, и обрабатываемого материала определяются по соответствующим справочникам.

Организация инструментального хозяйства предприятия. Каждое из подразделений, входящих в состав инструментального хозяйства предприятия, требует рациональной организации.

Организация работы центрального инструментального склада. функциями ЦИС являются приемка, хранение, учет и выдача инструмента цехам.

Приемка инструмента. Весь инструмент, изготовленный инструментальными цехами или закупленный на стороне, должен поступать на ЦИС. Громоздкий инструмент передается непосредственно в цех с соответствующим оформлением документов через ЦИС. Инструмент, поступающий со стороны, принимается по сопроводительным документам (счетам-фактурам, накладным и т. п.); при приемке количество его проверяется работниками ЦИС, а качество — контрольным пунктом ОТК на ЦИС. Инструмент, поступающий на ЦИС из инструментальных цехов, принимается по накладным и качественной приемке на ЦИС не подвергается (его приемка осуществляется в инструментальных цехах).

Учет инструмента. На каждый типоразмер инструмента, хранимого на ЦИС, заводится *учетная карта* по форме, представленной в табл. 13.1. Учет прихода ведется на основании документов, поступающих вместе с партией инструмента, а учет расхода — по документам выдачи инструмента цехам. В этой же карте обозначаются места хранения и размеры запасов на ЦИС.

Выдача инструмента. Выдача инструмента цехам производится в соответствии с их потребностью согласно нормам расхода и планам производства. Могут устанавливаться лимиты для каждого цеха, тогда выдача инструмента осуществляется в пределах установленного лимита. При постоянстве потребности инструмент должен выдаваться в том количестве, в котором изношенный или сломанный инструмент был бы сдан цехом на базу восстановления или в утиль в соответствии с актами убыли (поломки). Отступления от этого порядка допускаются в случае необходимости пополнения оборотного фонда цеха или

при получении цехом инструмента впервые.

Таблица 13.1

Учетная карта

Наименование детали, материала или инструмента		Номер чертежа, марка или шифр		Размер или профиль		Единица измерения		Стеллаж		Полка		Ячейка							
Резец расточный из быстрорежущей стали		21302-015 РФ-1		16x25		Шт.		5		2		8							
Запас																			
Максимальный				Минимальный				Точка заказа		Поставщик		Получатель							
30				10				20		Инструментальный цех		Цехи № 20 и 22							
История движения инструмента																			
Дата		Номер документа		Приход		Расход		Остаток		Дата		Номер документа		Приход		расход		остаток	
12/VI		319		20				30											
13/VI		143		-		5		25											
15/VI		148				5		20											

Для каждого цеха по каждому типоразмеру инструмента, потребность в котором периодически имеет место, может быть установлен *лимит* (количество) расхода за определенный период времени (обычно месяц или квартал). Выдача инструмента цехам должна производиться только в пределах установленного лимита по требованиям (накладным) или по лимитным картам. В первом случае на получение определенного количества инструмента цех выписывает *требование* отдельно по каждому типоразмеру. Требование обычно визирует инструментальный отдел завода (с целью контроля за расходом и правильным распределением инструмента между цехами). Во втором случае на каждый типоразмер инструмента цеху выдается *лимитная карта*, в которой указан лимит на определенный период времени (месяц или квартал). Аналогичная карта направляется на ЦИС. Для получения инструмента цех предъявляет ЦИС лимитную карту, в которой кладовщик ЦИС отмечает дату выдачи, количество выданного, остаток лимита и расписывается. Такие же записи кладовщик делает в лимитной карте ЦИС. По истечении месяца лимитная карта сдается в бухгалтерию для списания инструмента. В случае, если лимит использован не полностью, выдается новая лимитная карта с указанием остатка лимита. Преимущество системы отпуска инструмента по лимитным картам заключается в более жестком контроле за расходом инструмента, что способствует его экономии, и в сокращении объема документации по оформлению отпуска инст-

румента. В массовом производстве инструмент доставляется в цехи с ЦИС по графику.

Организация работы цеховых инструментально-раздаточных кладовых. Основными функциями цеховых ИРК является получение инструмента из ЦИС, его хранение и учет, выдача на рабочие места и приемка с рабочих мест, отправка в переточку, ремонт, проверку и последующая приемка, списание изношенного инструмента и отправка на восстановительную базу или в утиль. Порядок хранения инструмента в ИРК аналогичен порядку его хранения на ЦС. Специальный инструмент располагается в стеллажах по детали-операциям или рабочим местам; в мелкосерийном и единичном производстве — по индексам (номерам) инструмента. Инструмент, требующий заточки, ремонта или проверки, должен храниться ИРК отдельно от годного, в специальном отделении.

Учет инструмента в ИРК ведется так же, как и на ЦИС, по картам учета. Приходится инструмент на основании требований, накладных или лимитных карт. Списание в расход производится на основании актов убыли (износа, поломки или утери) инструмента, в которых указываются причины и виновники преждевременного выхода инструмента из строя. По этим актам изношенный инструмент сдается на базу восстановления или в утиль. Учетные карты хранятся в картотеке в порядке индексов (номеров) инструмента. Весь инструмент, поступивший в ИРК с рабочих мест, должен подвергаться технической проверке и сортировке на контрольно-проверочном пункте. Инструмент, требующий ремонта или заточки, направляется соответственно в ремонт (в инструментальный цех или ремонтное отделение цеха) или заточку. На непригодный инструмент составляют акт убыли, после чего его направляют на базу восстановления или в утиль. Дополнительной функцией ИРК при активной системе обеспечения рабочих мест инструментом является комплектация инструментальных наладок. Поскольку по заранее разработанному графику в соответствии с оперативным планом производства комплекты инструмента должны доставляться на определенные рабочие места из ИРК взамен отработавших, требуется предварительная подготовка и формирование таких комплектов инструмента по комплектовочным Картам, передаваемым в ИРК заблаговременно вместе с графиком подачи инструмента на рабочие места. В условиях автоматизированного производства подготовленные в ИРК комплекты инструмента могут подаваться по графику непосредственно к производственным модулям или в автоматические транспортно-складские системы для восполнения хранимого в них запаса инструмента. В крупных механических цехах может быть несколько ИРК для обслуживания отдельных пролетов или участков. Инструментально-раздаточная кладовая должна быть расположена по возможности в центре цеха или участка.

Организация заточки, ремонта и восстановления инструмента. Выбор форм организации заточки, ремонта и восстановления инструмента на предприятии определяется масштабом этих работ и зависит прежде всего от типа производства. Заточка, ремонт и восстановление инструмента могут выполняться централизованно (силами специализированных подразделений и вспомогательных рабочих — заточников, ремонтников) или децентрализованно (силами са-

мих производственных подразделений и основных рабочих, пользующихся инструментом). Централизованно заточка, ремонт и восстановление инструмента могут выполняться объединенным цехом эксплуатации инструмента или инструментальным цехом (цехами) предприятия.

Ремонтировать частично изношенный или сломанный инструмент целесообразно в том случае, когда расходы на его ремонт меньше или равны остаточной части стоимости инструмента с учетом его износа. *Ремонт* сложного и дорогостоящего инструмента (штампов, моделей, приспособлений) должен быть планомерно-предупредительным. Ремонт инструмента в крупных цехах должен производиться на собственных ремонтных базах, для остальных цехов — в инструментальном цехе.

Под *восстановлением* инструмента понимается ремонт полностью изношенного или пришедшего в негодность и списанного (снятого с эксплуатации) инструмента для придания ему первоначального или другого вида, свойств и размеров. Технологические методы восстановления инструмента разнообразны: перешлифовка, металлизация, хромирование, наплавка твердыми сплавами и т. д. Затраты на восстановление инструмента обычно не превышают 40—60% стоимости нового инструмента. При этом не только снижаются расходы на инструмент, но и достигается экономия дефицитных инструментальных сталей. Более половины потребности в инструменте может покрываться за счет его восстановления. База восстановления инструмента обычно состоит из сортировочного пункта и мастерской по восстановлению, имеющей соответствующее оборудование. Примерный штат базы восстановления: начальник базы, мастер, технолог-нормировщик, плановик, учетчик, кладовщик, основные рабочие (станочники, слесари и др.), сортировщики и вспомогательные рабочие.

Организация работы инструментального цеха. Инструментальный цех должен изготавливать специальный инструмент для основных цехов (для выпускаемых и вновь осваиваемых заводом изделий), вспомогательных цехов и служб завода, в том числе инструмент второго порядка (инструмент для изготовления инструмента), производить ремонт и заточку инструмента. Выпуск инструмента, как правило, относится к единичному и мелкосерийному производству. Только на крупных заводах с массовым выпуском продукции инструментальное производство приближается к серийному типу.

Основные участки инструментального цеха могут быть как предметными, так и технологическими, зависимости от необходимого количества того или иного инструмента и загрузки оборудования. Например, в крупном инструментальном цехе могут быть следующие основные участки и отделения: заготовительное, кузнечное, термическое, металлопокрытий, режущего инструмента (с выделением иногда участка резцов и участка заточки нового инструмента), мерительного, вспомогательного инструмента, штампов, моделей и приспособлений. В небольшом инструментальном цехе могут быть заготовительный, механический и слесарный участки. К числу основных отделений или участков относятся также участки по восстановлению инструмента и его заточке (если производится заточка инструмента для других цехов). Вспомогательные участки те же, что и в механических цехах.

Количество оборудования, необходимого для инструментального цеха, может быть определено, если установлены годовая потребность в инструменте каждого типоразмера, изготавливаемом в этом цехе, и технология с нормами времени на его изготовление. Необходимое количество оборудования в данном случае рассчитывается обычными методами. При этом количество оборудования для изготовления инструмента второго порядка устанавливается в процентах от общей потребности в оборудовании для изготовления инструмента первого порядка для всех цехов завода (за исключением инструментальных). Для режущего инструмента это примерно 15%, для мерительного инструмента и приспособлений — 10%. Необходимо также учесть потребность в восстановлении и ремонте инструмента, которая может составлять около 20% от общей потребности в оборудовании на изготовление инструмента.

Техническая подготовка производства нового специального инструмента в инструментальном цехе крупного машиностроительного завода осуществляется на основании чертежей на инструмент первого порядка, поступающих в цех из инструментального отдела по спецификации, которая составляется на весь инструмент, необходимый для изготовления сборочной единицы или изделия в целом. В инструментальном цехе разрабатываются технологии изготовления нового инструмента первого порядка, конструируется инструмент второго порядка и разрабатываются технологии его изготовления. На инструмент, изготавливаемый повторно, инструментальный отдел завода выдает цеху только заказ на изготовление. Чертежи и технология на них не разрабатываются. Поступающие в инструментальный цех спецификации и заказы должны регистрироваться в *планово-диспетчерском бюро* (ПДБ) цеха (для целей дальнейшего контроля технической и материальной подготовки и изготовления инструмента) и передаваться в бюро подготовки производства инструментального цеха. Спецификации и наряды одновременно служат и планово-учетными документами. Карты технологических процессов изготовления нового инструмента целесообразно объединять с маршрутными картами, чтобы не переписывать технологический процесс и нормы времени из технологических карт в маршрутные карты или рабочие наряды, чтобы один документ служил для технологических и планово-учетных целей. На небольших машиностроительных заводах техническая подготовка производства инструмента сосредоточивается в отделе главного технолога завода.

Оперативно-производственное планирование в инструментальном цехе осуществляется в основном также, как и в механических цехах с единичным и мелкосерийным производством. Инструментальный отдел завода выдает цеху месячную производственную программу, составляемую по группам инструмента, которые должны соответствовать основным участкам инструментального цеха. Инструмент, выпускаемый впервые для вновь осваиваемых заводом изделий или вспомогательных цехов и служб завода, включается в месячную программу в соответствии с планом-графиком технической подготовки новых производств или по заявкам вспомогательных цехов и служб завода. Работы по заточке, ремонту и восстановлению инструмента включаются суммарно в нормочасах, определяемых процентом от трудоемкости изготовления инструмента

или по поступившим от цехов заявкам за предыдущий месяц. В месячной программе должен быть предусмотрен резерв в загрузке оборудования для выполнения внеплановых (случайных) работ. На основании месячной программы для цеха ПДБ составляет месячные задания для участков.

Основные технико-экономические показатели инструментального хозяйства:

- *снижение расхода инструмента в процентах к плановому расходу* определяется делением разности между расходом по плану и фактическим расходом инструмента в денежном выражении по заводу на расход по плану;
- *доля расходов на инструмент в себестоимости выпускаемой продукции* определяется как отношение расхода инструмента в денежном выражении по заводу к себестоимости товарной продукции завода;
- *размер оборотного фонда инструмента по заводу в днях или в процентах к месячному (годовому) расходу* определяется делением среднегодового остатка инструмента в денежном выражении по заводу на среднедневной или месячный расход инструмента;
- *затраты на восстановление инструмента в процентах к общему расходу или объему собственного производства инструмента* определяются по данным бухгалтерского учета;
- *доля специального инструмента в общем расходе инструмента* — расход специального инструмента в денежном выражении по заводу определяется по данным бухгалтерского учета;
- *доля покупного инструмента в общем расходе инструмента* определяется как отношение затрат на покупку инструмента к общему расходу инструмента в денежном выражении.

Основные направления совершенствования организации и планирования инструментального хозяйства промышленного предприятия: повышение уровня стандартизации инструмента, расширение области применения универсально-сборных и универсально-наса-дочных приспособлений, более широкое использование типовых технологических процессов; концентрация производства однотипной специальной оснастки, расширение объемов восстановления инструмента на специализированных инструментальных заводах и в цехах, комплексная механизация и автоматизация инструментального производства и хозяйства; внедрение прогрессивных форм обеспечения рабочих мест инструментом с усилением технического надзора за его состоянием, совершенствование нормативной базы, планирования и учета в инструментальном хозяйстве на основе современных информационных технологий.

13.2. РЕМОНТНОЕ ХОЗЯЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЯ

Техническое обслуживание и ремонт оборудования на предприятии осуществляет *ремонтное хозяйство*.

Назначение и состав ремонтного хозяйства. Назначение ремонтного хозяйства предприятия — своевременное и в полном объеме удовлетворение

потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами. Производственные подразделения предприятия, участвующие в выпуске продукции, используют разнообразное технологическое оборудование. В процессе эксплуатации оборудование подвергается физическому износу, из-за чего снижаются его точность, производительность и другие характеристики. Это может стать причиной снижения качества продукции, ухудшения технико-эксплуатационных характеристик оборудования и технико-экономических показателей производства. Для компенсации износа и поддержания оборудования в работоспособном состоянии на требуемом уровне необходимо своевременно заменять износившиеся части оборудования, восстанавливать их первоначальные свойства и размеры, производить регулировку и настройку отдельных агрегатов, выполнять другие виды работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Поскольку на предприятии много разнообразного технологического оборудования, возникает потребность в систематическом выполнении большого объема ремонтно-профилактических работ силами специализированных подразделений. Такие специализированные подразделения на предприятии объединяются в единое ремонтное хозяйство.

В состав ремонтного хозяйства предприятия входят общезаводские и цеховые ремонтные подразделения, обеспечивающие ремонт и обслуживание технологического оборудования: *ремонтно-механический цех*, непосредственно подчиненный главному механику предприятия, и *цеховые ремонтные базы*, находящиеся в ведении механиков цехов. К общезаводскому ремонтному хозяйству относятся также смазочное и эмульсионное хозяйство, склады оборудования и запчастей. Координацию деятельности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования на предприятии выполняет *отдел главного механика*. В состав ремонтного хозяйства крупных промышленных предприятий могут также входить *ремонтно-строительный цех*, выполняющий ремонт зданий и сооружений на территории предприятия, подчиненный отделу капитального строительства, *электроремонтный цех*, выполняющий ремонт энергооборудования и подчиненный главному энергетiku. Основные функции ремонтного хозяйства:

- паспортизация и аттестация оборудования;
- разработка технологических процессов ремонта и их оснащения;
- организация и планирование технического обслуживания и ремонта оборудования, труда ремонтного персонала;
- выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту, модернизации оборудования.

Ремонтное хозяйство предприятия выполняет техническое обслуживание и ремонт оборудования. Цель технического обслуживания и ремонта оборудования - поддержание его в постоянной работоспособности. Достижение этой цели наиболее экономичным способом предполагает минимизацию общих затрат вследствие выхода из строя оборудования и на поддержание его в рабочем состоянии. В техническом обслуживании возможны два различных подхода: реагирования на факт поломки и предотвращения факта поломки. Когда по ус-

ловиям производства допустим любой из них, решение принимается на основе критерия минимума общих затрат: с одной стороны, затрат от простоев во время аварийных (неплановых) ремонтов и их стоимости, с другой — затрат от простоев во время профилактических (плановых) ремонтов и их стоимости, на одних технически обоснованных долгосрочных временных интервалах (обычно соизмеримых со сроком службы оборудования).

В большинстве случаев остановка производства из-за отказа оборудования не допустима или крайне не желательна. Поэтому в производстве преобладает *профилактический подход*, нацеленный на предотвращение фактов отказа оборудования вследствие технических неисправностей. На практике часто оказывается технически не возможно и экономически не целесообразно обеспечить полную безотказность работы оборудования за счет мер профилактического характера, поэтому они дополняются мерами, предусматриваемыми на случай отказа (аварийного выхода из строя). При высокой организации системы профилактического обслуживания вероятность отказа оборудования резко сокращается, возможные мелкие неисправности могут устраняться в текущем порядке. При этом обеспечивается баланс между затратами на профилактику отказов и потерями вследствие отказов. Практической реализацией такого подхода является система *планово-предупредительного ремонта* (ППР) оборудования.

Система планово-предупредительного ремонта оборудования. Планово-предупредительная форма организации ремонта технологического оборудования во всем мире признана наиболее эффективной и нашла наибольшее распространение. Разработка системы планово-предупредительного ремонта оборудования начата в СССР в 1923 г. В настоящее время различные варианты системы ППР являются основой организации технического обслуживания и ремонта оборудования на предприятиях большинства отраслей сферы материального производства и сервиса.

Система планово-предупредительного ремонта оборудования — это совокупность запланированных организационных и технических Мероприятий по уходу, надзору за оборудованием, его обслуживанию и ремонту. Цель этих мероприятий - предотвращение прогрессивно нарастающего износа, предупреждение аварий и поддержание оборудования в постоянной готовности к работе. Система ППР предполагает проведение профилактических мероприятий по техническому обслуживанию и плановому ремонту оборудования через определенное число часов его работы, при этом чередование и периодичность мероприятий определяются особенностями оборудования и условиями его эксплуатации.

Система ППР включает техническое обслуживание и плановый ремонт оборудования. *Техническое обслуживание* — это комплекс операций по поддержанию работоспособности оборудования при использовании его по назначению, при хранении и транспортировке. Техническое обслуживание включает текущее межремонтное обслуживание и периодические профилактические ремонтные операции. *Текущее межремонтное обслуживание* заключается в повседневном наблюдении за состоянием оборудования и соблюдении правил его

эксплуатации, своевременном регулировании механизмов и устранении возникающих мелких неисправностей. Эти работы выполняются основными рабочими и дежурным ремонтным персоналом (слесарями, смазчиками, электриками), как правило, без простоя оборудования. *Периодические профилактические ремонтные операции* регламентированы и выполняются ремонтным персоналом по заранее разработанному графику без простоя оборудования. К числу таких операций относятся осмотры, проводимые для выявления дефектов, подлежащих устранению немедленно или при ближайшем плановом ремонте; промывка и смена масла, предусмотренные для оборудования с централизованной и картерной системой смазки; проверка точности, выполняемая персоналом отделов технического контроля и главного механика.

Плановый ремонт включает текущий ремонт и капитальный ремонт. *Текущий ремонт* производится в процессе эксплуатации оборудования с целью обеспечения его работоспособности до очередного планового ремонта (следующего текущего или капитального). Текущий ремонт состоит в замене или восстановлении отдельных частей (деталей, сборочных единиц) оборудования и выполнении регулировки его механизмов. *Капитальный ремонт* проводится с целью восстановления полного или близкого к полному ресурса оборудования (точности, мощности, производительности). Капитальный ремонт, как правило, требует проведения ремонтных работ в стационарных условиях и применения специальных средств технологического оснащения. Поэтому обычно требуется снятие оборудования с фундамента на месте эксплуатации и его доставка в специализированное подразделение, где проводится капитальный ремонт. При капитальном ремонте производится полная разборка оборудования с проверкой всех его частей, заменой и восстановлением всех изношенных деталей, выверкой координат и т.д.

Система ремонта и технического обслуживания в зависимости от характера и условий эксплуатации оборудования может функционировать в различных организационных формах: в виде послеосмотровой системы, системы периодического ремонта или системы стандартного ремонта. *Послеосмотровая система* предполагает проведение по заранее разработанному графику осмотров оборудования, в ходе которых устанавливается его состояние и составляется ведомость дефектов. На основании данных осмотра определяются сроки и содержание предстоящего ремонта. Эта система применяется для некоторых видов оборудования, работающего в стабильных условиях. *Система периодического ремонта* предполагает планирование сроков и объемов ремонтных работ всех видов на основе развитой нормативной базы. Фактический объем работ корректируется относительно нормативного по результатам осмотра. Эта система наиболее распространена в машиностроении. *Система стандартного ремонта* предполагает планирование объема и содержания ремонтных работ на основе точно установленных нормативов и строгое соблюдение планов ремонта независимо от фактического состояния оборудования. Эта система применяется к оборудованию, неплановая остановка которого недопустима или опасна (например, подъемно-транспортные устройства).

Эффективность системы ППР в значительной степени определяется раз-

витостью ее нормативной базы и точностью установленных нормативов. *Нормативы системы ППР* предприятия дифференцируются по группам оборудования. Основными ремонтными нормативами являются ремонтные циклы и их структура, категории сложности ремонта, трудоемкость и материалоемкость ремонтных работ, материальные запасы для ремонтных нужд.

Ремонтный цикл - это период времени от момента ввода оборудования в эксплуатацию до первого капитального ремонта или между двумя последовательно выполняемыми капитальными ремонтами. Ремонтный цикл представляет собой наименьший повторяющийся период эксплуатации оборудования, в течение которого осуществляются в установленной последовательности все виды технического обслуживания и ремонта в соответствии со структурой ремонтного цикла. *Структура ремонтного цикла* устанавливает перечень, количество и последовательность выполнения ремонта оборудования в течение ремонтного цикла. Например, структура ремонтного цикла может включать следующую последовательность Ремонтa:

$$K - T_1 - T_2 - T_3 - K,$$

где T_1, T_2 и T_3 — соответственно первый, второй и третий текущий ремонт;

K — капитальный ремонт (в ремонтный цикл включается только один капитальный ремонт).

Содержание работ, выполняемых в рамках каждого из текущих ремонтов, регламентируется и может существенно отличаться от других, присутствующих в ремонтном цикле. В структуре ремонтного цикла может предусматриваться малый (M) и средний (C) ремонт: например, $T_2 = C$; $T_1 = T_3 = M$.

Аналогично может представляться *структура цикла технического обслуживания*, устанавливающая перечень, количество и последовательность выполнения работ по межремонтному техническому обслуживанию (сменный осмотр, частичный осмотр, пополнение смазки, замена смазки, профилактическая регулировка и т. д.). Возможно включение работ по *техническому обслуживанию* (ТО) в структуру ремонтного цикла, например:

$$K - TO_1 - T_1 - TO_2 - T_2 - TO_3 - T_3 - TO_4 - K.$$

Ремонтный цикл измеряется оперативным временем работы оборудования, время простоя в ремонте в цикл не включается. Длительность ремонтного цикла определяется сроком службы основных механизмов и деталей, замена или ремонт которых могут быть осуществлены во время полной разборки оборудования. Износ основных деталей зависит от многих факторов, основными из которых являются: тип производства, от которого зависит интенсивность использования оборудования; физико-механические свойства обрабатываемого материала, от которых зависит интенсивность износа оборудования и его частей; условия эксплуатации, такие, как повышенная влажность, запыленность и загазованность; класс точности оборудования, определяющий уровень требований к контролю за техническим состоянием оборудования; размер оборудования (категория массы - до 10 т, от 10 до 100 т, свыше 100 т), от чего зависит доля машинного времени в общем времени.

Длительность ремонтного цикла T определяется в отработанных машино-часах расчетным способом по эмпирическим зависимостям, учитывающим влияние многих факторов, в том числе перечисленных выше:

$$T = T_{\text{н}} \beta_{\text{п}} \beta_{\text{м}} \beta_{\text{у}} \beta_{\text{т}} \beta_{\text{р}},$$

где $T_{\text{н}}$ — нормативный ремонтный цикл, часов (например, для определенных металлорежущих станков $T_{\text{н}} = 16\,800$ ч.);

$\beta_{\text{п}}$, $\beta_{\text{м}}$, $\beta_{\text{у}}$, $\beta_{\text{т}}$ и $\beta_{\text{р}}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно тип производства, вид обрабатываемого материала, условия эксплуатации, точность и размеры оборудования. Значения коэффициентов и нормативная длительность ремонтного цикла определяются на основе обобщения и анализа фактических данных предприятия или принимаются по справочным данным.

Межремонтный период $T_{\text{мр}}$ и периодичность технического обслуживания $T_{\text{мо}}$ выражаются также числом отработанных часов:

$$\begin{aligned} T_{\text{мр}} &= T / (n_{\text{т}} + 1), \\ T_{\text{мо}} &= T / (n_{\text{т}} + n_{\text{то}} + 1), \end{aligned}$$

где $T_{\text{мр}}$ и $T_{\text{мо}}$ — соответственно число текущих ремонтов и работ по техническому обслуживанию за один ремонтный цикл.

Длительность ремонтного цикла, межремонтного периода и периодичности технического обслуживания может быть выражена в годах или месяцах, если известна сменность работы оборудования. Правильный уход за оборудованием в процессе его эксплуатации, проведение организационно-технических мероприятий, продлевающих срок службы деталей и частей оборудования, способствуют увеличению фактической длительности ремонтного цикла и межремонтных периодов по сравнению с нормативными. Сроки службы быстроизнашивающихся деталей и частей оборудования короче длительности межремонтного периода. Поэтому их целесообразно заменять по мере износа в межремонтный период. Трудоемкость ремонта при этом сокращается, объем работ по межремонтному обслуживанию увеличивается.

Трудоемкость и материалоемкость ремонта и технического обслуживания оборудования зависят от его конструктивных особенностей. Чем сложнее оборудование, чем больше его размеры и выше точность обработки, тем выше сложность его ремонта и технического обслуживания, тем выше трудоемкость и материалоемкость этих работ. По признаку сложности ремонта оборудование распределено по категориям ремонтной сложности. Трудоемкость ремонтных работ отдельно по механической и электрической части оборудования определяется через трудоемкость единицы сложности ремонта.

Категория ремонтной сложности (R) — это степень сложности ремонта оборудования. Категория ремонтной сложности оборудования определяется по числу единиц сложности ремонта, присвоенных данной группе оборудования путем сопоставления его с принятым эталоном — условным оборудованием. На отечественных предприятиях машиностроения за единицу ремонтной сложности механической части традиционно принимается ремонтная сложность ус-

ловного оборудования, трудоемкость капитального ремонта которого составляет 50 ч, за единицу ремонтной сложности его электрической части — 12,5 ч (1/11 трудоемкости капитального ремонта токарно-винторезного станка 1К62, которому присвоена 11-я категория сложности ремонта).

Ремонтная единица (р. е.) — это трудоемкость соответствующего вида ремонта оборудования первой категории сложности ремонта. Нормы трудоемкости на одну ремонтную единицу задаются по видам ремонтных работ (промывка, проверка, осмотр, текущий и капитальный ремонт) отдельно на слесарные, станочные и прочие работы. Трудоемкость каждого вида ремонтных работ определяется путем перемножения норм времени для данного вида работ по одной ремонтной единице на число ремонтных единиц категории сложности ремонта соответствующего оборудования.

Суммарная *трудоемкость ремонтных работ* (Q) в плановом периоде рассчитывается по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^{n_k} R_i q_k + \sum_{i=1}^{n_t} R_i q_t + \sum_{i=1}^{n_{то}} R_i q_{то},$$

где R_i - категория сложности ремонта i -го оборудования, ремонтных единиц;

q_k , q_t и $q_{то}$ — нормы трудоемкости капитального и текущего ремонта, технического обслуживания на одну ремонтную единицу, часов;

n_k , n_t и $n_{то}$ — число капитальных и текущих ремонтов, работ по техническому обслуживанию в плановом периоде.

Организация ремонтных работ. Организация ремонтных работ включает две фазы — их подготовку и выполнение.

Организация подготовки ремонтных работ. В соответствии с системой планово -предупредительного ремонта она включает конструкторско-технологическую и организационно-плановую подготовку. *Конструкторско-технологическая подготовка ремонта* имеет целью обеспечить готовность предприятия к проведению ремонта оборудования в части конструкторско-технологических решений. Различают конструкторскую и технологическую подготовку ремонта. *Конструкторская подготовка ремонта* включает формирование и постоянное обновление (ведение) баз данных по конструкции оборудования, его агрегатам и сборочным единицам с детализацией, определение номенклатуры и нормализацию (унификацию) сменных деталей, установление ремонтных размеров для изнашивающихся деталей, разработку и использование деталей-компенсаторов, деталей-предохранителей и заменителей дефицитных материалов, модернизацию оборудования.

При капитальном (и среднем) ремонте целесообразно проводить модернизацию оборудования. *Модернизация оборудования* — приведение оборудования в соответствие с современными требованиями путем изменения конструкции и материала его частей или принципа работы. При модернизации производится замена некоторых частей или агрегатов более совершенными, а также оснащение оборудования новыми механизмами (устройствами, приспособлениями). Целью модернизации оборудования может быть: повышение уровня меха-

низации и автоматизации; повышение производительности; расширение технологических возможностей, повышение срока службы, точности, мощности, скорости, режимов обработки; улучшение условий труда персонала и соответствия требованиям техники безопасности; снижение эксплуатационных расходов.

Плановая подготовка ремонта заключается в разработке планов-графиков ремонта. Планирование ремонта оборудования в производственных цехах ведется на год с разбивкой по месяцам, если иное не предусмотрено особенностями конкретного производства или оборудования. План ремонта составляется по каждому цеху и охватывает каждую единицу оборудования. На основе календарного плана ремонта определяется трудоемкость предстоящих ремонтных работ, потребность в ремонтном персонале и материалах для ремонтных нужд. В план ремонта включаются работы по техническому обслуживанию и плановые ремонты.

Месяц, в котором должны проводиться очередной ремонт или техническое обслуживание по плану, определяется путем прибавления к месяцу предыдущего ремонта (технического обслуживания) длительности межремонтного периода (периодичности технического обслуживания) в месяцах. Вид очередного ремонта устанавливается по структуре ремонтного цикла в зависимости от вида предыдущего ремонта. Календарные сроки и вид ремонта могут корректироваться на основании данных учета фактически отработанных оборудованием часов за период от последнего ремонта и уточнения фактического состояния оборудования по результатам технического осмотра. Установленная нормативом периодичность технического обслуживания не должна нарушаться.

Трудоемкость определяется на основе норм трудоемкости отдельных ремонтных операций в расчете на одну единицу ремонтной сложности оборудования отдельно по механической и электрической части. Трудоемкость слесарных, станочных и прочих работ по каждой единице оборудования определяется как произведение трудоемкости одной ремонтной единицы по соответствующей ремонтной операции и категории сложности данного оборудования. Трудоемкость всех ремонтных работ по всем единицам оборудования выравнивается по месяцам, чтобы обеспечить равномерную загрузку постоянного числа рабочих-ремонтников.

Потребное число рабочих-ремонтников для выполнения планового ремонта определяется как отношение годовой трудоемкости всех ремонтных работ к годовому эффективному фонду времени работы одного ремонтного рабочего с учетом процента выполнения норм времени. Потребное число рабочих-ремонтников (станочников и дежурных слесарей) для межремонтного обслуживания определяется как отношение суммарного числа ремонтных единиц обслуживаемого оборудования к норме обслуживания одним рабочим в смену в ремонтных единицах с учетом числа смен. Потребность в материалах для ремонтных нужд определяется на основе норм расхода материалов, установленных на единицу ремонтной сложности.

Годовой и месячные планы ремонта оборудования цеха составляются отделом главного механика при участии механика цеха. Учет и контроль выпол-

нения планов ведется планово-производственным бюро. Фактическое выполнение отмечается непосредственно в плане ремонта (план/факт).

Организация выполнения ремонтных работ. В зависимости оттого, какую долю ремонтных работ выполняют общезаводские и цеховые подразделения ремонтного хозяйства, различают три формы организации технического обслуживания и ремонта на предприятии: централизованная, децентрализованная и смешанная. При централизованной форме все виды ремонта и иногда межремонтное обслуживание производит ремонтно-механический цех предприятия. При децентрализованной форме все виды ремонта и межремонтное обслуживание производят цеховые ремонтные базы; они же изготавливают новые и восстанавливают изношенные части. При смешанной форме наиболее трудоемкие работы (капитальный ремонт, модернизация оборудования, изготовление запасных и сменных частей, восстановление изношенных частей, требующих применения специальных средств технологического оснащения) производит ремонтно-механический цех предприятия, все остальные работы (текущий ремонт и межремонтное обслуживание) — цеховые ремонтные базы, комплексные бригады слесарей-ремонтников, закрепляемые за отдельными участками.

Централизованная форма организации характерна для предприятий единичного и мелкосерийного производства, децентрализованная — для предприятий крупносерийного и массового производства, смешанная — для предприятий серийного производства. Смешанная форма организации технического обслуживания и ремонта находит все большее распространение по мере повышения требований к качеству выпускаемой продукции и увеличения доли сложного, прецизионного и автоматического оборудования в станочном парке предприятий.

Для проведения ремонта без полной остановки производства, ускорения ремонтных работ и сокращения простоев оборудования в ремонте целесообразно использовать агрегатный (узловой) или последовательно-агрегатный (последовательно-узловой) методы ремонта. При *агрегатном методе* отдельные агрегаты (сборочные единицы) оборудования, подлежащие ремонту, демонтируются и отправляются в ремонт, а на их место устанавливаются запасные (оборотные), заранее отремонтированные или новые. Применение этого метода экономически целесообразно при ремонте большого числа единиц оборудования одинаковых моделей. При *последовательно-агрегатном методе* агрегаты, требующие ремонта, демонтируются и заменяются запасными не одновременно, а последовательно, во время перерывов (обычно режимных) в работе оборудования. Этот метод применяется для оборудования, имеющего ряд конструктивно обособленных элементов (агрегатов и модулей), которые могут быть отремонтированы и испытаны отдельно.

В условиях поточного и автоматизированного производства аварийный выход из строя отдельных агрегатов оборудования может привести к полной остановке работы целого производственного подразделения. Для предупреждения аварийных ситуаций организуется обязательное регулярное профилактическое обслуживание оборудования в нерабочее время, создается необходимый запас сменных быстроизнашивающихся частей. Плановый ремонт оборудова-

ния на поточных линиях и в автоматизированных производствах выполняется в часы профилактики и нерабочие дни, смены или часы агрегатным или последовательно-агрегатным методом, «против потока», стандартным и т. д.

При планировании вывода отдельных единиц оборудования в длительный ремонт учитываются возможности их замены имеющимися единицами-дублерами и резервными (обычно не используемыми) единицами или установками временных единиц-заменителей. Рассматриваются также временные схемы технологических маршрутов обработки без участия данных единиц оборудования, для чего может потребоваться временное изменение структуры выпуска продукции в части номенклатурных позиций. Может заблаговременно создаваться задел для обеспечения последующих по ходу технологического процесса операций на время простоя оборудования в плановом ремонте. Заделы создаются за счет сверхурочных работ на всех операциях, предшествующих той, на которой оборудование выводится в ремонт. Размер задела определяется как произведение количества часов простоя в ремонте и количества деталей, выпускаемых за час. Для сокращения заделов нужно минимизировать время простоя оборудования в ремонте.

Для сокращения времени простоя оборудования в ремонте необходимо проводить техническую и организационно-плановую подготовку к выводу каждой единицы оборудования в ремонт. За подготовку ремонта при той или иной форме его организации отвечает или механик производственного цеха, или начальник ремонтно-механического цеха. В любом случае время вывода оборудования в плановый ремонт согласовывается с руководством производственного цеха, отвечающим за производство продукции. Приемка оборудования после ремонта при той или иной форме его организации производится или только представителем отдела технического контроля предприятия, или совместно с представителем цеха-заказчика (механика цеха). Тяжелое и уникальное оборудование после капитального (среднего) ремонта принимает комиссия под председательством главного механика предприятия, в которой обязательно должны участвовать начальник, механик и энергетик производственного цеха-заказчика, а также начальник отдела технического контроля предприятия. Акт о приемке подписывается по истечении испытательного срока работы оборудования. Контроль за состоянием оборудования в процессе его эксплуатации осуществляется дежурными слесарями-ремонтниками, механиком цеха и инспекторской группой отдела главного механика.

Организация ремонтного хозяйства предприятия. Основными элементами организационной структуры ремонтного хозяйства предприятия являются отдел главного механика, ремонтно-механический цех и цеховые ремонтные базы. Функции конструкторской и технологической подготовки, материального обеспечения, планирования и организации работ по техническому обслуживанию и ремонту, модернизации оборудования выполняет в составе ремонтного хозяйства предприятия *отдел главного механика*. Его состав и численность персонала зависят от числа ремонтных единиц оборудования, имеющегося на предприятии.

На крупных предприятиях с большим числом ремонтных единиц оборуду-

дования в составе отдела главного механика могут выделяться бюро ремонта, конструкторско-технологическое, планово-производственное бюро и группа кранового оборудования. *Бюро ремонта* обычно включает следующие группы. *Инспекторская группа* осуществляет технический надзор за эксплуатацией и состоянием технологического оборудования (по видам, за исключением кранового), планирование и контроль выполнения планов его ремонта и технического обслуживания. *Группа учета и хранения оборудования* осуществляет учет оборудования и его перемещения, отвечает за хранение и консервацию неустановленного (демонтированного) оборудования. *Группа по запасным частям* устанавливает номенклатуру, сроки службы, нормы расхода запасных частей и покупных материалов для ремонтных нужд, осуществляет планирование и контроль их закупки и изготовления, управление их запасами. *Группа смазочного хозяйства* осуществляет разработку и контроль графиков смазки оборудования, планирование потребности в обтирочно-смазочных материалах, организацию сбора отработанного масла и его регенерацию.

Конструкторско-технологическое бюро осуществляет конструкторско-технологическую подготовку технического обслуживания и ремонта, модернизации оборудования. *Планово-производственное бюро* осуществляет планирование и контроль работы ремонтно-механического цеха (и прочих ремонтных цехов, если они есть), ремонтных баз цехов основного и вспомогательного производства, организацию их материального обеспечения и анализ технико-экономических показателей. *Группа кранового оборудования* осуществляет технический надзор за эксплуатацией и состоянием подъемно-транспортного оборудования, планирование и контроль выполнения планов его ремонта и технического обслуживания. На небольших предприятиях отдел главного механика обычно включает бюро ремонта, конструкторско-технологическое бюро и бюро энергетики, выполняющие функции отсутствующего на таких предприятиях отдела главного энергетика.

Цеховые ремонтные базы включают участок (отделение) механика цеха и кладовую запасных частей. Ремонтный персонал цеха состоит из комплексных бригад слесарей-ремонтников и штата дежурного ремонтного персонала. Комплексные бригады слесарей-ремонтников закрепляются за определенным участком (линией, пролетом, цехом, корпусом) для выполнения всех видов ремонтных работ. Трудоемкость ремонтных работ определяет численность бригад. За каждым членом бригады закрепляется группа единиц оборудования, как правило, на постоянной основе. Более желательна периодическая ротация членов бригады по объектам (зонам) обслуживания для овладения каждым смежными профессиями. Это обеспечивает взаимозаменяемость членов бригады, повышает ее надежность и гибкость как производственной единицы.

Режим работы ремонтных рабочих отличается от режима работы основных рабочих (начало-окончание смены и перерывов на отдых, выходные дни). Для сокращения простоев оборудования в ремонте ремонтные работы над ним желательно выполнять во внерабочее время основного производства. Комплексные бригады слесарей-ремонтников постоянно работают по плану (в соответствии с графиком проведения планово-предупредительного ремонта обо-

рудования). Ремонтный персонал, выделяемый для дежурного обслуживания по сменам, предназначен для устранения в экстренном порядке поломки оборудования и аварийных ситуаций в случае их возникновения.

Для снижения затрат на ремонт, повышения его качества и снижения простоев оборудования в ремонте целесообразно централизованное выполнение капитального ремонта и производство запасных частей силами специализированных организаций и подразделений. В рамках промышленной компании целесообразно организовать централизованное размещение подобных заказов на стороне или на собственных предприятиях. При этом в компании могут быть специализированные ремонтно-механические предприятия или цехи. Назначение *ремонтно-механического цеха* — изготовление запасных частей и выполнение капитального ремонта оборудования цехов основного и вспомогательного производства предприятия. Его силами производится также монтаж и демонтаж, модернизация оборудования в цехах, при централизованной форме организации ремонта осуществляются и все виды межремонтного обслуживания.

Капитальный ремонт производится в ремонтно-механическом цехе на специально оборудованных рабочих местах (стендах, площадках) или на месте (для тяжелого оборудования). В производственной структуре ремонтно-механического цеха обычно выделяются технологические участки (станочный, монтажный, слесарно-сборочный, заготовительный со складом, сварочный и термический), а также промежуточные склады, склад запасных частей и вспомогательных материалов, инструментально-раздаточная кладовая с заточным отделением. Организация и планирование работы ремонтно-механического цеха осуществляются так же, как в механических цехах с единичным и мелкосерийным типом производства.

Основные технико-экономические показатели ремонтного хозяйства:

- *время простоя оборудования в ремонте, приходящееся на одну ремонтную единицу*, определяется как отношение суммарного простоя в ремонте всего оборудования к числу ремонтных единиц оборудования, которое подвергается ремонту в соответствующем периоде;

- *число ремонтных единиц установленного оборудования, приходящееся на одного ремонтного рабочего*, характеризует производительность труда ремонтных рабочих;

- *себестоимость ремонта одной ремонтной единицы* определяется как отношение всех расходов по ремонту оборудования за определенный период, включая накладные, к числу ремонтных единиц оборудования, которое подвергается ремонту в том же периоде;

- *оборачиваемость парка запасных частей* определяется как отношение стоимости израсходованных запасных частей к их среднему остатку на складе;

- *число аварий, поломок и внеплановых ремонтов на единицу оборудования* характеризует эффективность системы планово-предупредительного ремонта оборудования.

Совершенствование организации и планирования ремонтного хозяйства направлено на улучшение его технико-экономических показателей: сокращение времени простоя оборудования в ремонте, приходящегося на одну ремонтную

единицу; рост числа ремонтных единиц установленного оборудования, приходящихся на одного ремонтного рабочего; снижение себестоимости ремонта одной ремонтной единицы; увеличение оборачиваемости парка запасных частей; сокращение числа аварий, поломок и внеплановых ремонтов на единицу оборудования.

Основные направления совершенствования организации и планирования ремонтного хозяйства промышленного предприятия: внедрение прогрессивных технологических процессов, средств технологического оснащения, методов организации и планирования работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования; применение современных средств технической диагностики состояния оборудования (в том числе активного контроля); комплексная механизация и автоматизация работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования; паспортизация оборудования, аттестация работ и рабочих мест, автоматизированный учет и планирование ремонта, управление запасами запасных частей; расширение фирменного обслуживания и обеспечения запасными частями предприятий-потребителей через сети сервисных центров предприятий-изготовителей оборудования и их уполномоченных представителей; совершенствование нормативной базы, планирования и учета в ремонтном хозяйстве на основе современных информационных технологий.

13.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ХОЗЯЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЯ

В процессе производства продукции промышленные предприятия потребляют в значительных количествах энергию и энергоносители различных видов и параметров: электроэнергию, газообразное, жидкое и твердое топливо, горячую и холодную воду, пар, сжатый воздух, кислород, ацетилен и т. д. Для поддержания нормального хода производственного процесса на каждом предприятии требуется организация устойчивого энергоснабжения. Эта задача возложена на *энергетическое хозяйство предприятия*.

Назначение и состав энергетического хозяйства. Назначение энергетического хозяйства предприятия — надежное и бесперебойное Удовлетворение в полном объеме потребностей производственных подразделений предприятия в энергии необходимых параметров с минимальными затратами.

Основные задачи энергетического хозяйства предприятия: определение потребности предприятия в энергоресурсах и наиболее экономичных способов ее покрытия; организация устойчивого энергоснабжения предприятия и его подразделений в точном соответствии с потребностью; рациональная организация эксплуатации, технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования и сетей на предприятии; разработка и проведение мероприятий, направленных на сокращение энергопотребления, экономию энергии и всех видов топлива, использование вторичных энергоресурсов и нетрадиционных источников энергии, сокращение затрат на энергоснабжение предприятия и содержание энергохозяйства, снижение энергоемкости и энергетической составляющей в себестоимости продукции.

Функционально (технологически) в составе энергетического хозяйства предприятия выделяются подсистемы: *генерирующая* (электростанции, котельные, газогенераторные и компрессорные станции, насосные установки и т. д.), *передающая и распределительная* (трубопроводы и сети, распределительные устройства и трансформаторные подстанции), *потребляющая* (энергоприемники основного и вспомогательного производства и непроизводственные потребители).

Важной особенностью энергоснабжения является отсутствие возможности к созданию существенных запасов энергии (не путать с запасами энергоносителей), что вынуждает производить и потреблять энергию одновременно, а также обеспечивать соразмерность по величине ее производства и потребления. Режим производства энергии в каждый отрезок времени зависит от режима ее потребления. Потребление энергии в производстве неравномерно по часам суток, дням недели, месяцам и сезонам года. Поскольку изменяется во времени потребность в энергии (спрос), соответственно должно изменяться ее предложение (производство, закупка, отбор из внешней сети энергоснабжения). Еще одной важной особенностью, определяющей требования к организации энергетического хозяйства предприятия, является недопустимость сбоев в энергопитании технологических средств, участвующих в производстве товарной продукции: энергетическое хозяйство должно обеспечивать надежность и бесперебойность энергоснабжения. Объем и структура энергопотребления промышленного предприятия, организация его энергоснабжения зависят от энергоемкости производства, производственной мощности и размера предприятия, вида выпускаемой продукции и характера технологических процессов, развитости связей с внешними энергетическими сетями и поставщиками энергоресурсов.

Энергоснабжение может быть организовано в трех формах: внутреннее, внешнее и комбинированное. *Внутреннее энергоснабжение* применяется, когда в силу экономических или иных причин предприятие считает целесообразным полностью обеспечивать себя энергией всех видов от собственных генерирующих установок и станций, внешнее *энергоснабжение* предполагает полное удовлетворение потребностей предприятия в энергии всех видов за счет ее закупки у специализированных поставщиков и посредников энергоснабжения, обеспечивающих ее поставку точно к месту потребления на предприятии. *Комбинированное энергоснабжение* в настоящее время является основным для большинства промышленных предприятий: электроэнергию, тепло, воду и газ они получают от территориальных энергосистем и сетей, а сжатый воздух, ацетилен и все остальное — от собственных генерирующих установок и станций. Все виды энергоресурсов подразделяются на три группы: поступающие извне (закупаемые на стороне), собственного производства и вторичные. Под *вторичными энергоресурсами* понимаются различные энергоносители, получаемые как отходы или побочные продукты основного технологического процесса (доменный и коксовый газы, мятый пар молотов, горячие газы промышленных печей и т. п.).

Организационно в составе энергетического хозяйства предприятия выделяются подсистемы двух уровней — общезаводская и цеховая. Генерирующие,

преобразовательные установки и сети общезаводского значения относятся к *общезаводской части* энергохозяйства и эксплуатируются специальными энергетическими цехами или участками (электросиловым, теплосиловым, газовым, слаботочным, электромеханическим). К *цеховой части* энергохозяйства относятся все первичные энергоприемники (потребители энергии — печи, станки, подъемно-транспортное оборудование) и частично цеховые преобразовательные установки, установки для использования вторичных энергоресурсов и внутрицеховые распределительные сети.

На крупных предприятиях энергетическое хозяйство производственных цехов возглавляют энергетики цехов. Во главе энергетического хозяйства предприятия стоит главный энергетик, подчиняющийся главному инженеру (или главному механику) завода. В ведении главного энергетика находится *отдел главного энергетика* (ОГЭ) и энергетические цехи. На небольших предприятиях энергетическое хозяйство может быть объединено в 1—2 энергоцеха или участка в службе главного механика, которому подчиняется энергобюро. В состав ОГЭ или энергобюро обычно входят: *группа энергоиспользования*, которая осуществляет нормирование расхода энергоресурсов, планирование энергоснабжения, составление энергобалансов, сводный учет и анализ использования энергоресурсов; *группа энергооборудования* (техническая), которая осуществляет руководство планово-предупредительным ремонтом энергооборудования и энергосетей, контроль их технического состояния и технический надзор за соблюдением правил эксплуатации, разрабатывает мероприятия по экономии топлива и энергии; *энергетические лаборатории* (электрические и тепловые), которые выполняют исследовательские работы по снижению расхода энергоресурсов, обеспечивают производство различного рода измерений, испытаний оборудования и сетей, обслуживание, проверку и ремонт контрольно-измерительных приборов.

Персонал энергетических цехов и цехового энергетического хозяйства включает две категории: дежурный персонал, обеспечивающий бесперебойность энергоснабжения; персонал, занятый выполнением планово-предупредительного ремонта и монтажных работ.

Нормирование и первичный учет энергопотребления. Режим энергосбережения предопределяет необходимость точного нормирования и учета энергопотребления на предприятии. Цель нормирования энергопотребления — установление норм потребления энергии, исключающих ее излишний расход. Результатом этого является улучшение использования имеющихся энергоресурсов и основных фондов энергетического хозяйства, снижение доли энергозатрат в себестоимости выпускаемой продукции. Нормы энергопотребления подразделяются на дифференцированные и укрупненные. *Дифференцированные (удельные) нормы* устанавливают расход энергии по отдельным агрегатам, на отдельные детали и другие единицы измерения продукции. *Укрупненные нормы* устанавливают расход энергии по участку, цеху и предприятию на единицу (условную единицу) продукции: на 1 т заготовок, комплект деталей на изделие, сборочную единицу или изделие.

С помощью аналитического метода устанавливаются *технически обоснован-*

ванные нормы, опытно-статистический метод нормирования используется для установления *опытно-статистических норм* энергопотребления. Аналитическим методом, более трудоемким, но и более точным, необходимо устанавливать технически обоснованные нормы для энергоемких агрегатов (печи, компрессоры, насосы) и крупных станков. Для этого нужно установить зависимости, показывающие влияние отдельных факторов на величину удельного расхода энергии (*энергетические характеристики*). С практической точки зрения наибольший интерес представляет установление величины удельного расхода энергии при изменении производительности агрегата. В основе этой зависимости лежит деление суммарного расхода энергии на две составляющие: постоянную часть, не зависящую от размеров выпуска продукции агрегата, и переменную — пропорциональную этой величине. Использование этого метода для нормирования расхода энергии всего станочного парка осложняется большим числом единиц установленного оборудования, малой единичной мощностью, многообразием обрабатываемых деталей и технологических операций, а также неравномерностью режимов работы.

Несмотря на внедрение в практику нормирования средств вычислительной техники, в механических цехах преобладает опытно-статистический метод нормирования, основанный на фактических удельных нормах, достигнутых за прошлый период. Для большего приближения опытно-статистических норм к технически обоснованным следует при определении величины плановых удельных норм вносить коррективы в величины фактических удельных расходов, основываясь на предполагаемых изменениях в технологии и организации производства в планируемом периоде.

Общий расход энергии по предприятию условно делится на переменную и постоянную части, т. е. зависящую и не зависящую от объема выпуска продукции. Переменную часть составляет расход всех видов энергии на выполнение основных технологических операций, постоянную — расход энергии на освещение, привод вентиляционных устройств, отопление, кондиционирование воздуха. Расход энергии по переменной части может определяться укрупненно на основе времени работы оборудования или по сводным нормам. В первом случае оборудование группируется по условиям работы — времени использования, степени загрузки по мощности и другим факторам. Во втором случае сводная норма расхода энергии на единицу продукции умножается на общее количество единиц продукции, запланированных к выпуску (в натуральном или стоимостном выражении). Постоянная часть расхода энергии может определяться также на основе нормативов освещенности, отопления помещений и т. д.

Обязательным условием является увязка системы нормирования энергопотребления с системой производственного учета (учет готовой продукции) и системой энергетического учета. Объектами *энергетического учета* являются выработка и потребление энергии, выход и использование вторичных энергоресурсов. Основные требования к энергетическому учету — максимальная дифференциация, точность и оперативность. Дифференциация учета необходима для того, чтобы отдельно учитывать потребление всех видов энергии в каждом звене энергетического хозяйства, производствен-! ном подразделении предпри-

ятия и отдельном агрегате. Оперативность учета необходима для своевременного реагирования на изменения в обстановке, отклонения, сбои в энергопотреблении и энергоснабжении; поэтому наиболее предпочтителен непрерывный учет или периодический с минимальным временем между очередными измерениями. Точность учета необходима для правильного установления норм расхода энергии и отклонений от них, для составления достоверных энергетических балансов.

Планирование и анализ энергоснабжения. Необходимым условием правильного планирования энергоснабжения является составление *топливно-энергетического баланса*, определяющего потребность предприятия в энергоресурсах и источники ее покрытия. Разработка энергетических балансов является основным методом планирования энергоснабжения и анализа использования энергоресурсов. Энергетические балансы устанавливают необходимые размеры потребления, производства и получения различных видов энергоресурсов.

Энергобалансы подразделяются на плановые и отчетные. *Плановые энергобалансы* предназначены для обоснования потребностей предприятия в энергии и топливе (расходная часть), для определения наиболее рациональных и экономичных источников покрытия этой потребности (приходная часть). Основой для составления плановых энергобалансов служат удельные нормы расхода энергии и топлива, а также плановые задания по выпуску продукции основного производства. *Отчетные энергобалансы* предназначены для контроля энергопотребления, анализа использования энергии и топлива, для оценки качества работы энергоцехов. Энергобалансы должны быть двух видов:

- *рабочая форма* балансов — статьи баланса в ней группируются по участкам производства и по направлению использования энергии, без деления элементов расхода на полезную составляющую и потери. Отдельной статьей выделяются лишь общезаводские потери. Рабочая форма балансов представляет собой развернутый план и отчет по энергоснабжению предприятия;

- *синтезированная форма* балансов служит для анализа и оценки уровня энергоиспользования. Для этого весь расход энергии по предприятию разделяется на полезную составляющую и потери, с дальнейшим расчленением полезной составляющей на элементы по направлениям использования энергии и потерь — по их месту и виду.

При составлении рабочей формы балансов следует иметь в виду, что энергия одного вида может использоваться на предприятии в энергоносителях различных видов и параметров. Поэтому составлению рабочей формы балансов предшествует составление оборотных балансов, где должен найти отражение весь внутренний оборот энергии. Составление оборотных балансов относится только к теплу и топливу. Составление фактических энергобалансов в рабочих формах должно основываться на данных учета. При отсутствии учета на отдельных участках расход энергии можно определять по энергетическим характеристикам участков и цехов, полученным путем измерений или расчетов и представляющим собой зависимость между расходом энергии и выпуском продукции. При отсутствии характеристик расход энергии может быть определен как произведение фактического выпуска продукции на удельные нормы расхо-

да энергии. Способ этот менее точен, ибо он не учитывает изменения удельных норм расхода энергии в связи с изменением выпуска продукции. Встречающееся на практике определение энергии (при отсутствии раздельного учета) с помощью коэффициентов, учитывающих удельный вес отдельных цехов и участков в общем расходе по предприятию, неверно, так как в зависимости от производственной программы загрузка энергоприемников, а следовательно, и потребление энергии сильно колеблется на протяжении года. Потери энергии и ее расход на нужды небольших потребителей определяются расчетным путем.

Топливо-энергетический баланс предприятия разрабатывается в следующей последовательности.

А. Расходная часть (план потребления энергии и энергетических нагрузок предприятия).

1. Планируется потребность основного производства в энергии и топливе, а также расход энергии и топлива на непроизводственные нужды (отопление, освещение, вентиляция и хозяйственно-бытовые нужды). Определяется количество возможных вторичных энергоресурсов. Основой для определения потребности в энергии и топливе служат производственная программа основного и вспомогательного производства, плановые задания по снижению удельных норм расхода энергии и топлива и лимиты на энергию и топливо, удельные нормы расхода и энергетические характеристики цехов, участков и крупных энергоприемников и месячные нормы (лимиты) расхода энергии и топлива на освещение, отопление, вентиляцию и хозяйственно-бытовые нужды.

2. Рассчитываются потери энергии в сетях и преобразовательных установках.

3. Определяется суммарное потребление энергии и топлива по предприятию. Для проверки баланса нагрузок и мощностей генерирующих установок предприятия важно определить величину годового максимума нагрузки, т. е. наибольшей нагрузки на протяжении года $N_{\text{год}}^{\text{max}}$ (как правило, для всех видов нагрузки, кроме отопительной, годовой максимум приходится на декабрь):

$$N_{\text{год}}^{\text{max}} = \frac{W_{\text{год}}}{\eta_{\text{год}}^N} = \frac{W_{\text{год}}}{K_{\text{год}}^3 \times 8760},$$

где $W_{\text{год}}$ — планируемое потребление энергии за год;

$\eta_{\text{год}}^N$ — годовое число часов максимума нагрузки;

8760 — номинальное число часов в году;

$K_{\text{год}}^3$ — коэффициент заполнения (нагрузки) годового графика. Причём $K_{\text{год}}^3$ определяется как

$$K_{\text{год}}^3 = \frac{N_{\text{год}}^{\text{ср}}}{N_{\text{год}}^{\text{max}}}.$$

Разновидностью коэффициента заполнения годового графика является показатель $\eta_{\text{год}}^N$, представляющий собой отношение годового потребления энергии к максимуму нагрузки. Оба эти показателя определяются на основании анализа и корректировки фактических данных за истекший период, так как опыт эксплуатации показал, что значения их достаточно устойчивы для каждо-

го вида нагрузки.

Б. Приходная часть (план покрытия потребности в энергии и энергетических нагрузок предприятия).

1. Определяются энергоресурсы предприятия. Рассчитывается рабочая мощность генерирующих установок и составляются балансы мощности по предприятию. Рабочая мощность установки брутто $P_{\text{раб}}^{\text{бр}}$ равна сумме эксплуатационных мощностей всех ее агрегатов. Рабочая мощность установки нетто $P_{\text{раб}}^{\text{н}}$ равна рабочей мощности брутто за вычетом мощности агрегатов, находящихся в ремонте, т. е. сумме эксплуатационных мощностей всех агрегатов, находящихся в данный момент в состоянии готовности к работе:

$$N_{\text{max}} = P_{\text{раб}}^{\text{бр}} - (P_{\text{рем}} + P_{\text{рез}}^{\text{экс}});$$

$$P_{\text{раб}}^{\text{н}} = N_{\text{max}} + P_{\text{рез}}^{\text{экс}}.$$

2. Плановые графика нагрузок распределяются между источниками энергоснабжения, в результате чего определяется величина участия каждого из источников в покрытии энергопотребления (использование вторичных энергоресурсов, получение энергии извне, выработка энергии на собственных установках). Определяется отпуск энергии на сторону.

3. Проектируются режимы работы агрегатов и разрабатываются энергобалансы генерирующих установок. Определяются удельные нормы расхода энергии и топлива на собственные нужды и КПД установок.

4. Составляется баланс топлива предприятия. Планы энергоснабжения предприятия составляются на каждый квартал и год в виде рабочих балансов, а также суточных и квартальных графиков нагрузок. Топливо-энергетический баланс позволяет вышнить структуру энергопотребления предприятия. Сопоставляя балансы за ряд лет, можно проследить изменения пропорций производства и потребления энергии, результаты перехода от одних энергоносителей к другим и, наконец, результаты общей рационализации производства и потребления энергии. Сопоставление балансов родственных предприятий одной отрасли позволяет оценить качество энергоиспользования и вскрыть резервы энергетического хозяйства предприятия.

Основные технико-экономические показатели энергетического хозяйства объединяются в четыре группы: удельные показатели энергетических затрат на производство продукции; показатели энерговооруженности труда; показатели использования и качества эксплуатации энергооборудования; показатели себестоимости производства энергии (тепловой, сжатого воздуха, пара и т. д.).

1) *Удельные показатели энергетических затрат* представляют собой показатели, определяющие относительную величину затрат всех видов энергии в себестоимости готовой продукции. В общем виде энергетические затраты представляются следующим соотношением:

$$P_{\text{эн}} = \frac{eC_{\text{эн}}}{C} \times 100,$$

где $P_{\text{эн}}$ — процент затрат на энергию в себестоимости продукции;
 e — расход энергии на единицу продукции;

$C_{\text{ЭК}}$ — цена единицы энергии;

C — себестоимость единицы готовой продукции. Энергетическая составляющая себестоимости машиностроительной продукции при массовом производстве составляет 3—5% для электроэнергии, 2—3% для тепловой энергии и 4—6% для топлива.

2) *Показатели энерговооруженности труда* характеризуют уровень технического развития предприятия и представляют собой количество использованной энергии (кВт-ч, Мкал, тонн условного топлива) на одного рабочего в год.

3) *Показатели использования и качества эксплуатации энергооборудования* — это коэффициент полезного действия (прежде всего, генерирующих установок), коэффициент мощности $\cos \varphi$ и коэффициент спроса K_c . Коэффициент спроса равен:

$$K_c = K_3 K_0,$$

где K_3 — коэффициент загрузки, показывающий, какую часть от максимально возможной (номинально присоединенной) мощности составляет загрузка энергоприемников;

K_0 — коэффициент одт новременности, показывающий, какая часть всех установленных энергоприемников находится в работе. Коэффициент спроса используется при проектировании новых объектов для определения максимума нагрузки.

4) *Показатели себестоимости производства энергии* характеризуют затраты предприятия на собственное производство энергии (тепловой, сжатого воздуха, пара и т. д.) в расчете на единицу (т, м³).

K показателям, которые служат основой для планирования энергоснабжения и оценки работы энергетического персонала, относятся нормы удельного расхода энергии на единицу продукции (цеха, завода) и себестоимость производства энергии или цена ее приобретения.

Основные направления совершенствования организации и планирования энергетического хозяйства промышленного предприятия: увеличение доли энергоресурсов и услуг, закупаемых у внешних поставщиков и специализированных посредников энергоснабжения; развитие централизованного энергоснабжения по промышленным зонам и территориям; укрупнение энергоцехов и других элементов энергетического хозяйства; повышение точности норм расхода энергоресурсов, ужесточение контроля за их соблюдением; использование наиболее экономичных энергоносителей, источников энергии, поставщиков и посредников энергоснабжения; внедрение современного энергооборудования, рациональных методов организации его эксплуатации, технического обслуживания и ремонта; внедрение в производство энергосберегающих технологий и оборудования, снижение энергоемкости продукции; совершенствование планирования, учета, контроля энергопотребления и энергоснабжения на основе современных информационных технологий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как определяется расход инструмента?
2. Как рассчитывается оборотный фонд инструмента?
3. Как организован оборот инструмента на предприятии?

4. Охарактеризуйте систему планово-предупредительного ремонта.
5. Что принимается за ремонтную единицу?
6. Какие формы организации технического обслуживания и ремонта применяются на предприятиях?
7. Какие методы ремонта оборудования используются на предприятиях?
8. Что такое тонна условного топлива?
9. Как строятся суточные графики максимума энергетической нагрузки? 10. Как составляется топливно-энергетический баланс предприятия?

ГЛАВА 14.

ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

14.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

Подсистемы транспортировки и складирования взаимодополняют и взаимозамещают друг друга, что активно используется при генерации альтернативных вариантов организации поставок в технологических цепях предприятий. Именно затраты на хранение и транспортировку определяют выбор схем снабжения и сбыта, размещения производства, имеют решающее значение при принятии многих других решений в области управления операционной деятельностью предприятий (компаний). Они вместе выполняют важные функции обслуживания основных и вспомогательных процессов на всех уровнях (от рабочего места до уровня компании) в сфере производства, снабжения и сбыта.

Назначение и состав транспортного хозяйства предприятия. Назначение транспортного хозяйства предприятия — полное удовлетворение потребностей подразделений предприятия в грузоперевозках при максимальном использовании транспортных средств минимальной себестоимости транспортных операций. Это возможно только на основе интеграции технологических процессов транспорта и производства, согласования их графиков работы, правильной организации транспортного хозяйства предприятия и эффективного планирования грузоперевозок. Перевозки, погрузка-разгрузка и экспедирование грузов являются основными функциями транспортного хозяйства предприятия. Транспортное хозяйство обслуживает потребности предприятия в грузоперевозках в сфере снабжения, производства и сбыта.

Производственная деятельность предприятия требует физического перемещения большого объема разнообразных грузов вне и внутри предприятия. На общезаводские склады предприятия и в цехи бесперебойно должны доставляться от внешних поставщиков материальные ресурсы (сырье, материалы, топливо, комплектующие и другие предметы материально-технического обеспечения). С общезаводских складов предприятия и из цехов непрерывно должна вывозиться готовая продукция для внешних потребителей, а также отходы, другие предметы утилизации и сбыта. Эти функции выполняет *внешний транспорт*. Внутри предприятия должно быть обеспечено перемещение грузов между цехами, участками и рабочими местами. Для выполнения этих функций предназначен *внутризаводской транспорт*, который включает межцеховой и внутрицеховой транспорт. Внутрицеховой транспорт подразделяется на межучастковый и внутричастковый (межоперационный) транспорт.

На предприятии с общезаводских материальных складов в цехи должны доставляться сырье, материалы и комплектующие. Из цеха в цех по ходу технологического процесса должны перемещаться заготовки, детали и сборочные

единицы. Из цехов на общезаводские склады готовой продукции должны вывозиться готовые изделия. Между основными, вспомогательными цехами и обслуживающими хозяйствами предприятия должны перевозиться разнообразные грузы: отходы, рабочий и отработанный инструмент, агрегаты в ремонт и из ремонта, запасные части, порожняя тара, топливо и горюче-смазочные материалы и т. д. Для выполнения этих функций предназначен *межцеховой транспорт*. Внутри каждого цеха с участка на участок в процессе изготовления и сборки должны транспортироваться заготовки, детали, сборочные единицы и готовые изделия. Для выполнения этих функций предназначен *межучастковый транспорт*. Внутри каждого участка между рабочими местами должна осуществляться межоперационная транспортировка заготовок, деталей, сборочных единиц и готовых изделий. Для выполнения этих функций предназначен *межоперационный транспорт*.

На предприятиях может применяться разнообразный парк средств транспорта. По видам транспорта различают рельсовый (железнодорожный узкоколейный), безрельсовый (автотранспорт, электротранспорт), водный (морской, речной), трубопроводный (трубопроводный пневмотранспорт, гравитационные продуктопроводы, нефтепроводы и т. д.), специальный (технологический) транспорт и подъемно-транспортные средства (конвейеры, краны, погрузчики, лифты и т. п.). По способу действия различают транспорт прерывного (например, электропозвожники) и непрерывного действия (например, конвейеры); по направлению перемещения грузов — горизонтальный, вертикальный (лифты, подъемники), горизонтально-вертикальный (мостовые краны, кран-балки, электропозвожники) и наклонный (наклонные канатные и монорельсовые дороги, конвейеры).

Внешние перевозки осуществляются преимущественно транспортом общего пользования, внутризаводские — транспортным хозяйством предприятия. Транспортное хозяйство предприятия должно работать согласованно с внешними перевозчиками, в качестве которых обычно выступают специализированные транспортно-экспедиторские (логистические) компании и предприятия транспорта общего пользования. Ввоз и вывоз грузов с территории предприятия через внешние подъездные пути осуществляется, как правило, большегрузным автомобильным и железнодорожным транспортом. При этом требуют согласования: тип, количество, порядок и сроки подачи автопоездов, железнодорожных составов и отдельных групп вагонов на подъездной путь завода; организация маневрирования, погрузочно-разгрузочных работ и приемо-сдаточных операций. Согласование достигается в результате совместной разработки единого технологического процесса работы заводского и внешнего транспорта, а также единых графиков транспортных операций и суточного плана-графика работы подъездных путей. Точное соблюдение единого технологического процесса и графиков работы обеспечивает сокращение простоя подвижного состава под погрузкой и выгрузкой, ускорение обработки прибывающих и отправляемых грузов.

Часть внешних и все внутризаводские грузоперевозки осуществляются транспортом, принадлежащим предприятию. Для внешних грузоперевозок ис-

пользуется автомобильный транспорт большой и средней грузоподъемности. Для межцеховых грузоперевозок применяется рельсовый транспорт (обычно при производстве крупногабаритной и крупнотоннажной продукции), автомобильный транспорт малой (реже средней) грузоподъемности, средства безрельсового электротранспорта (электробуксировщики с прицепными тележками и электрокары) и специальный (технологический) транспорт. Для внутрицеховых грузоперевозок используются разнообразные средства безрельсового электротранспорта и подъемно-транспортные машины (электропогрузчики и мультикары) и специальный (технологический) транспорт. Внешние и внутривозовые транспортные операции являются составной частью производственного процесса предприятия. Часто внутрицеховые (реже межцеховые) транспортные операции являются составной частью технологического процесса изготовления или сборки изделий, поэтому для их выполнения используются средства специального (технологического) транспорта (например, рабочие конвейеры на сборке).

Состав применяемых на предприятии транспортных и погрузочно-разгрузочных средств зависит от характера выпускаемой продукции, ее весогабаритных характеристик, особенностей технологии, типа и масштаба производства. В единичном и серийном производстве в обрабатывающих и сборочных цехах применяются электрические мостовые краны, кран-балки с тельферами, консольные краны, мультикары и т. д. Широкое применение кранов и каров различного типа связано с тем, что они могут использоваться и как транспортные, и как погрузочно-разгрузочные средства. В дополнение к универсальным подъемно-транспортным средствам для оснащения цехов со специфическим производством часто требуются специальные подъемно-транспортные устройства, приспособления и тара (например, в литейных цехах для перемещения формовочных земель, форм, жидкого металла). В гибких производственных системах на уровне производственного модуля, участка, цеха и завода создаются транспортно-накопительные подсистемы, в которых используются специальные автоматические устройства (промышленные роботы-загрузчики, роботы-штабелеры, роботокары, поворотные столы-перегрузжатели, транспортеры и т. п.).

На заводах крупносерийного и массового производства не только для внутрицеховой, но и для межцеховой транспортировки на отдельных стадиях производственного процесса широко применяется специальный (технологический) транспорт непрерывного действия. При наличии равномерного грузопотока в течение рабочего дня и постоянных точек погрузки-выгрузки используются средства непрерывного транспорта в виде различных конвейеров и монорельсовых путей с электрическими тельферами. В поточном производстве в качестве средств межоперационного транспорта используются конвейеры различной конструкции. На автоматических поточных линиях (станочных и других) применяются специальные встроенные транспортные устройства (транспортные роторы и конвейеры, автооператоры, кантователи и т. д.).

Транспортное хозяйство предприятия включает общезаводское транспортное хозяйство и транспортное хозяйство отдельных цехов (цеховое транс-

портное хозяйство). Внутрицеховой транспорт находится в ведении того цеха, где он применяется. Для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта средств специального (технологического) транспорта в цехах могут создаваться специализированные подразделения. Техническое обслуживание и ремонт этих средств могут также выполнять общезаводские специализированные подразделения (например, подчиненные отделу главного механика) или ремонтные базы цехов (участки механиков цехов), осуществляющие техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования в цехах.

Общезаводской рельсовый, а также безрельсовый электро- и автотранспорт предприятия, независимо от места его использования, концентрируется в общезаводском транспортном хозяйстве, оборудованном местами и устройствами для хранения техники, ее зарядки (заправки), технического обслуживания и ремонта. Общезаводское транспортное хозяйство включает транспортные магистрали (рельсовые и безрельсовые пути со средствами оснащения, сигнализации и т. д.), объекты транспортной инфраструктуры (боксы для хранения техники, пункты технического обслуживания и ремонта, центры хранения и ремонта транспортной тары и т. п.), подвижной состав и тяговые средства (прицепы и полуприцепы, буксировщики, электрокары, автомобили и др.).

Для эффективного управления транспортным хозяйством на его базе создается, как правило, единый транспортный цех промышленного предприятия или дочернее транспортное предприятие промышленной компании. В их составе может выделяться ряд служб. *Служба движения* осуществляет приемку и отправку подвижного состава, подачу под погрузку и выгрузку на погрузочно-разгрузочных пунктах. *Грузовая и коммерческая служба* ведает погрузочно-разгрузочными работами, оформляет перевозочные документы, ведет учет поступающих и отправляемых грузов, а также расчеты с внешними перевозчиками. *Служба технического обслуживания и ремонта* отвечает за содержание и ремонт подвижного состава и подъемно-транспортных средств, за обеспечение запасными частями и горюче-смазочными материалами. *Служба дорожного хозяйства* ведает содержанием и ремонтом заводского дорожного хозяйства, включая транспортные магистрали, инженерные сооружения, средства связи и сигнализации, дорожную разметку и указатели. Оперативное управление работой транспортного хозяйства осуществляет дежурный диспетчер, взаимодействующий с дежурным диспетчером предприятия (компании). При наличии на предприятии (в компании) централизованной службы логистики (управления цепью поставок) транспортное хозяйство входит в ее состав.

Организация и планирование транспортного обслуживания. Для рациональной организации перевозок и расчета потребности в транспортных средствах требуется определить грузооборот предприятия, грузовые потоки и номенклатуру перевозимых грузов. *Грузооборот* — количество грузов (в тоннах), перемещаемых на предприятии за определенный период времени (сутки, месяц, квартал, год). *Грузопоток* — количество грузов, перемещаемых в определенном направлении между отдельными пунктами погрузки и выгрузки в пределах предприятия за тот же период. Грузооборот предприятия равен сумме всех его грузопотоков. На основе данных об объеме грузов (в тоннах), переме-

щаемых на определенные расстояния (в километрах), определяется *объем транспортной работы* (в тонно-километрах). Грузооборот определяется на основе *шахматных таблиц* (транспортных матриц), учитывающих поступление и отправку грузов по каждому пункту (адресу). В каждой клетке такой таблицы указывается наименование и количество груза, соответственно поступившего в данный пункт (если это позиция-потребитель) или отправленного из него (если это позиция-поставщик).

Данные таблиц грузооборота принимаются за основу при разработке схем грузопотоков. *Схема грузопотоков* в графическом виде отображает направление движения грузов по отдельным пунктам обслуживаемой территории. Схема грузопотоков составляется на плане территории, вычерченном в определенном масштабе, с указанием транспортных путей. Направление грузопотоков указывается стрелками, объем перевозимых грузов проставляется цифрами над линиями. Целесообразно грузопотоки разного объема изображать линиями разной толщины, а грузопотоки разного наименования (различающиеся по составу перевозимых грузов) - линиями разного цвета. Схема грузопотоков упрощает анализ транспортной сети и размещения объектов с точки зрения их рациональной организации в пространстве. Используя схему грузопотоков, можно достаточно быстро выявить и устранить излишние пересечения, возвратные и встречные маршруты, сократить путь движения отдельных грузов, проверить соответствие грузонапряженности отдельных транспортных путей их пропускной способности. Номенклатуру грузов, подлежащих перевозке, определяют в соответствии с *классификацией грузов* по технологии их погрузки и разгрузки, способу перевозки и виду тары.

В соответствии со схемой грузопотоков устанавливаются схемы маршрутизации перевозок между отдельными пунктами на территории обслуживания. Перевозки грузов могут осуществляться по разовым и постоянным маршрутам, возможно их комбинированное использование. *Разовые маршруты* назначаются для выполнения неповторяющихся отдельных заявок, случайных как по направлению, так по составу и количеству транспортируемых грузов. *Постоянные маршруты* назначаются для выполнения систематически повторяющихся заявок, выбираются с учетом грузопотока и применяемых транспортных средств. *Комбинированные маршруты* представляют собой комбинацию различных постоянных маршрутов или их фрагментов, используемых для выполнения разовых и неповторяющихся заявок, имеющих общие (или достаточно близкие) направления и сроки доставки. Постоянные и сконструированные на их основе комбинированные маршруты могут быть маятниковыми и кольцевыми. *Маятниковые маршруты* устанавливаются при обслуживании двух пунктов; они могут быть односторонними, когда транспортные средства движутся в один конец с грузом, а в другой - без груза, двусторонними, когда грузы транспортируются в обоих направлениях. *Кольцевые маршруты* устанавливаются при обслуживании ряда пунктов, связанных последовательной передачей грузов от одного пункта к другому; они могут быть с равномерным, нарастающим и убывающим грузопотоком. Разновидностью кольцевых маршрутов являются *цикловые маршруты*, применяемые для обслуживания большого числа пунктов,

расположенных на обширной территории; представляют собой совокупности нескольких замкнутых кольцевых маршрутов, связанных между собой специальными кольцевыми маршрутами, оснащенными пунктами передачи грузов с одного кольца на другое (без перевалки или с перевалкой грузов). Маятниковые двусторонние маршруты более экономичны, так как исключают холостой пробег транспортных средств. Кольцевые маршруты более сложны по организации, чем маятниковые, но позволяют лучше использовать транспортные средства.

Грузооборот завода рассчитывается на основе шахматной таблицы, содержащей данные об объеме перемещаемых грузов и их отправителях (получателях), в качестве которых выступают отдельные цехи и общезаводские склады. На плане завода строится и анализируется схема заводских грузопотоков, которая показывает распределение и направление движения грузов по цехам и общезаводским складам. Аналогично строится и анализируется схема грузопотоков каждого цеха, показывающая трассировку маршрутов движения грузов по территории цеха, его участкам и кладовым, а также схема грузопотоков каждого общезаводского склада.

Номенклатура перевозимых на заводе грузов обычно включает три основные группы: сыпучие/навалочные грузы (формовочные материалы, уголь, песок, гравий и т. д.), наливные грузы (нефтепродукты, химические жидкости и т. п.) и штучные грузы. В свою очередь, штучные грузы подразделяются на следующие группы: длинномерные, длиной более 3 м (сортовой и профильный прокат, трубы, круглый лес, пиломатериалы и др.); короткомерные, длиной до 3 м (заготовки, детали и пр.); штучные массовые, весом до 50 кг (чушки, мелкие болванки, заготовки, детали и т. д.); тарно-упаковочные (контейнеры, ящики, кипы, бочки, рулоны и т. п.); тяжеловесные (оборудование, крупные слитки, поковки и др.). Грузы каждой группы имеют определенные особенности перевозки, погрузки-выгрузки, хранения, требуют применения определенных способов транспортировки, технологии грузопереработки, транс-портно-складской тары. Эти особенности учитываются при выборе типа транспортных средств и организации их работы.

Схемы маршрутизации перевозок между цехами и общезаводскими складами устанавливаются в соответствии со схемой грузопотоков завода. На основе схемы грузопотоков, объема перевозок по каждой группе грузов и выбранного типа транспортных средств рассчитывается потребность в транспортных средствах (например, в электрокарах). *Количество транспортных средств Q для межцеховых перевозок* может быть определено следующим образом. Для маятниковых перевозок используется такая формула:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{см}} \left(\frac{2L_{\text{пер}}}{v_{\text{тр}}} + t_{\text{погр}} \right)}{q_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} T_{\text{см}} \left(1 - \frac{P_{\text{рем}}}{100} \right)},$$

где $G_{\text{см}}$ — объем грузов, перевозимых за смену между двумя пунктами;

$L_{\text{пер}}$ — расстояние между двумя пунктами;
 v — средняя скорость движения транспортного средства;
 t — время на погрузочно-разгрузочные операции за каждый рейс;
 $g_{\text{тр}}$ — грузоподъемность транспортного средства;
 $\eta_{\text{тр}}$ — коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства;
 $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены;
 $P_{\text{рем}}$ — процент потерь времени при использовании транспортного средства (на зарядку аккумуляторов, техническое обслуживание и ремонт).

Для кольцевых перевозок количество транспортных средств рассчитывается следующим образом:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{см}} \left(\frac{L_{\text{кц}}}{v_{\text{тр}}} + K_{\text{погр}} t_{\text{погр}} \right)}{g_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} T_{\text{см}} \left(1 - \frac{P_{\text{рем}}}{100} \right)},$$

где $L_{\text{кц}}$ — длина всего кольцевого маршрута;
 $K_{\text{погр}}$ — число погрузо-разгрузочных пунктов.

Объем грузов, перевозимых за смену $G_{\text{см}}$, вычисляется по формуле:

$$G_{\text{см}} = \frac{G_{\text{год}}}{D_{\text{р}} K_{\text{см}}} \times \eta_{\text{нер}},$$

где $G_{\text{год}}$ — годовой грузооборот;
 $K_{\text{см}}$ — количество смен в сутки;
 $D_{\text{р}}$ — число рабочих дней в году;
 $\eta_{\text{нер}}$ — коэффициент неравномерности перевозок ($\eta_{\text{нер}} > 1$).

Количество электрокаров для внутрицеховых перевозок можно определить следующим образом:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{см}} (K_{\text{пер}} + 1) \times \left(\frac{2L_{\text{пер}}}{v_{\text{тр}}} + t_{\text{погр}} \right)}{g_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}} T_{\text{см}} \left(1 - \frac{P_{\text{рем}}}{100} \right)},$$

где $G_{\text{см}}$ — средний вес продукции, обрабатываемой в цехе за смену и перевозимой данным видом транспортных средств;
 $(K_{\text{пер}} + 1)$ — среднее количество передач транспортной партии продукции между операциями, на склад и со склада за смену;
 $L_{\text{пер}}$ — среднее расстояние транспортировки.

При планировании работы транспорта на год определяются грузооборот и объем погрузочно-разгрузочных работ, потребность в транспортных и погрузочно-разгрузочных средствах, объем ремонтных работ, потребность в персонале и фонды заработной платы, потребность в горюче-смазочных и прочих расходных материалах. На этой основе составляется смета затрат по транспортному хозяйству и калькуляция себестоимости транспортных услуг. Себестои-

мость транспортных услуг определяется в виде двух показателей: себестоимость транспортировки 1 т груза и себестоимость погрузки-выгрузки 1 т груза. Плановые расчеты опираются на технически обоснованные нормы работы транспортных средств, материальных и трудовых затрат в транспортном хозяйстве и т. д.

Для характеристики использования наличного парка транспортных средств и оценки работы транспортного хозяйства применяется система технико-экономических показателей, основными из которых являются следующие показатели.

1. *Техническая скорость движения* V_T транспортного средства:

$$v_T = \frac{L}{t_1},$$

где L — длина пути от начального до конечного пункта, м;
 t_1 — время движения от одного до другого пункта, мин. Расчетная техническая скорость движения межцехового транспорта в зависимости от условий эксплуатации может составлять 60—80 м/мин внутри зданий, 100—150 м/мин вне зданий.

2. *Эксплуатационная скорость* $V_Э$ транспортного средства:

$$v_Э = \frac{L}{t_1 + t_2 + t_3},$$

где t_2 - время стоянки на промежуточных пунктах, мин;
 t_3 — время стоянки на начальном и конечном пунктах, мин.

3. *Коэффициент использования грузоподъемности* α_r транспортного средства:

$$\alpha_r = \frac{G_r}{g},$$

где G_r — масса одновременно перевозимого груза, т;
 g —грузоподъемность транспортного средства, т.

4. *Коэффициент использования пробега* $\alpha_{пб}$ транспортного средства:

$$\alpha_{пб} = \frac{L}{L + L_0},$$

где L — путь, проходимый транспортным средством с грузом;
 L_0 - путь, проходимый без груза. Сокращение пробега без груза (холостой ход) за счет рациональной маршрутизации улучшает использование наличных транспортных средств и снижает потребность в их количестве на заданный объем перевозок.

5. *Коэффициент использования рабочего времени* $\alpha_{ив}$ транспортного средства:

$$\alpha_{ив} = \frac{T_\phi}{T_k},$$

где $T_{\text{ф}}$ — фактическое время работы транспортного средства за период;
 $T_{\text{к}}$ — календарное время за тот же период.

При нормальной эксплуатации транспортных средств $\alpha_{\text{и.в}}$ должен быть не менее 0,85. На основе данных об использовании отдельных средств транспорта определяются средние значения для всего наличного парка транспортных средств. Особое значение имеет оценка качества транспортного обслуживания. *Качество транспортного обслуживания* — комплексное понятие, учитывающее соблюдение сроков и размера партий доставки, отсутствие случаев повреждения и неправильной засылки грузов, предоставление дополнительных услуг и т. д. Оценка по каждому из критериев с учетом их веса позволяет получить комплексную оценку качества транспортного обслуживания. Оперативное управление работой транспортного хозяйства заключается в составлении укрупненных месячных и недельных программ, уточненных сменно-суточных заданий на перевозки и погрузочно-разгрузочные работы, диспетчировании работы транспортных средств в режиме реального времени. Укрупненную месячную программу перевозок составляет планово-диспетчерское бюро транспортного хозяйства (цеха) на основании месячных планов и дополнительных заявок на перевозки грузов, поступающих от цехов, складов и служб предприятия. При значительных изменениях объема перевозок требуется проверка загрузки транспортных средств, уточнение сменности их работы, перепланирование маршрутов и количества транспортных средств, выпускаемых на линию и закрепляемых за каждым маршрутом. Организация и сменно-суточное планирование внутризаводских перевозок зависят от типа обслуживаемого производства.

В массовом и крупносерийном производстве грузопотоки являются относительно устойчивыми, что позволяет организовать грузоперевозки по постоянным маршрутам и работу транспортных средств по графику. За каждым маршрутом закрепляются постоянные транспортные средства (и водители), составляются постоянные графики-расписания работы на смену или сутки. В серийном производстве грузопотоки менее постоянны, поэтому грузоперевозки осуществляются и по постоянным, и по разовым маршрутам. На основе текущего уточнения запланированных потребностей в услугах транспорта и разовых заявок цехов, складов, служб предприятия каждый день составляется сменно-суточное задание на следующий день, в котором указывается распределение транспортных средств по отдельным маршрутам, включая разовые. В мелкосерийном и единичном производстве при отсутствии устойчивых грузопотоков грузоперевозки организуются по разовым маршрутам. Сменно-суточное задание составляется на основе поступивших от цехов, складов, служб предприятия заявок на перевозки. В соответствии со сменно-суточным заданием диспетчер выписывает водителям путевые листы или наряды. По отметкам в них грузополучателей и грузоотправителей о времени прибытия и убытия транспортных средств диспетчер ведет учет и контроль выполнения водителями сменно-суточных заданий.

Пример 14.1. Организация и планирование межцеховых перевозок в условиях крупносерийного производства

Потребность завода в грузоперевозках представлена в табл. 14.1. Максимальный суточный грузооборот $G_{мс} = 150$ т. Фактическое время работы транспорта $T_{ф} = 13$ ч/сутки. Необходимо произвести выбор транспортных средств, определить их количество, разработать маршруты движения и построить график их работы.

Таблица 14 1

Потребность завода в грузоперевозках

Но- мер, i	Маршрут		Расстояние в один конец (l_i), км	Наименование груза	Квартальный грузооборот, ($G_{кв}^i$), т
	Начальный пункт	Конечный пункт			
1	2	3	4	5	6
1	Склад металла	Кузнечный цех	0,170	Металл для по- ковок	
2	Кузнечный цех	Механический цех	0,290	Поковки	
3	Механический цех	Сборочный цех	0,230	Детали средние	
4	Механический цех	Склад готовых де- талей	0,200	Детали мелкие	
5	Склад готовых де- талей	Сборочный цех	0,150	Детали мелкие	
Итого					$G_{кв}$

Решение

1. Выбор транспортных средств. Сначала рассчитаем среднесуточный грузооборот, т:

$$G_{сс} = \frac{G_{кв}}{D_p},$$

где $G_{кв}$ — квартальный грузооборот, т (из табл. 14.1, графа 6 «Итого»),

$$G_{кв} = \sum_i G_{кв}^i; i=1, \dots, m;$$

D_p — число рабочих дней в квартале ($D = 65$ дней).

Затем определим коэффициент неравномерности:

$$k_H = \frac{G_{мс}}{G_{сс}},$$

где $G_{мс}$ — максимальный суточный грузооборот, т.

Следующий этап — определение расчетного суточного грузооборота GL (по каждому наименованию грузов):

$$G_{рс}^i = \frac{G_{кв}^i k_H}{D_p}; i = 1, \dots, m.$$

Результаты заносим в табл. 14.2 (графа 2).

Таблица 14.2

Результаты расчетов грузооборота

Маршрут, <i>i</i>	Суточ- расчет- ный гру- зооборот (G^{jpc}), т	Фактиче- ская грузо- подъемность электрокара (q_{ϕ}), т	Продолжи- тельность од- ного рейса (T_{oi}), мин	Необхо- димое чис- ло рейсов в сутки (A)	За- траты времени на все рейсы (T_i), мин	Число электро- каров рас- четное (C'_i), ед	Число электро- каров при- нятое ($C_{ш}$), ед.
1	2	3	4	5	6	7	8
Итого					Т	С'	С

Затем производим выбор транспортных средств (по справочнику):

а) анализируя графу 2 табл. 14.2, находим максимальное значение G_{pc}^i ;

б) принимая во внимание характер грузов и перевозок, а также расстояние, выбираем тип транспортного средства (на машиностроительных предприятиях для межцеховых перевозок, как правило, используется электрокар);

в) выбираем грузоподъемность подъемной платформы электрокара ($q_n = 1,5$ т);

г) для выбранного электрокара определяем по справочнику: максимальную скорость движения с грузом ($V_r = 4-5$ км/ч) и максимальную скорость движения без груза ($V_n = 9-10$ км/ч).

2. *Определение потребного числа электрокаров.* Сначала рассчитаем продолжительность одного рейса T_{op} ч:

$$T_{oi} = k_n t_n + k_b t_b + \frac{k_r l_i}{V_r} + \frac{k_n l_i}{V_n}; \quad i = 1, \dots, m,$$

где t_n и t_b – время погрузки (выгрузки) одного электрокара ($t_n = t_b = 0,25$ ч);

V_r и V_n – скорость движения электрокара соответственно с грузом и без груза, км/ч;

l_i — расстояние между двумя пунктами маршрута, км;

k — число соответственно погрузок, выгрузок, ездов с грузом и без груза (на плечо l_i) за один рейс; принимается исходя из предварительной трассировки маршрутов.

Результаты расчетов отражаются в табл. 14.2 (графа 4). Затем определим фактическую грузоподъемность электрокара q_{ϕ} , т:

$$q_{\phi} = q_n k_{gp},$$

где q_n – номинальная грузоподъемность электрокара, $q_n = 1,5$ т;

k_{gp} – коэффициент использования грузоподъемности электрокара (из справочника).

Принимается $k_r = 0,4$ – при перевозке вспомогательных материалов и мелких деталей; $k_{gp} = 0,5$ – при перевозке черных металлов, поковок, средних деталей; $k_{gp} = 0,6$ – при перевозке литья, формовочных материалов; $k = 0,7$ – при перевозке шихтовых материалов.

Результаты расчетов отображаются в табл. 14.2 (графа 3). Следующий этап — расчет необходимого числа рейсов в сутки n_i :

$$n_i = \frac{G_{\text{РС}}^i}{q_{\text{Ф}i}}$$

Результаты расчетов вносятся в табл. 14.2 (графа 5). Затем определим затраты времени на все рейсы T_i , ч:

$$T_i = T_{0i} n_i,$$

т. е. произведем действие в табл. 14.2: графа 6 = графа 4 × графа 5.

После этого вычислим число электрокаров по каждому маршруту C'_i :

$$C'_i = \frac{T_i}{T_{\text{Ф}}},$$

где $T_{\text{Ф}}$ - фактическое время работы электрокара в сутки, ч.

Результаты расчетов отражаются в табл. 14.2 (графа 7). Следующий этап - расчет потребного числа электрокаров по всем маршрутам:

$$C' = \sum_i C'_i,$$

И наконец, определим принятое число электрокаров по всем маршрутам $C \approx C'$ и по каждому $C_i \approx C'_i$. Принятое число электрокаров получается округлением расчетного (потребного) до ближайшего целого (перегрузка на один электрокар - не более 8%). Результаты расчетов отражаются в табл. 14.2 (графа 8).

3. *Разработка маршрута движения транспортных средств.* Транспортные средства должны работать по твердому графику и расписанию движения. Исходя из этого транспортные средства j закрепляются за определенными маршрутами i (стремясь обеспечить максимальную и равномерную загрузку транспортных средств). Для разработки маршрутов строится табл. 14.3, на ее основе - рис. 14.1.

4. *Построение графика работы транспортных средств.* График строится в суточном разрезе отдельно для каждого транспортного средства на основе разработанных маршрутов, как показано на рис. 14.2.

Таблица 14.3

**Маршруты движения транспортных средств
(электрокаров)**

№ п/п, i	Маршрут		Расстояние (l_i), км	Наимено- вание гру- за	Продолжи- тельность од- ного рейса (T_{0ij}), ч	Число рейсов (n_{ij})	Общие за- траты времени (T_{ij}), ч
	начальный пункт	конечный пункт					
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Электрокар 1</i>							
1 2							
<i>Электрокар 2</i>							
1							
Итого							$\Gamma_y < 7\text{Ф}$

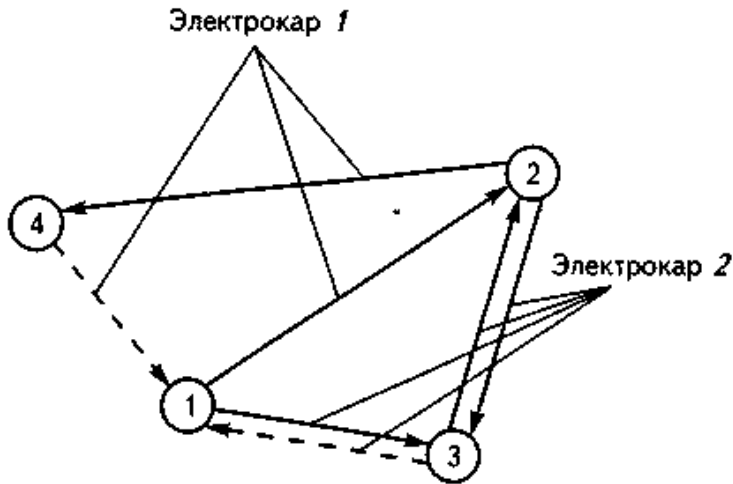
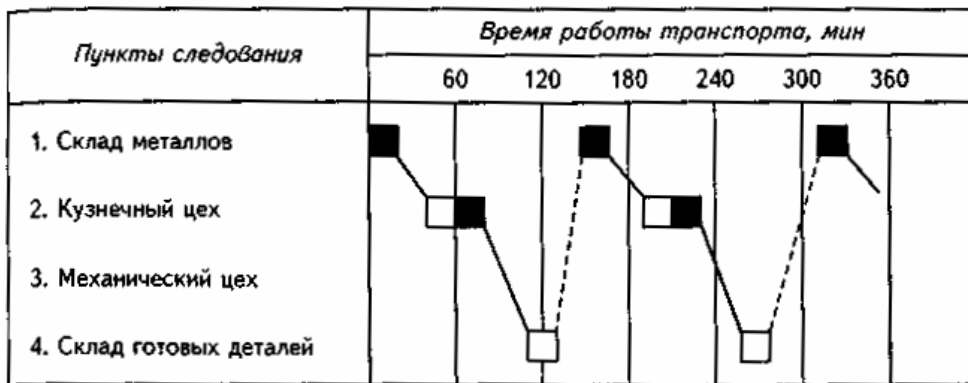


Рис. 14.1. Маршруты движения транспортных средств



Условные обозначения

- Погрузка -- Движение с грузом
- Разгрузка - - Движение без груза

Рис. 14.2. График работы транспортных средств: для электрокара 1 на рис. 14.1

14.2. ОРГАНИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

На любом предприятии часть территории (площадей) обязательно отводится под прием, выгрузку, хранение, переработку, погрузку и отправку грузов. Для выполнения таких работ необходимы грузовые площадки и платформы с подъездными путями, специально оборудованные и оснащенные технологическими средствами пункты взвешивания, сортировки и т. д. Такие объекты логистической инфраструктуры предприятия представляют собой склады.

Склад — это комплекс зданий, сооружений и устройств, предназначенный для приемки, размещения и хранения поступивших грузов (товаров), подготовки их к потреблению и отпуску потребителям, обеспечивающий сохранность товарно-материальных ценностей, позволяющий накапливать необходи-

мые запасы. Основное назначение склада — концентрация запасов, их хранение, обеспечение бесперебойного и ритмичного снабжения потребителей в соответствии с заказами. В современных условиях отношение к складированию стремительно изменяется: оно уже рассматривается не просто как изолированный комплекс внутрискладских операций хранения и грузопереработки, а как эффективное средство управления запасами и продвижением материальных потоков в логистической цепи поставок предприятия. При этом, следуя концепции *ЛИТ*, склады используются исключительно в тех случаях, когда они объективно необходимы и реально позволяют снизить общие логистические издержки или повысить качество логистического сервиса.

Классификация складов. Классификация складов предприятия проводится по ряду признаков, основными из которых являются: вид объектов хранения, уровень обслуживаемых потребностей, степень оснащенности (оборудованности) склада. В зависимости от вида объектов хранения различают следующие внутривозовские склады: материальные, полуфабрикатов и заготовок, готовой продукции, инструментов, оборудования и запасных частей, хозяйственные, отходов и утиля. При традиционной схеме управления предприятием материальные склады находятся в ведении отдела снабжения, производственные склады — в ведении производственно-диспетчерского отдела, склады готовой продукции — в ведении отдела сбыта. В условиях интегрированного управления цепью поставок отделы снабжения, производственно-диспетчерский и сбыта объединяются в единую *службу управления материальным потоком* (под этим или другим названием), управление соответствующими складами централизуется в рамках данной службы, реализуется сквозное управление материальным потоком предприятия — от его входа до выхода. Остальные склады находятся в ведении соответствующих служб предприятия (инструментальной, ремонтной и т. д.).

В зависимости от уровня обслуживаемых потребностей предприятия (завода) склады бывают общезаводские и цеховые. *Общезаводские склады* — это снабженческие (материальные склады, склады покупных полуфабрикатов, топлива и других материальных ресурсов, закупаемых для производственных нужд), производственные (межцеховые склады заготовок, полуфабрикатов, сборочных единиц, в том числе модулей), сбытовые (склады готовой продукции и отходов), инструментальные (ЦИС), склады оборудования и запасных частей и хозяйственные склады (для хранения материально-технического имущества для хозяйственных нужд). *Цеховые склады* — это склады материалов и заготовок, инструмента (ИРК) и промежуточные склады (для хранения межоперационных, межучастковых и межцеховых заделов). Межцеховые страховые заделы при традиционной форме организации поставок в технологической цепи завода хранятся в цехе-потребителе, при управлении цепью поставок в режиме *ЛИТ* — в цехе-поставщике, при этом значительно сокращается размер запасов и необходимых складских помещений для их хранения.

В зависимости от степени оснащенности (оборудованности) склады подразделяются на открытые, полукрытые и закрытые. *Открытые склады* представляют собой оборудованные площадки под открытым небом, расположен-

ные на уровне земли или приподнятые в виде платформ. Оборудованность площадок предполагает наличие насыпного или твердого покрытия (поверх грунта), ограждений, отбортовки, подпорных стенок, эстакад, систем освещения, сигнализации, охраны, разметки и указателей. На открытых площадках хранятся материалы, не подверженные порче от атмосферных явлений (осадки, температура, ветер, прямые солнечные лучи) и не наносящие вреда окружающей среде (радиоактивное, бактериологическое, химическое заражение, через атмосферу и грунтовые воды). *Полуоткрытые склады* представляют собой такие же оборудованные площадки, но под навесами, частично защищающими от атмосферных явлений. Используются обычно для хранения материалов, требующих укрытия от осадков, но не подверженных порче от температурных изменений.

Закрытые склады представляют собой специально оборудованные помещения в зданиях или отдельные строения (здания) различной этажности, частично или полностью исключают влияние атмосферных явлений на объекты хранения или их влияние на окружающую среду. Закрытые склады могут быть отапливаемые и неотапливаемые, с естественной и принудительной вентиляцией, с естественным и искусственным освещением и т. д. Закрытые склады могут быть оборудованы специальным, образом для создания особых условий (изотермических, изобарических и т. п.) хранения и грузопереработки специфических продуктов и материалов. Для материалов, огнеопасных, взрывоопасных, иным образом опасных или вредных для человека и окружающей среды, создаются специальные хранилища закрытого типа, в том числе герметичные (подземные или полуподземные сооружения, емкости и т. д.).

Решения об организации складов. При организации склада встают задачи нескольких уровней: обоснование целесообразности, размещение склада, архитектурно-строительное решение, компоновочное решение (организация внутреннего пространства склада), оснащение склада, организация складского процесса.

Обоснование целесообразности. Эта задача предполагает комплексный анализ производственного процесса, для которого предназначен склад, с целью поиска решений организации процесса без склада или выявления альтернатив складированию. Предусматривается также обоснование размера склада и экономической целесообразности его возведения. Тенденции современного производства таковы, что складирование и склады не рассматриваются как обязательные элементы производственного процесса и производственной структуры - предприятия. Управление цепью поставок в режиме *JIT* минимизирует все виды запасов в производственном процессе. Предполагавмый склад создается для хранения определенного запаса. Поэтому прежде всего оценивается экономическая целесообразность создания запаса в той точке производственного процесса, той номенклатуры и размера, что определяют назначение, специализацию и емкость (мощность) предполагаемого склада. Если экономически обосновано, что запас необходим и потребность в нем по прогнозам сохранится достаточно долго, а размер его достаточен для организации отдельного склада и затраты на возведение склада приемлемы для предприятия, то принимается решение о соз-

дании склада.

Размещение склада. Задача выбора географического местоположения не характерна для внутривозовских складов, для них решается задача выбора места размещения на территории завода (общезаводские склады) или цеха (цеховые склады). При этом решение основывается на общих принципах рационального размещения производственных подразделений предприятия и зависит от назначения склада (вида объектов хранения, для которых предназначен склад). Размещение складов на территории предприятия должно обеспечить наиболее короткие по расстоянию и оперативные по времени доставки маршруты движения грузов со складов в цехи и из цехов на склады. Для этого должны в максимальной степени использоваться существующие на предприятии схемы грузопотоков и транспортные магистрали, объем строительства новых транспортных коммуникаций должен быть сведен к минимуму. Размещение нового склада на территории предприятия не должно нарушать основную идею генерального плана предприятия.

Архитектурно-строительное решение. При строительстве новых складов, перепрофилировании, реконструкции и техническом перевооружении действующих используются типовые проекты. Выбор типового проекта определяется назначением склада, его специализацией, требуемой мощностью, необходимым уровнем автоматизации складских процессов, требованиями по сопряжению связей с существующими производственными и инфраструктурными объектами предприятия. При переоборудовании под склад имеющихся строений или помещений могут разрабатываться индивидуальные проекты на основе типовых проектов или типовых проектных решений. При сооружении склада необходимо оборудовать его подъездные пути, пункты погрузки-разгрузки, учесть требуемые по-грузочно-разгрузочные фронты. Нужно также выдержать все архитектурно-строительные и санитарно-технические нормы и нормативы, обеспечить соблюдение правил экологической и противопожарной безопасности, охраны труда.

Компоновочное решение. Предполагает решение задачи рациональной организации внутреннего пространства склада. Решение основывается на общих принципах рациональной организации производственного процесса во времени и пространстве, но в приложении к складским процессам. Цель — в максимальной степени использовать внутреннее пространство склада (а не только его площадь). Существуют определенные типовые компоновочные решения для складов различного назначения, емкости (мощности), уровня автоматизации. Большое значение имеет планировка внутреннего пространства склада, т. е. порядок распределения объемов, зон и мест хранения отдельных объектов внутри склада, а также трассировка маршрутов их завоза и вывоза, внутрискладского перемещения и грузопереработки. Материалы массового спроса, поступающие на склад и расходуемые в производстве в большом количестве, необходимо хранить ближе к местам их приема и выдачи. Материалы, получаемые в таре, следует хранить в той же таре, оборудовав соответствующим образом места их хранения, что должно быть учтено в планировке склада. Для максимального использования объема складских помещений внутрискладское перемещение

грузов целесообразно организовать с помощью подвесных средств транспорта и погрузки-выгрузки (конвейеров, кран-балок, мостовых кранов и т. п.). С этой целью хранение грузов целесообразно организовать в многоярусных стеллажах или многорядными штабелями, размещая внизу тяжелые грузы, вверху - менее тяжелые. При этом нужно соблюдать нормы допустимой нагрузки на единицу площади упаковки груза, тары, стеллажа, пола и междуэтажных перекрытий.

Оснащение склада. Предполагает выбор средств технологического оснащения для технологического процесса, реализуемого на складе, и средств информационной поддержки. Решение зависит от назначения и специализации склада; вида, формы, весо-габаритных характеристик и количества одновременно находящихся на хранении объектов, объема их годового поступления; вида и масштаба работ, предусмотренных складским технологическим процессом, принятого для них уровня автоматизации; типа, характера и расположения складских помещений. Существуют типовые решения для различных по назначению и составу складских технологических процессов, которые характерны для массового, серийного или единичного производства.

При всем разнообразии технологических процессов и средств их оснащения, которые используются на складах различного назначения, можно выделить три основные группы средств технологического оснащения, общие для всех складов. Это средства оснащения склада, предназначенные для хранения материальных объектов (стеллажи, платформы и т. д.), подъемно-транспортные устройства (краны-штабелеры, вилочные погрузчики и т. п.), тара (контейнеры, паллеты, поддоны и др.). Прочие средства технологического оснащения склада могут быть представлены контрольно-измерительными устройствами и инструментом (контроль мер и весов, технический контроль качества при приемке и отпуске материалов), устройствами или технологическими линиями сортировки, упаковки и т. п., в том числе автоматическими. Средства информационной поддержки складского процесса предназначены прежде всего для ведения учета запасов и их движения, документирования приемки-выдачи материальных ценностей, оперативного поиска требуемых объектов хранения и свободных мест (ячеек) хранения. Простейшим средством являются учетные карты (на бумажных носителях), которые заводятся на каждый типоразмер объекта хранения на складе; в них дается описание объекта хранения, фиксируется приход, расход, остаток по каждой операции приемки-выдачи, указываются места хранения и текущее состояние запаса. Основными средствами информационной поддержки современных складских процессов являются информационно-программные комплексы, персональные компьютеры, локальные вычислительные сети, сканеры для считывания штриховых кодов и маркировка со штрих-кодами на таре или упаковке грузов. Более развитые информационные системы применяются для управления технологическими процессами на автоматических складах.

Организация складского процесса. Предполагает решение задачи рациональной организации складского процесса во времени и пространстве как части производственного процесса. При этом преследуется цель: насколько возможно и где только возможно организовать выполнение складских работ поточными методами. Существуют определенные типовые решения для складов с различ-

ной специализацией, различными типами процессов и уровнем автоматизации. При организации складских процессов необходимо добиваться:

- рациональной планировки склада при выделении рабочих зон, что способствует рациональной организации процесса переработки грузов и снижению затрат;
- эффективного использования пространства при расстановке оборудования, что позволяет увеличить мощность склада;
- широкого применения универсального оборудования, выполняющего различные складские операции, что дает существенное сокращение парка подъемно-транспортных устройств;
- минимизации маршрутов внутрискладского перемещения грузов, что позволяет увеличить пропускную способность склада и сократить эксплуатационные затраты;
- оптимизации партий отгрузок и применения централизованной доставки, что позволяет существенно сократить транспортные издержки;
- максимального использования возможностей информационной системы, что значительно сокращает время и затраты, связанные с оформлением документов и обменом информацией.

Комплексная механизация и автоматизация трудоемких погрузочно-разгрузочных и других работ по грузопереработке является важнейшим фактором повышения производительности труда и снижения себестоимости складских операций.

Организация работы материальных складов. Наиболее многочисленны и разнообразны по составу материальные склады. Их число, специализация и размер определяются номенклатурой и объемом материалов, потребляемых основными и вспомогательными цехами, обслуживающими хозяйствами конкретного предприятия. Материальные склады подразделяются на склады черных и цветных металлов, топлива, химикатов и т. д.

На материальные склады предприятия поступают покупные материалы от внешних поставщиков. Основная задача материальных складов на предприятии — комплектное и бесперебойное обеспечение цехов, участков и рабочих мест всеми видами материалов и полуфабрикатов в точном соответствии с их потребностью. Эта задача может быть решена только при точном планировании потребностей производства в материальных ресурсах, эффективном управлении материально-техническим снабжением на предприятии и правильной организации материального обеспечения цехов материальными складами. Это достигается интеграцией локальных складских информационных систем в систему планирования ресурсов предприятия (MRP, MRP II, ERP), установлением электронного обмена данными по телекоммуникационным сетям с внешними поставщиками материалов, а также разработкой сквозного технологического процесса и плана-графика в цепи поставок «внешний поставщик материалов — заводской материальный склад — цеховой материальный склад — производственный участок цеха — рабочее место».

В функции материальных складов входит приемка, хранение и выдача материалов, оперативный учет их движения, контроль за состоянием складских

запасов и своевременное их пополнение при отклонении от установленных норм. В крупносерийном и массовом производстве в функции складов может включаться обеспечение рабочих мест материалами и полуфабрикатами. Склад не только ведет подготовку комплектной выдачи материалов, но и осуществляет их доставку непосредственно к рабочим местам в установленные сроки.

Обеспечение цехов и служб завода всеми необходимыми материалами осуществляется через общезаводские и цеховые материальные склады. Функции цеховых складов могут выполнять общезаводские склады, размещая в цехах свои филиалы. При наличии на предприятии нескольких обрабатывающих цехов, потребляющих одинаковые материалы в значительных объемах, целесообразно при общезаводских складах создавать заготовительные участки, и материалы цехам выдавать в виде заготовок. Заготовки с общезаводских складов могут выдаваться на цеховые склады напрямую или через склад полуфабрикатов завода.

Работа склада организуется в соответствии с технологическими картами. *Технологическая карта* (складская) — вид технологической документации, в которой расписан технологический процесс грузопереработки на складе. Она содержит перечень основных операций, порядок, условия и требования к их выполнению, данные о составе необходимого оборудования и приспособлений, составе бригад и расстановке персонала. В технологической карте указывается последовательность и основные условия выполнения операций при выгрузке грузов, их приемке по количеству и качеству, способы пакетирования и укладки на поддоны, в штабеля, на стеллажи, а также режим хранения, порядок контроля за сохранностью, порядок их отпуска, упаковки и маркировки.

Помимо некоторых перевозочных документов (накладные транс-портно-грузовые и т. д.), к числу наиболее важных документов, используемых при приемке и выдаче груза на складах различного назначения, относятся следующие. *Приходный ордер* — документ, применяемый для оформления и первичного учета поступающих на склад товарно-материальных ценностей; выписывается в тех случаях, когда расчетные документы поставщика или их копии не могут быть использованы в качестве приходных документов. *Наряд* (на отпуск) — документ, на основании которого со склада осуществляется отпуск или поставка потребителю заказанного количества товаров определенного наименования и в требуемые сроки. *Отборочный лист* — документ, на основании которого на складе ведется комплектация партии выдачи или отправки по заявке потребителя; может иметь форму бумажного или электронного документа.

Основным учетным документом является *учетная карта* единой формы для материалов, полуфабрикатов и инструмента, которая представлена в табл. 14.1. Учет материалов на складах должен отражать их движение (приход и расход), а также их наличие. Склады ведут количественный учет. Материалы, поступившие без накладных или акта о приемке, хранятся отдельно до их оформления. На принятые материалы составляется приемный акт или ордер. В случае обнаружения брака при входном контроле материалов составляется оперативно-технический акт, служащий в дальнейшем основанием для предъявления рекламаций поставщику. Не принятые материалы принимаются на ответствен-

ное хранение до получения указаний от поставщика об их дальнейшем использовании.

Бухгалтерией проводится систематический контроль работы заводских и цеховых складов по приходно-расходным документам и учетным картам, с учетом установленных норм потерь и естественной убыли, путем периодического проведения инвентаризаций складов с сопоставлением фактических и документальных остатков материальных ценностей. Складские работники несут материальную ответственность за сохранность и правильное использование материальных ценностей. Анализ работы складов проводится в следующих основных направлениях: анализ и оценка правильности учета движения материальных ценностей по складу; анализ и совершенствование операций по продвижению материалов из заводских складов в цеховые, из цеховых — на производственные участки; анализ и пересмотр установленных размеров страховых запасов, точек заказа, максимальных запасов; определение размеров и анализ причин материальных потерь на складах.

Расчет складских площадей. В составе площади склада $F_{\text{скл}}$ принято выделять:

- *грузовую, или полезную, площадь* $F_{\text{гр}}$, занятую непосредственно материальными ценностями или устройствами для их хранения;
- *оперативную площадь* $F_{\text{оп}}$, занятую приемными, сортировочными, комплектующими и отпусковыми площадками, а также проходами и проездами между штабелями и стеллажами;
- *конструктивную площадь* $F_{\text{к}}$, занятую под перегородками, колоннами, лестницами, подъемниками, тамбурами и т. д.;
- *служебную площадь* $F_{\text{сл}}$, занятую под конторки складов и бытовые помещения. Площадь заготовительных участков рассчитывается по нормам проектирования соответствующих цехов.

Соотношение между общей площадью склада и грузовой (полезной) площадью называется *коэффициентом использования площади склада* α_F :

$$\alpha_F = \frac{F_{\text{гр}}}{F_{\text{скл}}},$$

Коэффициент использования площади склада при хранении в штабелях составляет 0,6—0,7, а при хранении в стеллажах 0,3—0,4. Грузовая (полезная) площадь склада может быть определена двумя способами.

1. Для материалов, которые хранятся в штабелях, емкостях, расчет площадей ведется по нагрузке:

$$F_{\text{гр}} = \frac{M_{\text{max}}}{M_f},$$

где M_{max} — максимальное количество материала, подлежащего хранению, т;
 M_f — допустимая нагрузка на 1 м² площади пола склада в т, определяемая опытным путем.

2. Для материалов, которые хранятся в стеллажах, расчет площадей ведется по объемным измерителям:

$$F_{гр} = F_{ст} K_{ст},$$

где $F_{ст}$ — площадь, занимаемая одним стеллажом;
 $K_{ст}$ — количество потребных стеллажей.

Количество потребных стеллажей $K_{ст}$ определяется по формуле:

$$K_{ст} = \frac{M_{max}}{V_{яч} \gamma \alpha_{зап} K_{яч}},$$

где $V_{яч}$ — полный объем ячейки, м³;
 γ — объемный вес материала, т/м³;
 $\alpha_{зап}$ — коэффициент заполнения объема ячейки;
 $K_{яч}$ — количество ячеек в одном стеллаже.

Ширина проходов между стеллажами и штабелями устанавливается в размере 0,6—0,9 м, при пользовании тележками 1,1—1,2 м. Через каждые 20—30 м на складах должны быть сквозные проезды по ширине ворот. Внутри склада, в зависимости от его ширины, устраиваются продольные проезды шириной 2,5—3 м. Размер конторских и бытовых помещений $F_{сл}$ и конструктивная площадь F_K определяются по нормам строительного проектирования и по нормам охраны труда с учетом правил пожарной безопасности.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В чем проявляется взаимосвязь функций транспортировки и складирования?
2. Как определяется грузооборот предприятия?
3. Связаны ли между собой грузооборот предприятия и его грузопотоки?
4. Какие виды маршрутов могут устанавливаться транспортным средствам?
5. Как рассчитывается потребность в транспортных средствах?
6. Какие показатели используются для оценки работы транспорта?
7. Перечислите виды складов на предприятиях.
8. Как принимаются решения об организации складов?
9. В чем заключается расчет склада?
10. Какие показатели характеризуют эффективность использования складских площадей?

ГЛАВА 15. СТРАТЕГИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Почти каждый продукт (товар или услуга) подлежит продаже (или создается с целью продажи). Цена является одним из главных факторов, от которого зависит — будет ли этот продукт продан. Другой фактор — качество. В действительности качество выступает часто как главный фактор. Низкое качество продукции может оказаться причиной отказа покупателя от приобретения товара и банкротства производящей фирмы. Фирмы последовательно применяют (различную *тактику управления качеством*, или, как его чаще называют, *контролем качества (quality control, QC)*). Одна из главных ролей операционного менеджера заключается в обеспечении таких условий, когда фирма может доставлять качественный продукт в нужное место, в установленное время и по приемлемой для покупателя цене. Качество продукции часто определяет долгосрочную стратегическую линию производства. Оно имеет важное значение и для сервисных организаций.

15.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Качество продукта есть степень, с которой данный продукт удовлетворяет основным требованиям покупателя⁸. Это одно из наиболее распространенных определений качества. Существуют и другие определения (табл. 15.1). Одни определения качества базируются на мнении пользователя. Так, для покупателей более высокое качество означает личное предпочтение продукта.

Таблица 15.1

Основные определения качества

<i>Определения</i>	<i>Источники</i>
Качество есть степень, с которой специфический продукт отвечает дизайну или спецификации	<i>Gilmore H. L</i> Product Conformance Cost. - Quality Progress, June 1974, p. 16
Качество подтверждается покупателем. Покупатели предпочитают продукты, которые на протяжении всей их жизни удовлетворяют покупательские потребности и ожидания в соответствии с затратами, представляющими их ценность	<i>Scherkenback W. W.</i> Demining's Road to Continual Improvement. -Noxville (Tenn.): SPC Press, 1991,p.161
Качество - это то, что подходит для использования	Quality Control Handbook / Ed. byj. M. Juran. 3ed. -N. Y.: McGraw-Hill, 1974, p. 2
Качество - это обобщение черт и характеристик продукта, которые представляют способность удовлетворять установленные или предполагаемые потребности	<i>Johnson R., Winchell W. O.</i> Production and Quality. -Society of Quality Control. Milwaukee (Wise.), 1989, p. 2

Для производственных же менеджеров качество есть производственная

⁸ Так, Американское общество по управлению качеством определяет качество I как характеристики продукта, которые представлены его способностью удовлетворять установленные или предполагаемые потребности.

база, это соблюдение стандартов изготовления продукта. Третий подход основан на рассмотрении качества с точки зрения цены и возможности измерения переменных. Например, компания предпочитает такой уровень качества, который бы обеспечивал максимальную положительную разницу между потребительской ценностью и затратами (рис. 15.1).

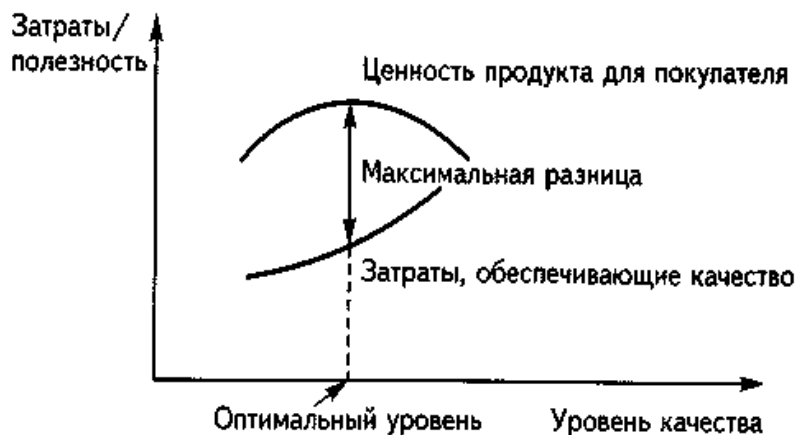


Рис. 15.1. Оптимальный уровень качества

При низком уровне качества продукт не будет пользоваться успехом у покупателя. Низкокачественный продукт может даже обладать отрицательной ценностью для покупателя. При высоком уровне качества (который может быть очень затратным) цена продукта может оказаться неприемлемой для покупателя. По мнению одного из ведущих специалистов в области качества Д. Гарвина, «характеристики, которые означают качество, должны быть первыми идентифицированы в процессе изучения рынка (на основе подхода к качеству пользователя). Эти характеристики должны затем быть перенесены на поддающиеся идентификации свойства продукта (на основе подхода к качеству со стороны продукта). Производственный процесс должен быть затем организован с уверенностью, что продукты создаются точно в соответствии с этими спецификациями (на основе подхода к качеству со стороны производства). Процесс, который игнорирует любой из этих трех шагов, не приведет к созданию качественного продукта».

Измерение качества. Измерение качества не ограничивается только количественной оценкой, рейтингом спецификаций и характеристик продукта. Оно предполагает также качественную оценку. Обычно при оценке потребителем качества товара или услуги учитываются шесть факторов: действие (приведение в действие); надежность/долговечность (срок службы); соответствие; удобство обслуживания (эксплуатационная надежность); проявление (внешний вид); воспринимаемое (ощущаемое) качество.

Действие (приведение в действие). Это общая объективная оценка продукта. Например, автомобиль запускается и останавливается быстро? Изоляция удерживает тепло в доме? Цветной телевизор имеет четкую картинку?

Надежность/долговечность (срок службы). Отражает вероятность выхо-

да из строя или утрату потребительских свойств продукта. Например, двигатель автомобиля всегда запускается в холодные утренние часы? Его работа длится в течение продолжительного времени? Как часто один из парковочных или задних сигнальных огней перегорает?

Соответствие. Это степень, с которой продукт воплощает конструктивно задуманные спецификации. Например, все ли двери конкретной модели автомобиля лежат в пределах допуска в 32 дюйма?

Удобство обслуживания (эксплуатационная надежность). Это объективная оценка относится, например, к плавности движения автомобиля, его скорости, точности соблюдения ремонта.

Проявление (внешний вид). Это субъективное восприятие продукта. Оно отражает персональные ощущения и включает такие переменные, как вид, прикосновение, звук, вкус и запах.

Воспринимаемое (ощущаемое) качество. Многие продукты оцениваются по их брэндам (фабричному клейму, торговой марке) или рекламе. Например, телевизоры *Sony*, сверла *Black & Backer* имеют имидж качественных продуктов даже для людей, которые никогда не видели и не пользовались ими.

Почему важно качество? Качество товаров и услуг является стратегически важной характеристикой для компаний. Качество фирменных изделий, уровень их цен и объем поставки на рынок определяют уровень спроса, репутацию компании, долю ее рынка и т. д.

Репутация компании. Организация может обладать хорошей или плохой репутацией относительно качества ее продукции. Качество будет раскрывать отношение фирмы к новым продуктам через практику найма работающих и отношения с поставщиками. Производственная фирма, ресторан, ремонтная мастерская или колледж, известные своей репутацией работы с низким качеством, должны прилагать усилия, чтобы сбросить их негативный имидж. Реклама и продвижение продуктов на рынок не заменяет их качество.

Затраты и доля рынка. Из рис. 15.2 видно, что повышение качества может приводить к увеличению доли рынка и экономии затрат. Обе составляющие могут воздействовать на размер прибыли. Точно так же «надежность» и «соответствие» означают уменьшение числа дефектов и снижение сервисных затрат. Исследование производителей кондиционеров показало, что качество и производительность взаимообусловлены. В США компании с высоким качеством продукции были в пять раз продуктивнее (измерялось количество единиц, произведенных в течение рабочего часа) по сравнению с компаниями, характеризующимися невысоким качеством.

Ответственность за продукт. Законодательство устанавливает рамки ответственности компании за продукт. Кроме того, несовершенные продукты компаний могут носить ярлык, предупреждающий о разрушениях или повреждениях в результате их использования. Акт о безопасном потребительском продукте (1972) определил стандарты на продукты, объявив те продукты, которые не достигли объявленных стандартов. Это лекарства, которые являлись причиной рождения детей с дефектами; изоляционный материал, использование которого приводило к раку; автомобильные топливные баки, которые могли взо-

рваться в результате определенного воздействия, и все подобное, что могло вести к огромным затратам, выплатам и чрезмерным общественным волнениям.

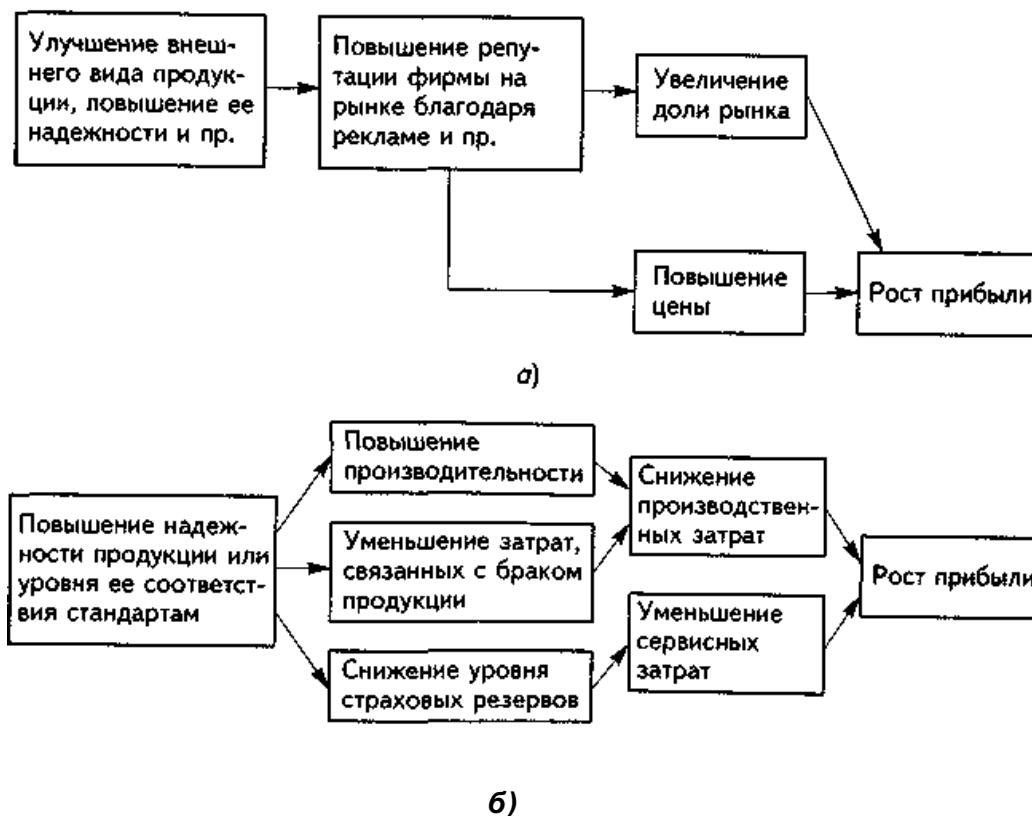


Рис. 15.2. Влияние качества продукции на долю рынка и уровень затрат:
а - увеличение доли рынка; б - экономия затрат

Международный аспект. В современный технологический век качество является как межстрановым, так и корпоративным феноменом. Для компаний и стран эффективно конкурировать на мировом рынке можно, если продукты представлены ожидаемым качеством и ценами. Некачественные продукты приносят убыток фирмам, что может отрицательно отразиться на платежном балансе страны.

15.2. КОНЦЕПЦИЯ ВСЕОБЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

В 1961 г. известный американский эксперт по контролю качества А. В. Фегенбаум написал книгу под названием «Всеобщий контроль качества», в которой сделал фундаментальный вывод: «Делай работу правильно с первого предъявления». По его мнению, главным контролером является не инспекция, а в первую очередь те, кто изготавливает и реализует продукт (например, деталь) - станочник, старший мастер на сборке, продавец. Эти положения легли в основу концепции всеобщего управления качеством.

Концепция всеобщего управления качеством (total quality management, TQM) предполагает восприятие качества, которое охватывает организацию в

целом - от снабженца до покупателя. Концепция *TQM* является изменением традиционного для США подхода в отношении качества. Этот традиционный подход сравнивается с японским подходом в табл. 15.2. Японская позиция ближе к тому, что в настоящее время в США известно как концепция *TQM*. Традиционно на американских заводах, например, вопрос о качестве продуктов был отнесен к ответственности отдела контроля качества. В Японии общая ответственность за качество продукта лежит на производственном менеджере. Подобным образом, усилия, связанные с повышением качества в американских компаниях, были непосредственно нацелены на решение проблем качества, которые уже появились, а не на решение этих проблем в процессе проектирования продукта. Японские компании занимают прямо противоположную позицию.

Таблица 15.2

Управление качеством в США и Японии

<i>Американский традиционный подход</i>	<i>Японский подход</i>
Качество как функция того, насколько полно продукт отвечает спецификации	То же, как в американском подходе
Качество зависит от всех подразделений - от закупки материалов и до инженерной разработки до отгрузки готового изделия, и обслуживания	То же как в Американской позиции
Задача повышения качества - снижение существующего процента брака	Задача повышения качества - совершенствование продукции, исправление собственных ошибок в процессе работы
Имеется оптимальный уровень качества. Покупатели не будут платить за более высокий его уровень	Повышение качества в течение всего рабочего времени будет увеличивать долю рынка и стимулировать рыночный спрос
Контроль качества осуществляется посредством инспектирования во время производства и после изготовления продукции	Каждый производственный рабочий является ответственным за инспектирование, даже если для этого необходимо остановить сборочную линию, чтобы скорректировать ее работу и установить причину брака
Использование статистических методов для инспектирования большого объема выпуска	Проверка каждой единицы продукции, чтобы установить дефект прежде, чем вся партия окажется браком - поддержание на низком уровне на основе концепции <i>ЛТ</i>
Использование приемлемого уровня качества, базирующегося на таблицах образцов. Эти уровни установлены по числу дефектов на 100 произведенных единиц продукции	Отказ от таблиц образцов. Учет брака как число дефектов на 1 млн единиц продукции
Использование случайной выборки, как правило, размером $n = 5$, чтобы проверить стабильность процесса	Использование выборки размером $n = 2$, состоящей из первой и последней единицы каждой партии продукции, чтобы быть уверенным в стабильности процесса
Отдел контроля качества является ответственным за тестирование /инспектирование	Отдел контроля качества управляет качеством, но также обучает персонал. Действенное инспектирование осуществляется рабочими

Американский традиционный подход	Японский подход
Исправление брака осуществляется на отдельных ремонтных линиях со своим штатом	Рабочие или группы исправляют их собственные ошибки, даже если им приходится задерживаться на работе
Уборщики содержат рабочие места в чистоте	Рабочие сами отвечают за содержание их рабочих мест в чистоте

Источник: Schonberger R. J. Japanese Manufacturing Techniques. - N. Y.: Free Press, |1982, p. 47-82.

Лоуренс Салливан — менеджер по контролю качества компании «Форд мотор» разработал концепцию семи шагов в направлении TQM (рис. 5.3).

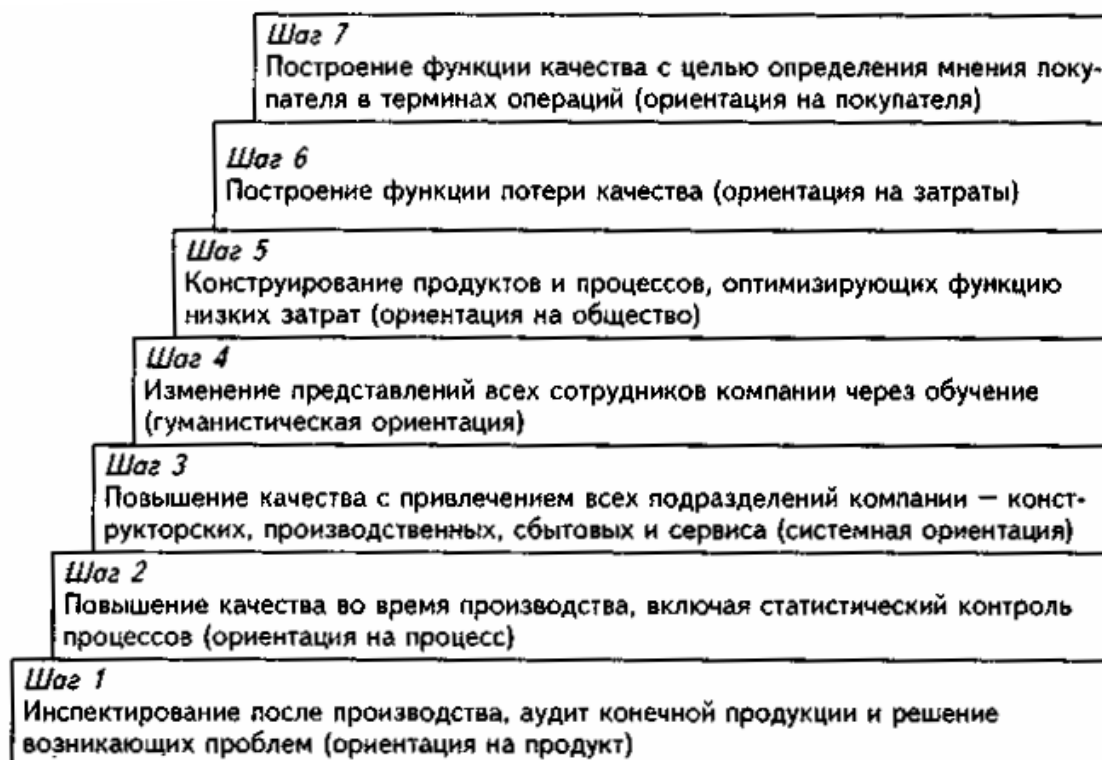


Рис. 15.3. Концепция семи шагов в направлении TQM

Американский экономист Эдвард Деминг разработал философию качества, состоящую из 14 пунктов.

ФИЛОСОФИЯ КАЧЕСТВА ДЕМИНГА

1. Сделайте так, чтобы стремление к совершенствованию товара или услуги стало постоянным. Ваша конечная цель — стать конкурентоспособным, остаться в бизнесе и обеспечить рабочие места. Не отступайте от достижения твердо установленных производственных целей в области поэтапного и постоянного улучшения продукции.
2. Применяйте новую философию качества (предпринимательства), чтобы добиться стабильности предприятия.
3. Поймите, что для достижения качества нет необходимости в сплошном контроле.
4. Прекратите попытки строить долговременную стратегию бизнеса на основе демпинговых цен.
5. Постоянно совершенствуйте систему производства и обслуживания, чтобы повы-

шать качество и производительность, снижать затраты.

6. Создайте систему подготовки кадров на рабочих местах.
7. Создайте систему эффективного руководства, а не надзора.
8. Используйте эффективные методы общения между людьми, исключив страх и недоверие.
9. Ликвидируйте разобщенность подразделений предприятия друг от друга по научно-производственному циклу.
10. Прекратите практику лозунгов, проповедей и «мобилизации масс».
11. Прекратите практику выделения производственных мощностей на основе жестких норм,
12. Устраняйте все препятствия, которые лишают работника права гордиться своей работой.
13. Разработайте всеобщую программу повышения квалификации и создайте для каждого работника условия для самосовершенствования.
14. Ясно определите обязанности высшего звена руководства по постоянному повышению качества продукции.

Привлечение работников к управлению качеством. Важным положением концепции TQM является включение работников в каждый шаг процесса от конструирования продукта до его сбыта. Это реализуется путем передачи ответственности за качество продукции из отдела контроля качества производственным рабочим и служащим.

Фредерик У. Тейлор отмечал более 100 лет назад, что менеджмент должен помочь работникам построить лучшие производственные системы. Это не означало исключение работников из процесса улучшения продукта и технологий. Большинство исследователей полагают, что 85% проблем качества связаны с материалами и процессами, но не имеет отношения к работникам. Поэтому задача заключается в разработке оборудования и процессов, которые обеспечивают желаемое качество. Однако максимальный эффект достигается лишь при высокой степени вовлечения в эту работу тех, кто понимает недостатки производства. Те, кто имеет дело с производственной системой ежедневно, понимает это лучше, чем кто-либо другой. Когда возникает сбой в производстве, рабочий редко оказывается виновным. То ли продукт был неправильно спроектирован, то ли технология неверна, то ли работники не получили достаточной тренировки. Хотя рабочие и могли бы помочь в решении возникшей проблемы, они редко используются для этого.

Японский экономист Шигеро Шинго полагает, что производственные рабочие и служащие сами должны проверять свою работу. Этот тип инспектирования может быть дополнен использованием контроля, идея которого сводится к проверке следующего шага в процессе как бы со стороны покупателя, обеспечивая доставку качественного продукта к следующему «покупателю» в производственном процессе.

Кружки контроля качества. Другой подход к повышению качества - создание кружков контроля качества. Эффект от создания такого рода групп, как доказано на практике, проявляется как в повышении производительности, так и качества продукции. В составе кружков контроля качества 6—12 производственных рабочих и служащих, которые встречаются регулярно на добро-

вольной основе, чтобы решать относящиеся к работе проблемы. Члены группы получают тренировку в групповом планировании, решении проблем статистического контроля качества. Группы обсуждают и рекомендуют пути повышения качества продукции и совершенствования производственных процессов на предприятии. Группа обычно встречается около четырех часов в месяц (обычно после работы, но иногда и в рабочее время), и поскольку ее члены не вознаграждаются финансово, они пользуются признанием со стороны фирмы. Специальный менеджер, так называемый наставник, обычно помогает тренироваться членам группы и способствует спокойному протеканию встреч.

В последнем десятилетии кружки контроля качества бурно развивались в США, Южной Корее, Великобритании, Бразилии, Индонезии и других странах. По оценкам, свыше 90% компаний имеют программы контроля качества в своих структурах. Такие компании, как *IBM*, *TRW*, *Honeywell*, *Westinghouse*, *Digital Equipment*, *Xerox* и др. широко используют их. Компания *Westinghouse* имеет свыше 100 кружков контроля качества, оперирующих в различных филиалах в течение 10 лет и более. Эффект от функционирования кружков контроля качества — снижение производственного брака (часто на $\frac{2}{3}$), рост производительности труда, сокращение прогулов.

Связь между качеством продукции и системой «точно в срок». — ощущает тесная связь между системой «точно в срок» (*ЛТ*) и качеством продукции. Во-первых, система *ЛТ* снижает затраты «на качество». Это, например, происходит потому, что снижается уровень отходов, расходы на исправление брака, запасы на рабочих местах. Во-вторых, система *ЛТ* повышает уровень качества. Так, система *ЛТ* сокращает длительность цикла обработки, она выявляет очевидность ошибок и лимитирует число потенциальных источников ошибки. И наконец, повышение качества означает улучшение условий работы персонала, обслуживающего систему *ЛТ*. Цель хранения страхового запаса — защита компании от убытков в результате изменения переменных качества. Если достигнуто стабильное качество, система *ЛТ* позволяет исключить страховые запасы на рабочих местах.

Точка отсчета. Это еще один компонент в системе всеобщего управления качеством. Точка отсчета включает отбор стандартов, которые представляют оптимальный уровень процессов или действий. Экономист М. Спендалини предлагает пять шагов достижения точки отсчета. Идея заключается в нахождении цели, в которую «стреляют», а затем на основе этой цели устанавливают стандарт, т. е. точку отсчета для сравнения с уровнем того или иного показателя качества компании. Модель Спендалини — модель оптимальной точки отсчета, которая включает определение того, что может быть точкой отсчета, идентификацию компаний-аналогов, сбор и анализ информации и др.

В идеальной ситуации определяются организации-аналоги, лидирующие в определенных областях, которые фирма намерена изучить. Затем сравниваются достижения компании (собственные точки отсчета) с показателями компаний-аналогов. Необходимо, чтобы объект сравнения отличался от фирмы по профилю производства. Действительно, чтобы обосновать мировой класс стандартов, необходимо иметь возможность взглянуть со стороны на бизнес компа-

нии. Это требует поиска профильного производства, которое бы выделялось на фоне других, для использования его в процедуре определения точки отсчета. Если организация-аналог со сходным профильным производством знает, как конкурировать с помощью быстрого освоения продукта, но фирма этого не знает, то это не годится для изучения ее производства. Точки отсчета могут и должны быть основаны на большом сравниваемом множестве. Всеобщее управление качеством требует использования точек отсчета, которые можно измерить. Компания *NeXT Computer* использует точки отсчета, которые позволяют достичь параметров *системы производства без излишков (leanproduction, LP)*. Точки отсчета для *NeXT Computer* приведены в табл. 15.3.

Повышение качества — процесс, в котором никогда не достигается совершенство и всегда ведется поиск. Японцы используют понятие «кейзен», чтобы описать процесс совершенствования уровня качества. В США используются термины «всеобщее управление качеством» и «шесть сигм». Однако какие бы понятия ни использовались, производственные и операционные менеджеры являются теми ключевыми игроками, которые определяют успех в конкуренции качества.

Таблица 15.3

Точки отсчета в компании Next Computer

<i>Точки отсчета</i>	<i>Оценка параметров</i>
Срок проектирования нового продукта по расписанию, мес	9
Срок перепроектирования продукта, нед	1
Число деталей, шт.	220
Число поставщиков, ед.	60
Выход продукции с первого предъявления, %	80-90
Уровень брака (на 1 млн деталей), шт.	4-6
Прохождение продукцией теста на годность с первой попытки, %	90-95
Время цикла производства, ч	1
Время сборки на линии, мин	20
Отходы производства, долл./мес.	70-80
Размер партии, ед	1
Текущая рабочая сила, %	2
Общая численность работающих, чел.	480
Численность занятых на производстве, чел.	55(11%)

15.3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА

Существуют международные стандарты качества. Наибольший интерес представляет японский промышленный стандарт и стандарты ISO 9000.

Японский промышленный стандарт. В Японии разработана спецификация для TQM, которая опубликована как стандарт Z8101-1981. В соответствии с этим стандартом эффективное внедрение контроля качества делает необходимым кооперацию всех сотрудников компании, вовлекая в этот процесс ее руководство, менеджеров, мастеров и рабочих во всех областях деятельности корпорации, таких, как анализ рынка, исследования и разработки, планирование продукта, под-лшовка производства, закупки, производство, инспектирова-

ние, сбыт, послепродажное обслуживание, финансовый контроль, управ- [ление персоналом, обучение и т. п.

Стандарты качества ISO 9000. Серия стандартов ISO 9000 — это ряд международных документов, разработанных техническим комитетом Международной организации по стандартизации (ISO) для гармонизации большого числа международных и национальных Стандартов. Она устанавливает единые требования к качеству проектирования и производства продукции (услуг), а также сопутствующего сервиса⁹.

Серия стандартов ISO 9000 предназначена для сертификации *систем управления качеством компании (company quality system, CQS)*. Обычно система *CQS* определяется как организационная структура и менеджмент, реализующие ответственность, процедуры, процессы и ресурсы для достижения заданного уровня качества продукции и сопутствующего сервиса. Если система управления качеством компании удовлетворяет требованиям серии стандартов ISO 9000, то компания сертифицируется аккредитованным в странах — членах ISO регистратором, официально представляющим ISO, и регистрируется в Директорате ISO. Получение компанией сертификата ISO 9000 гарантирует ее потребителям качество продукции на уровне мировых стандартов.

Серия стандартов ISO 9000 состоит из пяти групп документов:

- ISO 9000 — Управление качеством. Утверждение стандартного качества: Руководящие правила для выбора и использования стандартов ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003;
- ISO 9001 — Система качества: Модель для утверждения качества в проектировании, подготовке производства, производстве, внедрении и сервисе;
- ISO 9002 — Система качества: Модель для утверждения качества в производстве, внедрении и сервисе;
- ISO 9003 — Система качества: Модель для утверждения качества в конечном контроле и тестировании;
- ISO 9004 — Управление качеством: Руководящие правила для применения системы управления качеством компании и ее элементов.

Три группы документов (ISO 9001, ISO 9002 и ISO 9003) являются базовыми для системы управления качеством любой компании сферы материального производства и сервиса, имеющей сертификат ISO, и описывают модели достижения заданного качества на всех этапах создания и доведения товара (услуги) до конечного потребителя. Две группы документов (ISO 9000, ISO 9004) являются руководствами и содержат руководящие инструктивные материалы: ISO 9000 - по выбору модели для утверждения качества, ISO 9004 - по проектированию, внедрению и сертификации системы управления качеством компании. Процедура сертификации включает четыре этапа.

1. *Обследование фирмы.* Заключается в обследовании и анализе фирмы с точки зрения качества ее продукции и сопутствующего сервиса, соответствующей системы *CQS*; создании рабочей группы с участием представителя ISO; разработке рабочего плана.

⁹ Подробно о стандартах ISO 9000 см.: *Окретлов В В* Управление качеством. СПб Наука, 2000

2. *Проектирование системы управления качеством компании (CQS).* Включает следующие шаги: выбор стандарта документации (ISO (9001,9002 или 9003) и подготовку руководства по системе CQS; проектирование новой системы CQS, отвечающей требованиям ISO; детальное документирование новой системы CQS, в том числе учебник качества, генеральные процедуры контроля, оперативные инструкции персоналу и формы статистического контроля качества.

3. *Развертывание системы.* Предполагает работу с персоналом в плане сертификации, обучение новым процедурам и инструкциям, апробацию новой системы CQS (в течение определенного времени), внешний и внутренний аудит, разработку практических приложений системы.

4. *Сертификация.* Включает конечное обследование системы J CQS, проводимое внутренними аудиторами (персонал высшего менеджмента фирмы); инспекцию, проводимую регистратором ISO; выполнение возможных корректировок системы CQS по замечаниям регистратора; получение сертификата ISO 9000 и регистрацию компании в реестре сертифицированных компаний.

Серия стандартов качества ISO 9000 и концепция всеобщего управления качеством TQM дополняют друг друга, имея общую цель - максимальное удовлетворение запросов потребителя через качество товара и сопутствующего сервиса (табл. 15.4).

Таблица 15.4

Серия стандартов качества ISO 9000 и концепция всеобщего управления качеством

<i>Серия стандартов качества ISO 9000</i>	<i>Концепция всеобщего управления качеством</i>
Утверждает базовое качество, не допускающее его снижение ниже общепризнанного	Утверждает конкурентное качество, стимулирующее превышение стандартного
Сфокусирована на возможностях производителя (поставщика)	Сфокусирована на потребностях покупателя (потребителя)
Утверждает пределы необходимости и достаточности совершенствования товара (услуги) на текущий момент	Утверждает отсутствие пределов совершенствования товара (услуги) на перспективу
Предполагает поддержание стабильного качества на достигнутом уровне в пределах данной серии стандартов	Предполагает непрерывное повышение уровня качества, отталкиваясь от достигнутого компанией и конкурентами
Сфокусирована на технической стороне качества, процедурах и инструкциях	Сфокусирована на прочих сторонах качества, в том числе отношениях персонала и потребителей
Регламентирует действия по контролю и поддержанию качества всем персоналом компании	Стимулирует действия по контролю и поддержанию качества всем персоналом компании
Предполагает повышение качества силами специализированных подразделений и организаций	Предполагает повышение качества усилиями всех и каждого сотрудника компании
Имеет различия по отраслям и сферам деятельности	Носит универсальный (всеобщий) характер

15.4. НОРМАТИВНОЕ КАЧЕСТВО ПРОДУКТОВ

Повышение качества является результатом разработки продукта и процесса. Техниккой повышения качества, предполагающей улучшение как продук-

та, так и процесса, является метод Тагучи, базирующийся на исследованиях японского экономиста Геничи Тагучи.

Концептуальные основы метода Тагучи. К этим основам относятся нормативное качество и функция потери качества. Метод Тагучи призывает производить продукты и создавать процессы, которые отличаются стойким *нормативным качеством*. Продукты нормативного качества являются продуктами, которые могут производиться в разнообразных неблагоприятных условиях окружающей среды производства. Идея заключается в том, чтобы выделить негативные эффекты вместо того, чтобы устранять причины. Тагучи предполагает, что выделение негативных эффектов часто дешевле, чем устранение причин и более эффективно при производстве нормативных продуктов (произведенных в одинаковых условиях в соответствии с широко распространенными нормативными требованиями). В этих условиях небольшие отклонения в материалах и процессах могут снизить качество продукта.

Тагучи также ввел определение *функции потери качества (quality loss function, QLF)*. Эта функция определяет все затраты, относящиеся к низкому качеству, и показывает, как эти затраты увеличиваются по мере того, как продукт приближается к ожиданиям покупателя. Эти затраты включают не только затраты потребителя в терминах неудовлетворенности, но и затраты, обеспечивающие гарантии и сервисное обслуживание (внутреннюю инспекцию и ремонт), а также затраты, связанные с отходами производства, и затраты, которые можно отнести к потерям общества. Функция потери качества является кривой, которая растет с определенным темпом и имеет общий вид квадратичной функции:

$$L = D^2 C,$$

где L - потери;

D^2 — квадрат стандартного отклонения от целевого значения;

C — затраты уменьшения стандартного отклонения.

Все потери общества из-за низкого качества продукции включаются в функцию потерь. Чем меньше потери, тем выше ценность продукта (рис. 15.4).

Внедрение метода Тагучи. Метод Тагучи требует поэтапного внедрения. Процесс внедрения, начиная со стадии разработки и конструирования продукта, проходит три фазы: дизайн системы, дизайн параметров и дизайн допусков.

Дизайн системы. Фаза дизайна системы - это исследовательская фаза. Используются прикидочные (начальные) спецификационные характеристики, чтобы определить переменные конструкции (т. е. материалы, мощность, температурную стойкость и пр.). Эти переменные величины становятся «параметрами» для процессов (обработки).

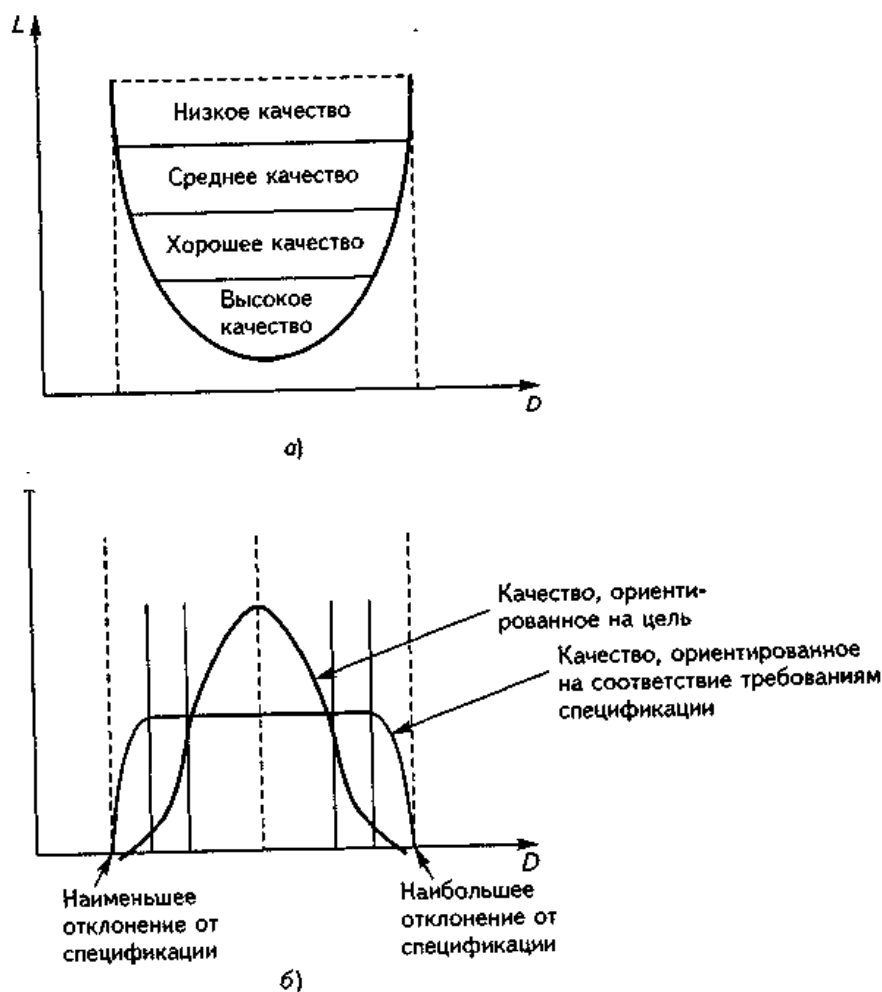


Рис. 15.4. Функция потери качества (а) и кривая распределения производимого продукта (б):

D - стандартное отклонение от целевого назначения; L - потери (для компании-производителя, покупателя и общества)

Дизайн параметров. Фаза дизайна параметров относится к экспериментальной стадии. Здесь эксперимент используется, чтобы определить важность параметров. Эта фаза показывает, как параметры воздействуют на ожидаемые потери. Идея заключается в нахождении того, какие параметры являются значимыми, а какие нет. Метод Тагути включает также снижение затрат. Поэтому задача данной стадии есть не только повышение качества, но и снижение затрат. Затраты должны быть сокращены в тех случаях, когда изменения могут быть сделаны в продукте или процессах (обработки) без снижения уровня качества.

Дизайн допусков. На этой фазе определяются допуски на каждый параметр. Традиционный американский подход состоит в том, что допуски должны быть такими плотными, насколько возможно. Но следуя методу Тагути, допуски, которые критичны к производству продукта с нормативным качеством, проектируются плотными, а те, которые не определяют требования нормативов и рассматриваются как маловажные, могут определять разную степень потерь (в зависимости от цели).

Роль инспекции. Чтобы быть уверенным, что операции и производство находятся на ожидаемом уровне качества, необходима инспекция некоторых или всех без исключения единиц продукции. Эта инспекция может включать измерение, взвешивание или самое широкое тестирование продукта (иногда даже разрушая его, когда это необходимо). Цель заключается в определении неприемлемого уровня качества перед тем, как некачественный продукт будет произведен. Однако инспекция не исправляет неполноценные системы или дефекты в продуктах, не производит замены продукта или не увеличивает его ценность. Имеются базовые вопросы, относящиеся к инспекции: как много и как часто инспектировать, когда инспектировать, где инспектировать?

Как много и как часто инспектировать? Решение о том, как много и как часто инспектировать является результатом экономических заключений (рис. 15.5).

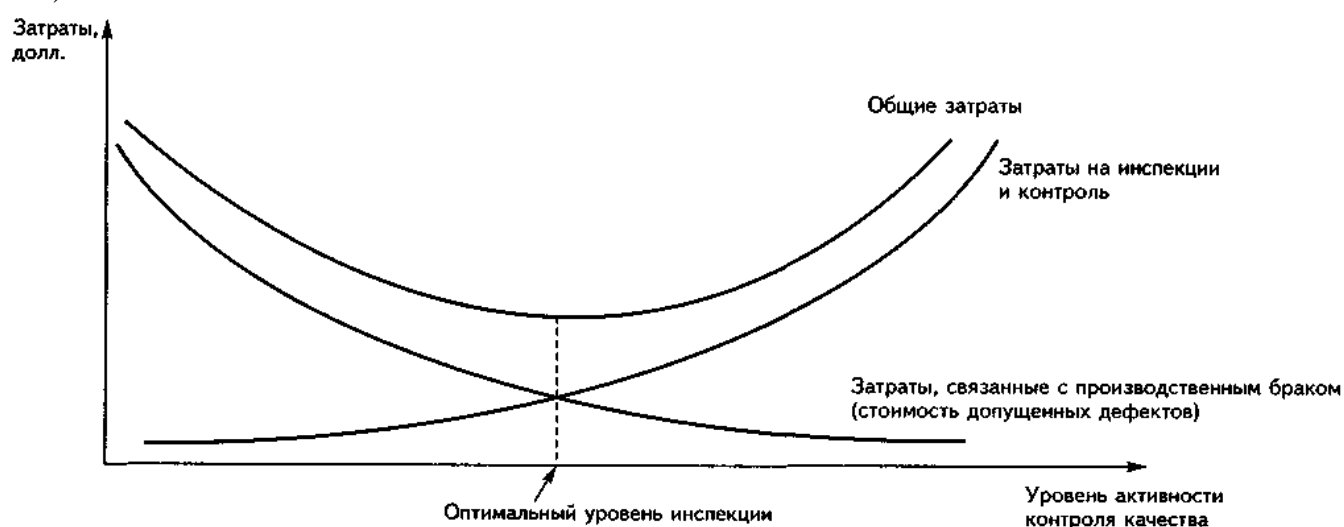


Рис. 15.5. Оптимальный уровень инспекции

Оптимальный уровень инспекции в терминах частоты и процента инспектируемого выхода продукции показан на рисунке, где общие затраты минимальны. Два главных компонента общих затрат — это затраты на инспектирование и контроль и затраты, связанные с производственным браком. Затраты на инспектирование и контроль включают расходы по наблюдению и тренингу инспекторов по контролю качества, плюс затраты на оплату их труда, оборудование, снабжение, включаемые в процесс тестирования. Затраты, связанные с производственным браком, включают потери от возврата продуктов, переделки и т. п. Значительная часть этих затрат «закапывается» в накладные расходы, поэтому их уровень часто трудно установить.

По мере расширения инспектирования и контроля затраты, связанные с производственным браком, имеют тенденцию к снижению, сокращается процент брака. Но с определенного уровня производства экономический выигрыш становится все меньше. Тестирование каждого произведенного карандаша не экономично, и совершенно деструктивно тестировать каждую произведенную пулю и элемент фотовспышки. Эти и многие другие продукты лучше всего тес-

тировать по плану отбора образцов (проб). Отбор проб рассматривается как адекватный, когда риск или затраты, связанные с производственным браком, малы. Исследования показали, что тщательно проработанные планы отбора образцов (проб) позволяют поддерживать качество на высоком уровне.

Когда и где инспектировать? Решение, когда и где инспектировать, зависит от типа процесса и ценности, добавляемой в ходе контроля. Инспектирование производственных фирм может иметь место, если затраты на инспектирование меньше, чем соответствующие потери от его отсутствия. Необходимо инспектировать:

- 1) план изделий поставщика, пока поставщик их производит (т. е. в процессе производства);
- 2) на заводе компании, пока поступают товары от поставщика;
- 3) перед затратными или необратимыми процессами;
- 4) во время осуществления производственного процесса;
- 5) когда производство завершено;
- 6) перед отгрузкой с завода компании готовых изделий.

Один из доступных инструментов, помогающих в идентификации возможных проблем качества, — построение диаграммы Иши-кавы («рыбий скелет»). Рисунок 15.6 иллюстрирует ежедневные ошибки контроля качества, когда отдельные гайки и болты при сборке не соответствуют друг другу. Каждая «рыбья кость» представляет собой возможный источник ошибки. Когда такая диаграмма систематически составляется, возможные проблемы качества и пункты инспектирования попадают в центр внимания.

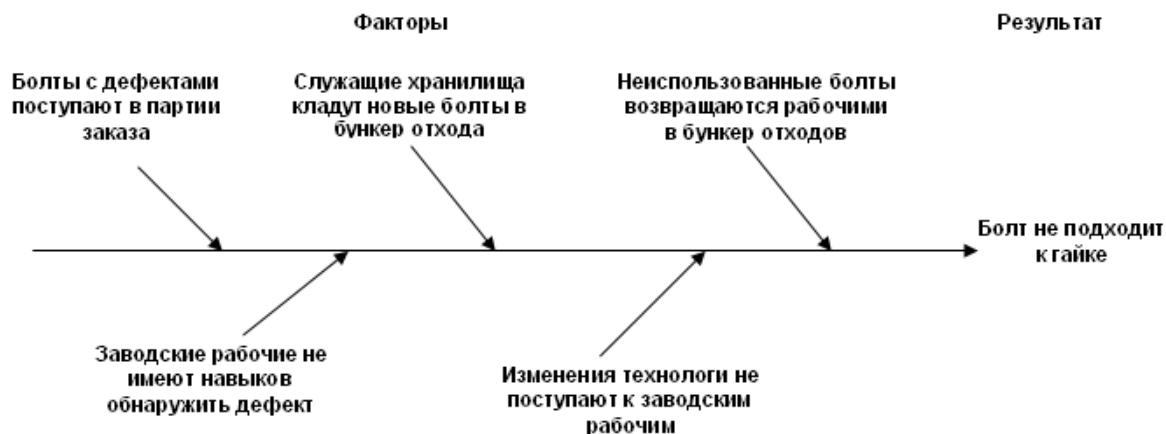


Рис. 15.6. Диаграмма Ишикавы («рыбий скелет»)

Статистический контроль процессов. *Статистический контроль процессов (SPC)* относится к управлению, ориентированному на исполнение стандартов, предполагает измерения и корректирующие действия в то время, когда производится продукт. Образцы выхода продукции оцениваются, находятся ли они в допустимых пределах, если да, то процесс получает продолжение. Если они вышли за установленные рамки, процесс приостанавливается и причины отклонений локализируются и устраняются. *Картами контроля* являются графики, которые устанавливают верхние и нижние пределы контролируемого процесса (рис. 15.7). Они дают графическое представление информации (процесса)

во времени. Карты контроля составляются так, чтобы новую информацию можно было быстро сравнить с предыдущей. Верхний и нижний пределы контроля могут быть в единицах температуры, длины, давления и т. д. Берутся образцы процессов выхода продукции и вычерчивается средняя этих образцов на карте контроля. Когда средняя образцов лежит между верхним и нижним пределами контроля и нет заметных различий в рисунке, то говорят, что процесс находится под контролем, в противном случае - вне контроля.

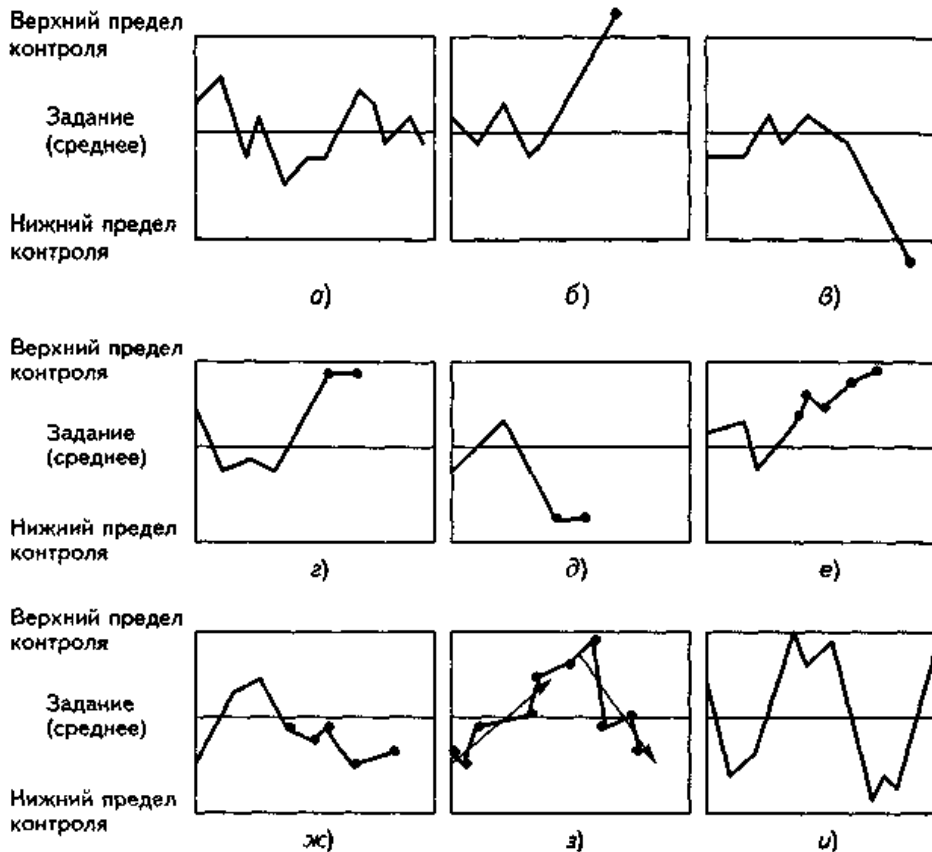


Рис. 15.7. Карты контроля:

а - нормальное поведение; б - один участок за верхним пределом контроля; в - один участок за нижним пределом контроля; г - два участка близки к верхнему пределу контроля; д - два участка близки к нижнему пределу контроля; е - пять участков выше центральной линии; ж - пять участков ниже центральной линии; з - тренды в каждом направлении (по пять участков); и - поведение на основе ошибок

15.5. КАЧЕСТВО СЕРВИСА

Качество сервиса является более трудно измеряемым для потребителей, чем качество произведенных товаров. Хотя обычно потребитель услуг оперирует несколькими характеристиками или характерными признаками (свойствами), которые он использует как базис для сравнения альтернатив. Среди основных критериев качества сервиса — надежность фирмы, отзывчивость, компетентность, вежливость, коммуникабельность ее персонала и др. Исследования качества сервиса показали, что потребительское восприятие качества есть сравнение ожиданий потребителя с фактическим результатом, уровнем услуг. Други-

ми словами, качество сервиса зависит от того, насколько оправдывает он ожидания потребителя. Восприятие качества проистекает из процесса сервиса, так же как и из его результата. Процесс сервиса может быть критическим компонентом, с точки зрения потребителя.

Разница между ожидаемым и фактическим значением показателя качества называется *разрыв (gap)* и оценивает степень удовлетворения покупателя по данному показателю качества. Оценка ведется комплексно, одновременно по целому набору показателей, отражающих различные аспекты качества сервиса. Поэтому комплексное качество может быть описано многомерной моделью, где каждый показатель качества играет роль ее параметра. Для наиболее полного удовлетворения запросов потребителя необходимо минимизировать разрыв по всем параметрам качества сервиса.

На практике наиболее распространена модель *SERVOUAL*, разработанная авторским коллективом под руководством А. Парасурамана¹⁰. В данной модели оценка качества ведется по пяти параметрам: *осязаемость* — внешний вид помещений, оборудования, контактного персонала и информационных материалов; *надежность* — способность фирмы оказывать услуги надежно и аккуратно; *оперативность* — постоянная готовность персонала помочь покупателю и своевременно оказать услугу; *уверенность* — профессионализм и спокойствие персонала, способность внушать доверие, безопасность; *эмпатия* - внимание персонала к каждому покупателю.

Модель использует метод измерения качества, основанный на разрыве (*gap*-модель): *gap 1* — разрыв между ожиданиями покупателей и восприятием этих ожиданий руководством организации; *gap 2* — разрыв между восприятием ожиданий покупателей руководством и спецификациями, определяющими качество сервиса; *gap 3* — разрыв между спецификациями качества и фактическим предоставлением услуг; *gap 4* - разрыв между фактическим предоставлением услуг и внешними сообщениями об этом потребителям; *Gap 5* — разрыв между ожиданиями покупателей и их фактическим восприятием оказанных услуг.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте ваше собственное определение качества.
2. Назовите несколько продуктов, которые не требуют высокого качества.
3. Как осуществляет университет контроль качества подготовки выпускников?
4. Каковы главные компоненты системы контроля качества?
5. Назовите основные различия между контролем качества в России и Японии.
6. Охарактеризуйте основные концепции, лежащие в основе метода Тагучи.
7. Раскройте три фазы внедрения метода Тагучи.
8. Какие измерители качества используются при определении качества сервиса?
9. Что такое функция потери качества?
10. Что означает формула $L = D^2C$?

¹⁰ Parasuraman A., Zeithaml V. A., Derry /..LA Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research//Journal of Marketing, 1985, p. 44

ЧАСТЬ VI. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

ГЛАВА 16. СТРАТЕГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА СПРОС

16.1. ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, УРОВНИ ПЛАНИРОВАНИЯ

Планирование — это одна из составляющих процесса управления. Его ведущая роль в принятии управленческих решений определяется тем, что в ходе планирования ставятся цели и распределяются ресурсы оперирующей системы. Таким образом, планирование является важнейшей функцией производственного (операционного) менеджмента. Планирование является непрерывным процессом в силу двух существенных причин. Первая — возможность достижения цели и потребность в установлении новых целей. Вторая — неопределенность будущего, постоянные изменения в окружающем мире, что требует корректировки целей, согласования их с реальностью. Отсюда следует важная роль *прогнозирования* возможных изменений бизнес-среды в ходе планирования. Любое управленческое решение, последствия которого проявятся в будущем, основывается на том или ином способе предвидения, на догадке о будущем, на планах или прогностических оценках. Это подтверждает тот факт, что планирование и прогнозирование представляют собой два этапа единого процесса.

План — это совокупность конкретных заданий, адресная директивная программа, содержащая основные параметры, необходимые для управления организацией или ее подразделением для достижения стоящих перед ними целей. Прогнозирование можно определить как преддирективный этап плановой работы. *Прогноз* в отличие от плана имеет предварительный вариантный характер, его горизонт шире планового периода. Прогноз ограничивает области и возможности, в рамках которых должны быть поставлены реальные цели и задачи, выявляет направления, которые должны стать объектом разработки и принятия плановых решений. В этом суть различий между планированием и прогнозированием.

Прогнозирование спроса и планирование производства предусматривает рассмотрение долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных задач, решаемых на различных уровнях руководства (рис. 16.1). *Долгосрочные прогнозы* и *стратегические планы*, как уже отмечалось, решают вопросы размещения и наращивания производственных мощностей, планирования инвестиций, выбора продукции и способов (процессов) ее производства на основе анализа достижений научно-технического прогресса и тенденций изменения рыночного спроса. Эти решения являются прерогативой высших уровней руководства организаци-

ей.

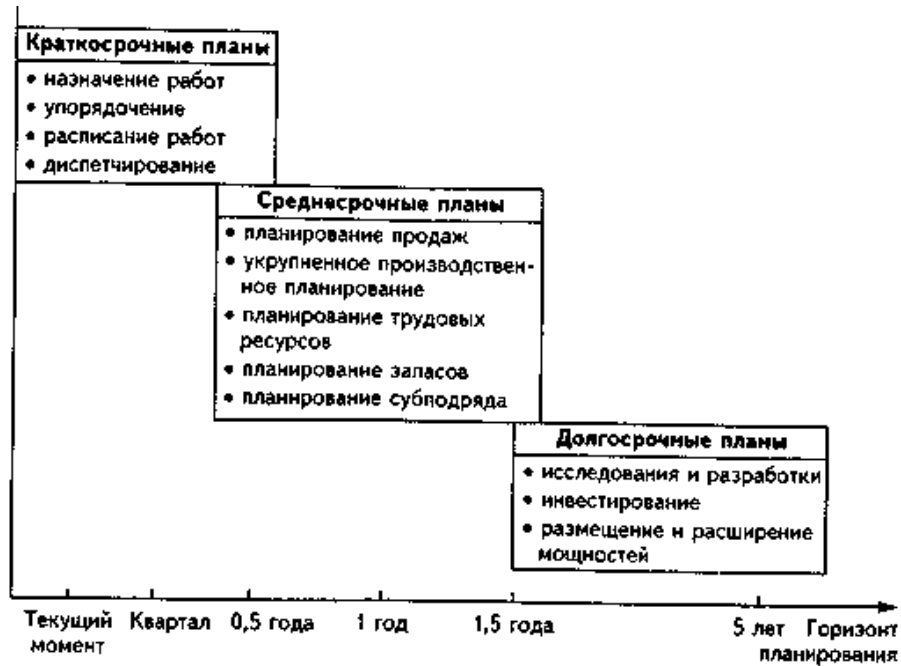


Рис. 16.1. Уровни планирования и задачи, решаемые на разных уровнях

Среднесрочное планирование начинается с поиска путей рационального использования производственных мощностей на срок свыше полугода с учетом возможных колебаний спроса. Определяются объем производства и продаж, уровень складских запасов, планы приема и увольнения рабочих и т. п. Это функция операционных менеджеров среднего уровня (руководители центральных служб организации), которые ответственны за решение тактических задач. *Тактические планы* должны соответствовать долгосрочной стратегии менеджмента и находить свое решение в рамках выделенных ранее для этих целей ресурсов предприятия.

Краткосрочное планирование охватывает периоды от полугода и вплоть до часов. За этот план также отвечают операционные менеджеры, как правило, уровня руководства цехов и участков, которые дезагрегируют среднесрочный план в оперативные планы-графики производства. Задачи оперативно-производственного планирования, решаемые в краткосрочном периоде, включают вопросы загрузки оборудования, последовательности запуска изделий в обработку, пропускной способности производственных подразделений и «расшивки узких мест», диспетчирования и др. Вопросы тактического и оперативного планирования будут обсуждаться в следующих разделах. Очевидно, что в зависимости от характера планируемых процессов и типа производимой продукции (услуг) границы интервалов планирования могут сдвигаться. Так, планы производства гидрогенераторов разрабатываются на сроки, отличные от сроков планирования производства электрокофемолок.

Участвуя в процессе планирования, менеджер должен придерживаться таких принципов, как:

- обоснованность;

- единство целей на всех уровнях управления;
- сочетание централизованного принятия части решений с самостоятельностью исполнителей нижних уровней (делегирование | части полномочий управления на нижние уровни);
- преемственность планов нижних и верхних уровней управления;
- обратная связь для контроля выполнения планов на верхних | уровнях и их корректировка в случае отрицательного результата.

Сущность и методы планирования определяются не только целями системы и принципиальными подходами к процессу, но и в значительной степени — структурой оперирующей системы.

16.2. ФУНКЦИИ ОПЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ И ИХ КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Функции оперирующей системы есть отражение ее цели, определяемой целями создания организации. Напомним, что в качестве таковых выступает удовлетворение потребительских запросов в условиях осуществления рентабельного, самокупаемого производства. Можно назвать четыре основные функции, выполняемые оперирующими системами:

а) *переработка* (преобразование) - физическое изменение ресурсов, поступающих на вход системы;

б) *транспортировка* (перемещение) — изменение местоположения ресурсов без изменения их физического состояния, изменение местоположения клиентов, подавших заявку в систему;

в) *хранение* (снабжение) — задержка ресурсов во времени протекания процесса без изменения их физического состояния и местоположения, изменение отношений собственности на ресурсы;

г) *сервис* (обслуживание) — воздействие на клиента или ресурсы, поступающие на вход системы; в отличие от переработки не сопряжен с появлением нового материального продукта, а в отличие от транспортировки и хранения связан с физическим изменением выхода по отношению к входу в систему.

Большинство организаций объединяют несколько оперирующих систем с различными функциями. Как правило, выделяется главная оперирующая система, связанная с миссией организации, и несколько вспомогательных. Так, для авиакомпании главной можно считать систему, обеспечивающую перевозку пассажиров, а вспомогательными — их питание, продажу билетов, обслуживание самолетов. В оперирующей системе «Питание» выполняются функции доставки продуктов, их хранения, переработки (приготовления блюд), хранения блюд на борту и т. д. Исходя из главной функции оперирующие системы условно разделяются на производственные и сервисные. Выделение функций оперирующих систем является их внешним представлением. Это дает возможность описать системы такими, какими их видит потребитель. С другой стороны, моделирование дает возможность определить сущность оперирующих систем с точки зрения внутреннего управленческого подхода. Используя термино-

логию моделирования, можно представить любую структурную единицу как совокупность входа, функции и выхода системы (рис. 16.2).



Рис. 16.2. Общее (концептуальное) представление функции

Так, можно представить любую самую сложную структуру оперирующей системы как на уровне организации в целом, так и на уровне ее части. Введем обозначения:

⊗ — функция переработки или сервиса;

∇ — функция хранения;

⇒ — функция транспортировки;

П — потребитель (внешний клиент или другое подразделение организации).

Теперь можно идентифицировать четыре элементарных структуры производственных оперирующих систем:

а) $\Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow \nabla \Rightarrow \text{П}$ - производство обеспечивается материалами со склада, а потребитель обслуживается со склада готовой продукции;

б) $\Rightarrow \otimes \Rightarrow \nabla \Rightarrow$ - ресурсы поступают в переработку непосредственно от поставщика, а потребитель обслуживается со склада готовой продукции;

в) $\Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow \text{П}$ - производство обеспечивается материалами со склада, а потребитель получает продукцию непосредственно из производственного процесса;

г) $\Rightarrow \otimes \Rightarrow \text{П}$ - ресурсы поступают в переработку непосредственно от поставщика, и потребитель получает продукцию непосредственно из производственного процесса.

Каждая элементарная структура показывает, как система обеспечивает свой будущий выход, т. е. работает на потребителя. Так, вариант (г) свидетельствует о том, что системе сначала надо позаботиться о поступлении ресурсов, зато после изготовления продукции последняя сразу попадает заказчику. В то время как вариант (в) свидетельствует, что очередной заказ потребителя будет удовлетворен с использованием запаса ресурсов на складе. По внешним признакам функции транспортировки и хранения ближе к сервису, чем к производству. Их сближает с сервисом то, что их результат нельзя хранить. Поэтому на исполнение этих функций должен быть сначала получен заказ потребителя, только после чего система может начать работу. К такого рода транспортным и сервисным системам относятся такси, рейсовые автобусы, служба скорой помощи, парикмахерские, больницы, рестораны, камеры хранения и др. Они

представляют собой структуры определенной мощности, располагающие потенциальными возможностями оказания специализированных услуг, ориентированных на возможный и ожидаемый спрос. Кроме того, поскольку эти службы призваны обслуживать потребителя, то этот потребитель выступает как ресурс на входе системы, однако ресурс, не контролируемый операционным менеджментом. Потребители сообщают некий «толчок» системе, чтобы она начала работать. (В переработке потребители, наоборот, «вытягивают» продукт из системы.) Таким образом, можно идентифицировать элементарные структуры сервисных и транспортных систем и систем снабжения:

$$а) \Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow$$

$\Pi \not\Rightarrow$ — к оказанию услуг система приступает сразу после поступления в нее заказа (прихода клиента), ресурсы для этого есть в наличии на складе;

$$б) \Rightarrow \otimes \Rightarrow$$

$\Pi \Rightarrow \nabla \not\Rightarrow$ — клиенты входят в систему по очереди, ресурсы поступают непосредственно от поставщика, система начинает работу в момент поступления ресурсов;

$$в) \Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow$$

$\Pi \Rightarrow \nabla$ — клиенты входят в систему по очереди, ресурсы поступают со склада, работа системы определяется пропускной способностью сервисной функции.

Здесь очередь потребителей является аналогом склада во входном канале. Но в отличие от склада ресурсов, очередь клиентов не подлежит прямому управлению со стороны менеджеров организации. В то же время она представляет для организации известный и относительно фиксированный будущий спрос. Перечисленные семь элементарных структур являются достаточно простыми, однако с их помощью можно создавать *концептуальные модели оперирующих систем* любой степени сложности, используя свойство иерархии. Это может быть модель рабочего центра, участка, цеха, отдела, лаборатории, завода в зависимости от конкретной потребности. Уровень детализации будет зависеть от цели, которую преследует моделирование. Если цель — описать отдельную операцию, управляемую отдельным менеджером, тогда будет достаточно построить одну элементарную модель довольно низкого уровня. Например:

$$1) \Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow \nabla \Rightarrow \Pi - \text{изготовление деталей в рабочем центре};$$

$$2) \Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow \text{— обслуживание покупателя в магазине};$$

$$\Pi \not\Rightarrow$$

$$3) \Rightarrow \otimes \Rightarrow \Pi \text{— строительство коттеджа};$$

$$4) \Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow \text{— лечение зубов.}$$

$$\Pi \Rightarrow \nabla \not\Rightarrow$$

Если речь идет о нескольких подсистемах, то модель будет сложнее. Пример — обслуживание посетителя в ресторане (рис. 16.3).

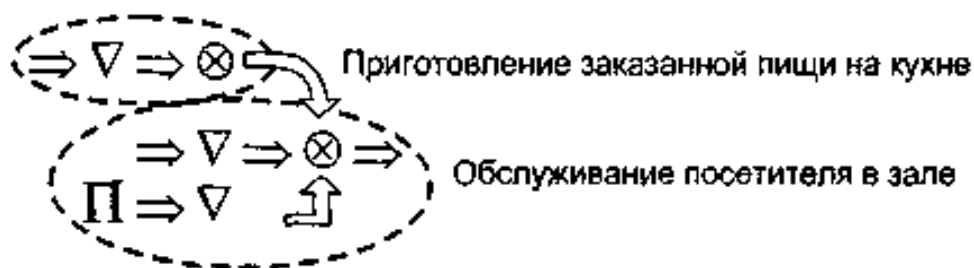


Рис. 16.3 Концептуальная модель оперирующей системы
(обслуживание посетителя в ресторане):

кухня - производственная система, перерабатывающая запас продуктов; обеденный зал - обслуживающая система, использующая собственный запас напитков и столовых приборов; посетители ждут своей очереди на обслуживание, а затем выполнения своих заказов

Принципиальные различия представленных элементарных структур состоят в различиях местоположения в них функции складирования либо отсутствию таковой. Это, в свою очередь, меняет подход к процессу планирования работы оперирующей системы или, как минимум, требует параллельного решения задач управления запасами (см. главы 17-18). Выбор той или иной структуры оперирующей системы — одна из кардинальных задач производственного (операционного) менеджмента. Такой выбор в значительной степени определяет стратегии планирования работы организации.

16.3. СТРАТЕГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И СТРУКТУРЫ ОПЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Планирование имеет дело с действиями, выполняемыми внутри оперирующей системы. Оно, по сути, представляет развертку выполняемых действий во времени, фиксируя моменты их начала и завершения и определяя порядок их выполнения. Очевидно, что на процедуру составления планов оказывают влияние многие факторы. В числе стратегически важных можно указать три фактора:

- а) является ли планирование внутреннеориентированным или внешнеориентированным;
- б) является ли спрос определяемым и устойчивым либо нет;
- в) является ли спрос зависимым или независимым.

Внешне- и внутреннеориентированное планирование. Примером ситуации, приводящей к составлению внешнеориентированного расписания, является выполнение разового заказа потребителя. В этом случае точно известно, что должно быть сделано и когда это требуется. Далее все действия внутри оперирующей системы, включая изготовление конечного продукта и его компонентов, должны быть расписаны во времени так, чтобы потребитель получил свой заказ точно в указанный им срок. Подобная ситуация может возникнуть и в сфере оказания услуг. В таких случаях потребитель имеет прямое воздействие

на установление момента начала и завершения выполнения действий внутри оперирующей системы, что характерно для внешнеориентированных расписаний. Очевидно, что здесь на первый план выходит поддержание конкурентного статуса предприятия путем максимально точного удовлетворения запросов потребителя, возможно, в ущерб эффективности использования внутренних ресурсов оперирующей системы. Стратегии разработки внешнеориентированных расписаний рассмотрим на примере трех специфических ситуаций (рис. 16.4).

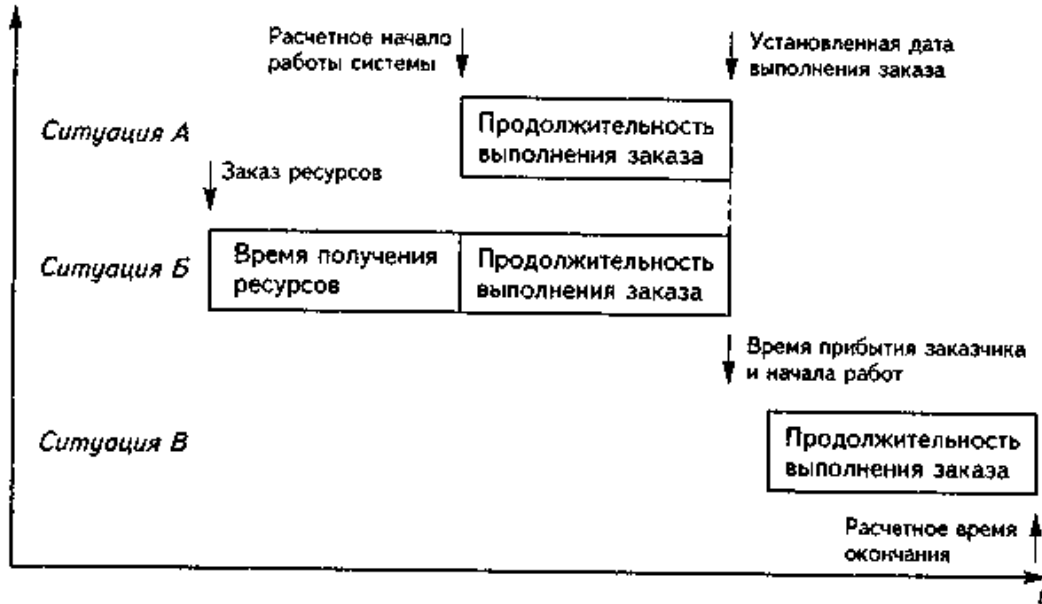


Рис. 16.4. Стратегии разработки внешнеориентированных расписаний

Ситуация А. Оперирующая система удовлетворяет заказчика, получая ресурсы с собственного склада, или в графическом представлении $\Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow \Pi$. Здесь дата исполнения заказа фиксирована, и разработка расписания сводится к вычитанию из этой даты времени выполнения заказа, включая его составные части. Так определяется срок начала работ.

Ситуация Б. Оперирующая система удовлетворяет заказчика, получая ресурсы непосредственно от источника снабжения, или в графическом представлении $\Rightarrow \otimes \Rightarrow \Pi$. Здесь аналогичная картина, только требуется дополнительно установить дату заказа ресурса, необходимого для обслуживания заказчика.

Ситуация В. Оперирующая система начинает работу с приходом заказчика, получая ресурсы с собственного склада, или в графическом представлении

$$\left. \begin{array}{l} \Rightarrow \nabla \Rightarrow \\ \Pi \Rightarrow \nabla \Rightarrow \end{array} \right\} \otimes \Rightarrow.$$

В этой ситуации отправная точка для составления расписания — дата прибытия заказчика в систему. Дата окончания работы определяется временем функционирования оперирующей системы, необходимым для выполнения заказа.

К противоположным выводам приводит анализ ситуации, при которой изделия производятся «на склад» в ожидании будущих заказов покупателей. В

этом случае расписание действий, совершаемых внутри оперирующей системы, составляется без непосредственной ориентации на дату исполнения заказа индивидуального потребителя. Потребности покупателей удовлетворяются со склада, а параметры составляемого расписания определяются необходимостью пополнения запаса на складе. Склад в этом случае играет роль буфера, или амортизатора, между оперирующей системой и потребителями. Подобная ситуация может встретиться и в сервисе, в том числе в транспортных системах. Поскольку услуги нельзя складировать, роль буфера здесь играет очередь заказчиков на входе системы. Как и в производственной системе, действия по разработке расписаний здесь имеют внутреннюю ориентацию, следовательно, в этих условиях имеется больше возможностей составлять расписание так, чтобы обеспечить наиболее эффективное движение материального потока, лучше использовать ресурсы и т. п. в рамках оперирующей системы. Именно этому операционный менеджер может уделять основное внимание без особого риска невыполнения требований заказчика.

К таким оперирующим системам можно отнести *производственные системы* следующих структур: $\Rightarrow \nabla \Rightarrow \otimes \Rightarrow \nabla \Rightarrow \Pi$; $\Rightarrow \otimes \Rightarrow \nabla \Rightarrow \Pi$ и *сервисные системы*:

$$\Pi \Rightarrow \nabla \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \Rightarrow \\ \Rightarrow \end{array} \right\} \otimes \Rightarrow; \quad \Pi \Rightarrow \nabla \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \Rightarrow \nabla \Rightarrow \\ \Rightarrow \end{array} \right\} \otimes \Rightarrow.$$

На основе анализа оперирующих систем можно сделать следующие выводы.

1. Для производственных систем, которые имеют склад готовой продукции, играющий роль буфера, целесообразно использовать стратегии внутреннеориентированных расписаний без риска нарушения сроков обслуживания покупателя.

2. Для сервисных систем, в которых роль буфера играет очередь, также допускается выбор внутреннеориентированных расписаний, однако с риском потери покупателей, не желающих стоять в очереди. Здесь противоречие между оптимизацией использования ресурсов организации и выполнением ее рыночных целей разрешается несколько сложнее, чем в предыдущем случае.

3. Для оперирующих систем, которые лишены буфера между функционирующими звеньями и покупателем, обслуживание покупателя в заданные им сроки является более важным, чем экономичное использование ресурсов. Наиболее предпочтительным здесь является обращение к стратегии внешнеориентированного расписания. При этом указанное выше противоречие предельно обостряется.

Отметим, что наблюдается и обратное влияние: выбор структуры оперирующей системы зависит от целей, которые перед ней ставятся, а следовательно, зависит и от ориентации будущего расписания ее работы. Другими словами, можно утверждать, что формирование целей, структуры организации и выбор стратегии планирования — это триединая задача.

Операционные менеджеры могут выбрать структуру оперирующей системы в процессе ее проектирования либо изменить уже имеющуюся структуру в процессе ее функционирования. Выбор структуры при ее проектировании определяется двумя группами факторов — внутренними и внешними. Внешние факторы преимущественно находятся за чертой прямого воздействия менеджера, внутренние — управляются им. На рис. 16.5 показана процедура выбора структуры и факторы, учитываемые при этом. В первую очередь на каждом уровне иерархии выбирается тип структуры (производство или сервис) и число оперирующих систем. Здесь же устанавливается число рассматриваемых уровней иерархии. Затем в зависимости от характера и степени предсказуемости спроса и выбора типа оперирующей системы (производство или сервис) определяется необходимость и возможность введения в создаваемые структуры функции хранения.

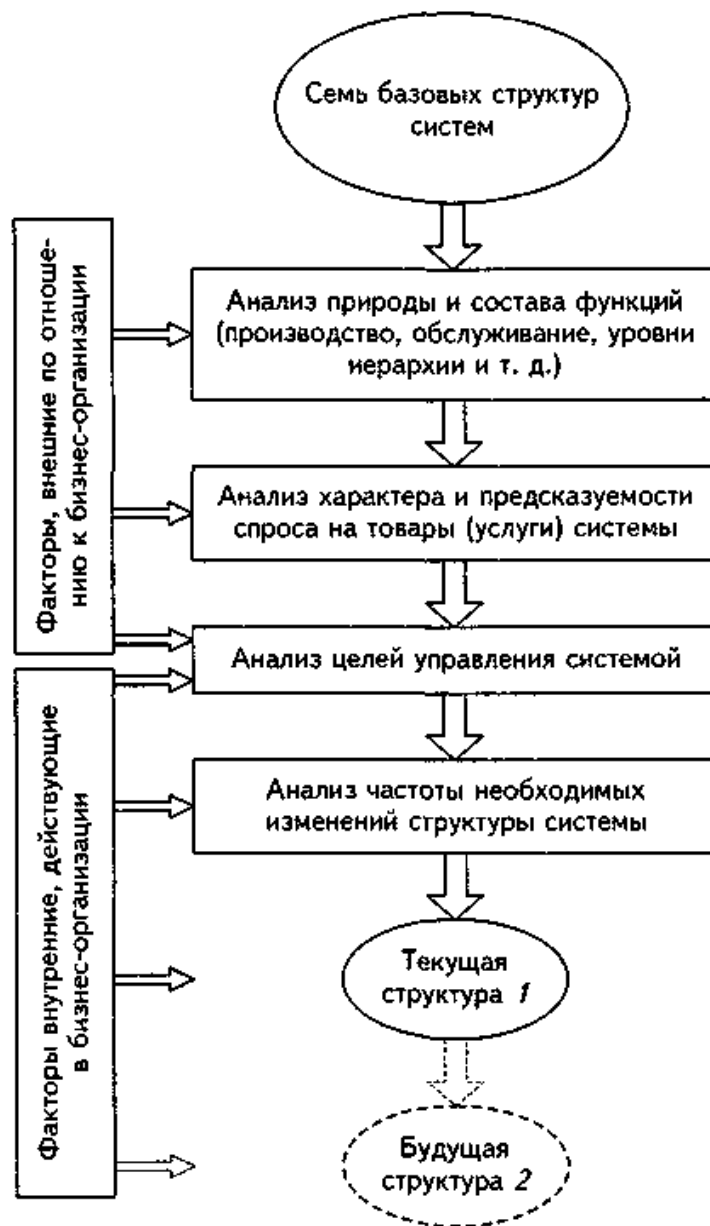


Рис. 16.5. Этапы и факторы выбора структуры оперирующей системы организации

Фактор спроса. Характер спроса на продукцию (услуги) организации, на ресурсы или компоненты выпускаемых ею изделий играет решающую роль в формировании ее структуры и планировании работы. Спрос можно характеризовать с разных сторон (рис. 16.6). Если спрос относительно постоянен, а его величина достаточно хорошо прогнозируема, то нет смысла производить готовый продукт «на склад». Резервный запас должен быть минимален. Чем сложнее прогнозировать случайные колебания спроса, тем больше должен быть резервный запас готового продукта на складе. При циклическом спросе одним из способов избежать отрицательного влияния его изменений на производство также является создание значительного резерва в периоды, когда спрос невелик. Напротив, чем дороже обходится и чем технически сложнее хранение складского запаса товаров, тем меньше этот запас должен быть. Некоторые продукты вообще не подлежат хранению, как, например, услуги.

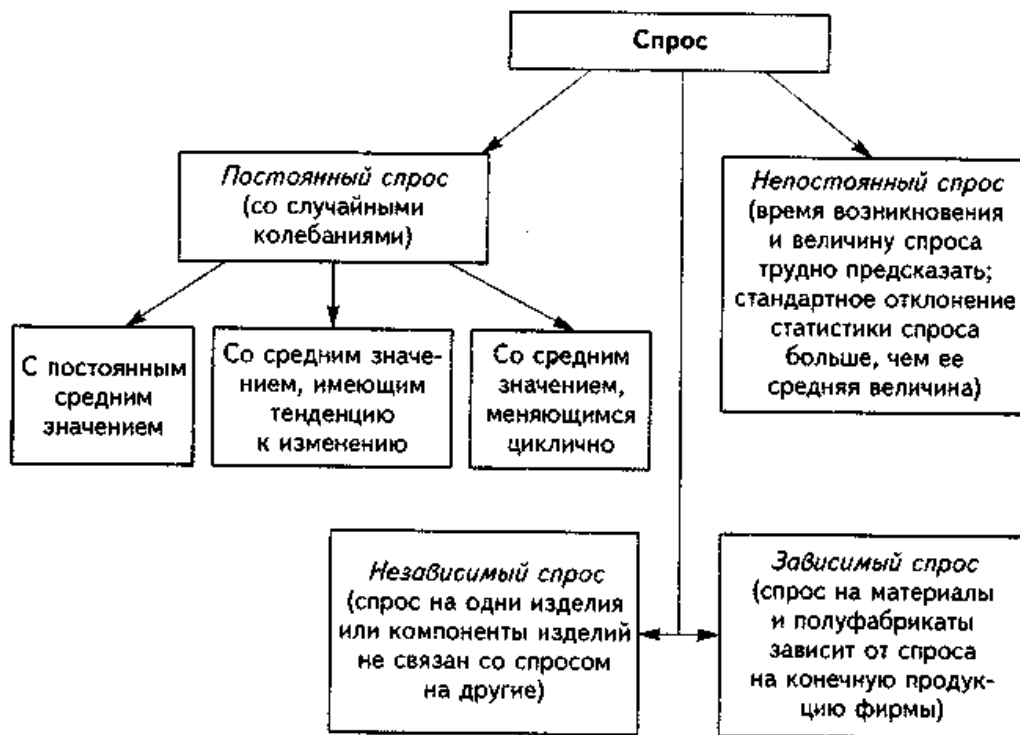


Рис. 16.6. Классификация характеристик спроса

Часть клиентов готова ждать изготовления специально для них предназначенного специфичного продукта (порционное блюдо в ресторане, гидротурбина для строящейся ГЭС), часть готова взять то, что имеется на складе (комплексный обед, серийный электродвигатель). Если цель — удовлетворение запросов потребителя за счет предоставления ему специфичного товара, то запас готовой продукции создавать на складе нерационально. Если потребитель требует такой товар в кратчайшие сроки, то запас неизбежен, а все связанные с ним расходы должны включаться в цену, которая при этом существенно возрастает. Если цель — удовлетворение потребителя в кратчайшие сроки, то создание запаса на складе целесообразно, но при этом запас должна составлять ти-

новая готовая продукция. Если потребитель требует специфичную продукцию, то создание ее запаса неизбежно, а все связанные с этим расходы должны включаться в цену, которая при этом существенно возрастает. (Частично выходом из этой противоречивой ситуации является создание запаса типовых компонентов (модулей) высокой степени готовности, из которых можно быстро собрать нужную потребителю модификацию продукции.)

Таким образом, структура системы действительно тесно связана с ее целями. Аналогичные рассуждения можно привести и относительно создания запаса на входе системы. Другой подход к анализу действий и ситуаций, связанных с производственным планированием, приводит к рассмотрению отношений между спросом на выходе оперирующей системы и необходимостью выполнения различных действий в рамках оперирующей системы. Если, например, при производстве сложного изделия, состоящего из нескольких компонентов (деталей, сборочных единиц и др.), точно установлены процедура и количественные пропорции «входимости» компонентов нижнего уровня в изделия более высокого уровня и при этом известен спрос на готовую продукцию, тогда можно точно подсчитать, какие работы должны быть выполнены в системе для удовлетворения заданного спроса. Подобная ситуация может возникнуть и в сервисной системе. Итак, исходя из прогнозируемого (независимого) рыночного спроса на продукцию можно определить зависимый спрос на компоненты этой продукции, которые должны быть запланированы к изготовлению в рамках оперирующей системы или для закупки на стороне в некоторый период времени.

Время как фактор формирования структур. Структура оперирующей системы может измениться через определенный временной интервал, поэтому, проектируя структуру, следует ориентироваться на конкретное время ее существования и вообще рассматривать время как один из определяющих ее факторов. Если с течением времени структура системы претерпевает случайные изменения, то подход к управлению этой системой со стороны менеджера может не меняться. Если изменения накапливаются, приобретая характер тенденции, то это должно повлиять на операционный менеджмент.

Например, сегодня не клиенты ждут в очереди машины такси, а наоборот — свободные машины ожидают клиентов. Но это не значит, что завтра такая ситуация сохранится, и это не приводит к изменению политики отправки в рейсы машин такси. Если же многие бывшие клиенты такси сами приобретают машины, то политика руководства транспортной организацией должна измениться, например, в части ценообразования на услуги такси или расширения списка специальных услуг (очевидно, что первыми меняются цели организации). Таким образом, краткосрочные структурные изменения могут временно изменить обслуживание потребителя или использование ресурсов системы, т. е. степень достижения ее целей, но такие изменения количественно будут очень незначительны. Потребители даже могут не обратить на них внимания, считая, что, например, очередь к врачу вполне допустима. В то время как операционные менеджеры могут осознать, что пришло время принимать решения об изменении структуры системы или ее пропускной способности и пр. Важно вос-

приятие системы операционным менеджером и выработка им необходимой стратегии. В этом состоит искусство управления.

Для понимания сути производственного (операционного) менеджмента и места функции планирования в нем необходимо произвести идентификацию решений в соответствии с проблемным пространством, в котором работают операционные менеджеры. Здесь можно выделить три важнейшие принципиальные проблемы менеджмента (рис. 16.7).

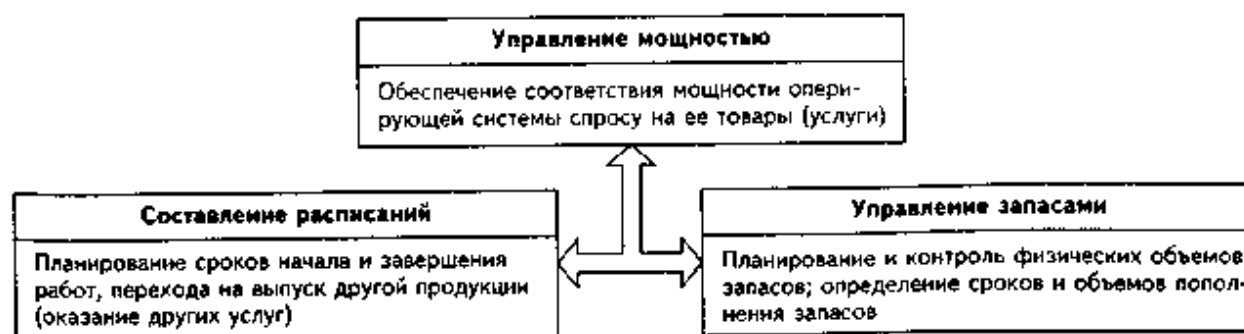


Рис. 16.7. Триада ведущих проблемных пространств менеджмента

Эти три области принципиальных проблем тесно взаимосвязаны. Нельзя выделить какую-либо одну из них, которая была бы более важна, чем две другие. Способы решения проблем, встающих перед менеджментом в каждой из трех областей, будут влиять на оперирующую систему. В одних случаях — это особенности проблемных областей в целом, в других — особенности самих проблем внутри каждой из областей, не влияющие на структуру оперирующей системы. Каждая базовая структура системы будет иметь свои отличительные характеристики, определяемые природой проблем этих трех принципиальных областей. Более того, решения, принимаемые в этих областях, могут влиять на структуру оперирующей системы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как вы понимаете категорию «цель»? Что означают аллегории «журавль в небе» и «синица в руках»?
2. Какие цели ставятся перед организацией, перед оперирующей системой? Эти цели одинаковы, различны или взаимосвязаны?
3. Какие цели стоят перед производственным (операционным) менеджментом? Эти цели противоречивы или нет?
4. Какие главные и вспомогательные оперирующие системы можно выделить в таких организациях, как банк, автобусный парк, больница? Представьте графически их структуры.
5. Какое планирование (внутренне- или внешнеориентированное) используют в своей работе городские службы энергосбыта, магазины «24 часа»?
6. Умение прогнозировать рыночный спрос - необходимое качество менеджера. Знаете ли вы, какие методы применяются для прогнозирования спроса? Владете ли вы ими? Если нет, обязательно познакомьтесь с этими методами.

ГЛАВА 17. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ

17.1. ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ

Запасы ресурсов и заделы незавершенного производства являются существенным и необходимым элементом работы практически всех организаций (предприятий). *Запасы* сырья, материалов, комплектующих изделий, топлива, инструмента, канцелярских товаров и т. п. создаются на входе оперирующих систем, запасы готовых изделий - на выходе. *Заделы* формируются из предметов незавершенного производства, находящихся на различных стадиях производственного процесса. Запасы — одни из наиболее дорогостоящих активов большинства компаний и составляют до 40% от общего инвестируемого капитала. Рациональное управление запасами является необходимым условием эффективной работы организаций.

Наличие и объем запасов (заделов незавершенного производства) оказывают существенное влияние на экономические показатели работы организаций. Очевидна их связь с размерами необходимых производственных и складских помещений, с текущими затратами на хранение, учет и пополнение ресурсов, с потерями от хищений. Качество некоторых запасов с течением времени может снижаться, и запасы могут потерять свою потребительную стоимость. Но наиболее существенное влияние на экономику предприятия оказывает связывание в запасах (заделах) его оборотных средств. Кроме влияния на экономику предприятия запасы оказывают отрицательное психологическое воздействие на менеджеров. Наличие запасов на различных стадиях движения материальных потоков сглаживает остроту проблем рациональной организации процессов их преобразования и подталкивает менеджеров уклоняться от их разрешения. В лучшем случае менеджеры решают задачи оптимизации преобразования каждой отдельной — «своей» части потока, что проще, тогда как для организации более выгодна оптимизация управления процессом движения потоков как единым целым.

Управление запасами, как было показано в главе 16, — одна из ведущих проблем производственного (операционного) менеджмента, а задачи, решаемые менеджерами в этой области, непосредственным образом связаны как с задачами управления производственными мощностями, так и с задачами производственного планирования. Управление запасами направлено на разрешение двух ключевых проблем производственного менеджмента:

- *удовлетворение запросов покупателей с помощью запасов* — чем больше запасы готовой продукции на складах, тем меньше вероятность ее отсутствия (возникновения дефицита), в тот момент, когда она потребуется заказчику;
- *рациональное использование ресурсов организации* — запасы играют роль буфера между смежными производственными подразделениями, между

предприятием и его поставщиками, согласовывая и координируя их работу в едином потоке и не допуская или, как минимум, смягчая отрицательные последствия возмущений этого потока.

Однако существует определенный фактор, ограничивающий рост запасов, — затраты, обусловленные их наличием. Таким образом, предприятия должны найти баланс между вложениями в запасы и требуемым уровнем покупательского сервиса. Очевидно, что минимизация общих затрат является важнейшим критерием достижения такого баланса. У организации возникают четыре типа затрат, связанных с запасами: 1) затраты на приобретение ресурса; 2) затраты на заказ; 3) производственные затраты; 4) затраты на хранение запасов.

Затраты на приобретение ресурса определяются его ценой и объемом закупки. В ряде случаев здесь учитываются скидки (дисконт). *Затраты на заказ* так же, как и стоимость покупки, являются разовыми затратами, которые включают затраты на ведение переговоров с поставщиком, на подготовку и заключение договора поставки, транспортные расходы и др. В отличие от затрат на приобретение они не зависят или слабо зависят от объема заказа. *Производственные затраты* являются альтернативными по отношению к затратам на приобретение ресурса и затратам на заказ и возникают, когда заказ на пополнение запаса размещается внутри предприятия. Эти затраты включают себестоимость изготовления заказанного количества, а также затраты на подготовку производства к выполнению заказа — обычно на переналадку оборудования (составляющая, не зависящая от объема заказа). *Затраты на хранение запасов* трудно определяемы для предприятия, поэтому их величина обычно сильно занижается. Так как правильное определение этих затрат играет важную роль в управлении запасами, приведем их ориентировочную структуру (табл. 17.1).

Потери, обусловленные дефицитом ресурса на складе, включают затраты на срочное приобретение этого ресурса на худших коммерческих условиях и/или потери от простоя, т. е. нерационального использования ресурсов организации.

Таблица 17.1

Структура затрат, связанных с запасами

<i>Виды затрат</i>	<i>Величина затрат, в % от стоимости запаса</i>
Затраты на содержание помещений складов: арендная плата или амортизационные отчисления; содержание помещений; налог на сооружения; страховка сооружений	3-10
Затраты на содержание складского оборудования: арендная плата или амортизационные отчисления; энергия; техническое обслуживание; налог на имущество; страховка оборудования	3-4
Оплата рабочей силы, занятой перемещением и наблюдением за запасами, их учетом и контролем	3-5
Затраты, обусловленные инвестированием: потери ввиду связывания в запасах оборотных средств; налог на имущество, находящееся в запасах, страховые выплаты	6-24
Потери вследствие хищений и порчи запасов	2-5
Итого	= 26

Если речь идет об отсутствии на складе требуемой заказчиком продукции, то, во-первых, это упущенная выгода и материальные потери (если клиент предпочитает отозвать заказ); во-вторых, дополнительные затраты при авральном выполнении заказа (если клиент согласился ждать); в-третьих, потери, связанные с негативной реакцией рынка на частые задержки в выполнении заказов, что влечет за собой снижение конкурентного Статуса организации (предприятия).

17.2. ФУНКЦИИ ЗАПАСОВ

Запасы выполняют три важнейших функции, повышая гибкость и надежность управления организацией: 1) функцию накопления; 2) функцию защиты от изменения цен и инфляции; 3) функцию управления затратами. Первая функция запасов и их главная функция) - это *накопление ресурсов и их распределение* в целях повышения надежности и синхронизации движения и преобразования материальных потоков в организации (на предприятии). Производственный процесс на предприятии можно рассматривать как целенаправленное движение и преобразование материальных потоков, начиная с получения предприятием исходных материалов и компонентов продукции и кончая выпуском готовых изделий. Важнейший принцип и цель производственного (операционного) менеджмента при организации движения потоков — обеспечение их непрерывности. Однако бывает практически невозможно организовать полностью непрерывный производственный цикл на предприятии, на 100% согласовать между собой производственные звенья, внешние поставки синхронизировать с ходом производства.

Таким образом, запасы и заделы незавершенного производства возникают на разных участках движения как следствие нарушения непрерывности материальных потоков. В конечном счете степень непрерывности потоков определяется качеством организации и планирования процессов в оперирующих системах, другими словами, уровнем производственного менеджмента. Накопление запасов позволяет также повысить *устойчивость* работы предприятия за счет полной или частичной ликвидации отрицательных последствий действия неблагоприятных внешних и внутренних факторов: колебаний спроса, недобросовестности поставщиков, внутренних сбоев системы по организационно-техническим причинам, задержек в пути транспорта, забастовок и др.

Во-первых, наличие запасов готовой продукции повышает уровень потребительского сервиса. Требования клиентов предприятия в реальных условиях редко могут быть удовлетворены, если в наличии нет необходимого запаса продукции. Например, если спрос на продукты производства высок только летом, фирма может в зимний период пониженного спроса создать запас, достаточный для того, чтобы удовлетворить высокий летний спрос. Или если спрос претерпевает существенные колебания, то сгладить их негативное влияние на организацию поставок продукции клиентам проще всего путем создания соответствующего запаса. Во-вторых, накопление ресурсов на входе оперирующей

системы позволяет избежать простоев, т. е. неэффективного использования оборудования и живого труда, а также потерь, вызванных последующим недопроизводством товаров. Обычно если поставщики фирмы организуют поставки нерегулярно, то разумно, пока отношения с ними не урегулированы, накапливать запасы входных материалов, чтобы оградить себя от неритмичной работы поставщиков, транспорта и т. п. В-третьих, процессы, протекающие внутри предприятия, также могут иметь отклонения, быть несинхронными, различаться характером производства и потребления ресурсов и т. д. В таких случаях между взаимосвязанными процессами (подразделениями) возникают заделы незавершенного производства, играющие роль буфера, который обеспечивает их нормальную совместную работу.

Вторая функция запасов — *защита от инфляции и колебаний цен*, т. е. сохранение денежных ресурсов организации (предприятия). Размещая свободные наличные средства в банке, предприятие может сохранить их и получить крупный доход. С другой стороны, ценность запаса может расти быстрее, чем деньги, помещенные в банк. Таким образом, запасы могут рассматриваться в качестве инвестиций для использования в будущем или перепродажи (спекулятивные запасы). Принимая решение о создании подобных запасов, необходимо тщательно оценивать затраты и риски хранения.

Третья функция запасов — *управление затратами*, которые тесно связаны с размером партий, заказываемых для пополнения запасов. С запасами связана возможность прямого влияния на уровень затрат организации (предприятия). Суть в том, что в процессе управления запасами решаются два основных вопроса: какой должна быть величина заказываемой для пополнения запаса партии ресурса и когда необходимо делать такой заказ. А большинство поставщиков предлагают скидки при крупных заказываемых партиях, в определенные периоды устраивают распродажи. Транспортные компании также предоставляют скидку при перевозках больших объемов грузов. Таким образом, разовая закупка больших количеств ресурсов в определенное время может, по существу, снизить издержки производства.

Возможность пополнять запас партиями оптимального размера — это фактор экономии средств, который действует как вне, так и внутри предприятия. Действительно, предприятие или любое его подразделение может работать без переналадки «на склад» гораздо дольше, чем если бы оно постоянно реагировало на изменения внешнего или внутреннего спроса. Таким образом, запасы и заделы незавершенного производства позволяют получить экономию на масштабе производства.

17.3. ТИПЫ ЗАПАСОВ

В соответствии с выполняемыми функциями находящиеся на хранении запасы и заделы незавершенного производства могут быть разделены на три группы — страховые, оборотные и спекулятивные. *Страховые запасы* призваны обезопасить предприятие от влияния различных неблагоприятных факторов,

таких, как повышение цен на ресурсы, срывы поставок и т. д. Обычно они создаются на входе в систему. *Резервные запасы* как разновидность страховых создаются на случай резких отклонений интенсивности поступления или потребления ресурса обычно по ходу производственного процесса или на выходе из системы. *Сезонные запасы* как разновидность резервных создаются в случаях наличия сезонных колебаний поступления ресурсов или спроса на готовую продукцию. *Оборотные заделы* возникают вследствие несинхронности работы смежных звеньев логистической цепи, разного характера поступления и потребления ресурсов (например, приход партией, а расход поштучный) и т. д. Эти заделы еще можно назвать текущими. *Спекулятивные запасы* приобретаются с целью дальнейшей перепродажи при повышении цен на ресурс и служат для сохранения и преумножения денежных средств организации. Кроме перечисленных выше запасов (заделов), находящихся на хранении, можно назвать еще два вида заделов: *транспортный* — это предметы, которые находятся в процессе транспортировки и поэтому практически недоступны для работы с ними; *технологический (цикловой)* состоящий из предметов, находящихся в процессе преобразования (обработки), и, по сути, не являющийся запасом.

17.4. ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ НАЛИЧНЫМИ ЗАПАСАМИ

Подход к управлению запасами предполагает необходимость предварительного решения ряда имеющих большую практическую важность проблем. К ним относятся: 1) установление необходимой степени детализации контроля запасов; 2) классификация запасов;

3) решения по поддержанию необходимой точности учета запасов;

4) определение периодичности инвентаризации запасов.

Часто число наименований ресурсов, проходящих через склад, настолько велико, что осуществлять контроль запасов каждого наименования в отдельности не имеет смысла: это слишком трудоемкая и дорогостоящая задача. Поэтому запасы разных ресурсов объединяются в группы по тому или иному признаку. Однако чем выше степень агрегирования учета запасов, тем меньше точность контроля. Необходимо выбрать оптимальный уровень агрегирования, минимизирующий затраты и потери от хранения. Если выполнить удовлетворительное агрегирование невозможно, количество наименований запасов все же остается слишком большим и не обеспечивает удобного и экономичного контроля, то менеджеры прибегают к другому способу упрощения своей работы. Это классификация запасов с целью выделения наиболее и наименее важных для контроля наименований. Для такой классификации обычно используется метод, называемый АВС-анализ.

АВС-анализ. Это приложение к области управления запасами подхода, известного как *принцип Парето*. Подход Парето указывает на то, что в некотором множестве реальных объектов обычно имеется критическое меньшинство и тривиальное большинство.

Идея состоит в том, чтобы сконцентрировать ресурсы управления на критическом меньшинстве объектов, оставляя минимум внимания тривиальному большинству. ABC-анализ позволяет разделить запасы на три классификационные группы на основе какой-либо их характеристики. Это может быть:

- количество ресурса данного наименования, прошедшее через склад за период (год, квартал и т. д.) в натуральных измерителях (штуки, тонны, м³ и т. п.);
- то же, но в стоимостном измерении.

Класс А наименований запасов — это тот, на который приходится высокое годовое количество складированных ресурсов. Эти наименования запасов могут составить только 5—10% от общего числа наименований, но они дают 70—80% общего количества запасов в натуральных или стоимостных измерителях. Класс В — это тот запас, на который приходится средняя величина годового объема складирования. Эти наименования могут составить около 20% от их общего числа и 15—20% общего объема складирования. Остальные запасы с низким объемом хранения образуют класс С. Они составляют примерно 5% годового объема складирования, но 70—80% наименований от их общего числа. Вариант ABC-анализа проиллюстрируем на примере.

Пример 17.1

Предприятие производит быстродействующие одномогабайтные электронные блоки (чипы). Оно имеет запасы 10 наименований комплектующих изделий, используемых при изготовлении чипов. Требуется разбить номенклатуру запасов на три группы по параметру годового рублевого оборота. В табл. 17.2 приводятся данные по движению запасов на складе за отчетный год, или ABC-калькуляция.

Таблица 17.2

<i>Изделие</i>	<i>Годовой оборот, ед.</i>	<i>Удельный вес, %</i>		<i>Цена единицы, руб.</i>	<i>Годовой оборот, руб</i>	<i>Удельный вес, %</i>		<i>Класс</i>
		<i>3</i>	<i>4</i>			<i>7</i>	<i>8</i>	
МТ 10286	1000	11,7		90,00	90000	38,8		<i>А</i>
М 11526.01	500	5,8	17,5	154,00	77000	33,2	72,0	<i>А</i>
МТ 12760	1550	18,1		17,00	26350	11,4		<i>В</i>
У 10867.21	350	4,1		42,86	15001	6,5		<i>В</i>
МТ 10500	1000	11,7	33,9	12,50	12500	5,2	23,1	<i>В</i>
У 12572.13	600	7,0		14,17	8502	3,7		<i>С</i>
У 1407504	2000	23,4		0,60	1200	0,5		<i>С</i>
С 010306	100	1,2		8,50	850	0,4		<i>С</i>
С 01307	1200	14,1		0,42	504	0,2		<i>С</i>
МТ 10572	250	2,9	48,6	0,60	150	0,1	4,9	<i>С</i>
	8550	100,0	100,0		232 075	100,0	100,0	

Для решения задачи выполняются следующие действия:

- исходные данные заносятся в графы 1, 2 и 5;
- производится расчет значений в графах 3, 6 и 7;
- строки таблицы ранжируются в порядке убывания значений в графе 7;
- накопленные итоги значений из графы 7 анализируются на удовлетворение условиям ЛВС-подхода; если удовлетворяют, то формируются графы 4, 8 и 9.

Для решения задачи может быть использован другой критерий: вместо годового объема в рублях — оборот в штуках. Тогда ранжируются значения графы 3, а анализируются на удовлетворение условиям ЛВС-подхода накопленные итоги значений из графы 4. Такой критерий может быть полезен, если складываются громоздкие грузы, требующие применения специальной транспортно-погрузочной техники, размещение которой на территории склада вызывает затруднения.

Политика, базирующаяся на итогах АВС-анализа, состоит в следующем:

- 1) прогнозирование потребности в ресурсах группы *A* должно выполняться более тщательно, чем остальных групп;
- 2) закупки ресурсов группы *A* у более надежных поставщиков, чем группы *C*;
- 3) ресурсы группы *A* в противоположность группам *B* и *C* должны подвергаться более тщательному контролю при складировании и по возможности размещаться в наиболее надежных местах;
- 4) точность учета изделий группы *A* должна быть выше и должна подвергаться более частым проверкам.

Подход к управлению запасами, известный как *АВС-аналит*, обеспечивает более тщательное прогнозирование, физический контроль, надежность поставок и максимальную надежность учета и сохранность наиболее значимых (критических для организации) ресурсов.

Учет. Точность ведения учета является действенной составляющей производственного (операционного) менеджмента и системы контроля движения запасов. Политика управления запасами мало чего стоит, если менеджмент не знает, какими запасами располагает. Точный учет позволяет организациям выйти из состояния «частичного знания» того, что происходит в оперирующих системах, в том числе при управлении запасами, позволяет принимать обоснованные решения относительно планирования заказов и перевозок, фокусировать внимание только на тех наименованиях ресурсов, которые действительно наиболее необходимы.

Даже если организация прилагает существенные усилия к созданию системы точного учета движения запасов, правильность учетных записей должна периодически подтверждаться аудиторскими проверками или *инвентаризациями*. Исторически сложилось так, что многие организации проводят инвентаризации своих физических запасов один раз в год. В ходе процедуры инвентаризации подсчитывается количество единиц ресурса каждого наименования, результаты сравниваются с данными текущего учета, которые подтверждаются или нет, а установленные неточности документируются. Причины выявленных отклонений затем анализируются, а соответствующая корректировка вводится в учетные данные. Для проведения таких работ привлекается много высококвалифицированного персонала и необходимого оборудования, которые в этот период не могут быть использованы по своему прямому назначению. Более целесообразна другая организация проведения инвентаризаций, опирающаяся на классификацию запасов, полученную в результате АВС-анализа. В соответствии с этим подходом:

- ресурсы, отнесенные к группе *A*, подвергаются проверке чаще всего, на-

пример, один раз в месяц;

- ресурсы группы *B* подлежат инвентаризации реже, например, один раз в квартал;
- ресурсы группы *C* могут проверяться каждые 6—12 месяцев. Приведем пример организации такой перманентной инвентаризации.

Пример 17.2

Компания имеет в запасах около 5000 наименований ресурсов. После выполнения ЛВС-анализа оказалось, что 500 наименований составляют группу *A*; 1750 - *B*; 2750 - *C*. Предложенная организация проведения перманентной инвентаризации состоит в том, чтобы наименования *A* просчитывать каждый месяц (с интервалом 20 рабочих дней), наименования *B*— каждый квартал (интервал 60 рабочих дней) и наименования *C* — каждые шесть месяцев (120 рабочих дней). Рассчитаем, сколько наименований должны подлежать инвентаризации каждый день, и результаты расчета отразим в табл. 17.3.

Таблица 17.3

<i>Группа наименований</i>	<i>Количество</i>	<i>Политика проведения расчетов</i>	<i>Число наименований для просчета каждый день</i>
<i>A</i>	500	Каждый месяц (20 рабочих дней)	$500/20 = 25$
<i>B</i>	1750	Каждый квартал (60 рабочих дней)	$1750/60 = 29$
<i>C</i>	2750	Каждые 6 месяцев (120 рабочих дней)	$2750/120 = 23$
Итого	5000		77

Перманентная инвентаризация дает следующие преимущества:

- 1) предохраняет от перебоев в удовлетворении производственной потребности в ресурсах;
- 2) снимает необходимость единовременной ежегодной корректировки запасов;
- 3) обеспечивает возможность персоналу точно оценивать запасы;
- 4) выявляет причины ошибок и определяет меры по их устранению;
- 5) делает равномерной и постоянной работу специального персонала, занятого в инвентаризации.

17.5. ИДЕАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ

Управление запасами должно давать ответ на два основных вопроса: когда размещать заказ на пополнение запаса и как много ресурса заказывать? - Существует несколько моделей управления, различающихся исходными условиями и способами пополнения запаса. Отметим, что все эти модели *однопродуктовые*, т. е. предполагают управление запасом одинаковых или однородных продуктов (т. е. сводимых к одному виду или способу учета). Управление складом строится на основе комбинации конечного числа однопродуктовых моделей с учетом результатов АВС-анализа. Рассмотрим основные положения управления запасами на *идеальной модели*. Она строится исходя из следующих

допущений:

а) интенсивность (скорость) потребления ресурса (материалов, предметов труда, готовых товаров и т. п.) из запаса известна и постоянна, другими словами, спрос на них известен и постоянен;

б) потребление осуществляется мелкими партиями или поштучно, а пополнение (возобновление) запаса — более крупной партией;

в) пополнение запаса происходит мгновенно при снижении его уровня до нуля;

г) дефицит (нехватка) ресурса на складе исключен. Обозначим партию поставки как $n_{\text{пост}}$, ритм поставки — $R_{\text{пост}}$, тогда интенсивность потребления $I = n_{\text{пост}} / R_{\text{пост}}$. Графически идеальная модель представлена на рис. 17.1.

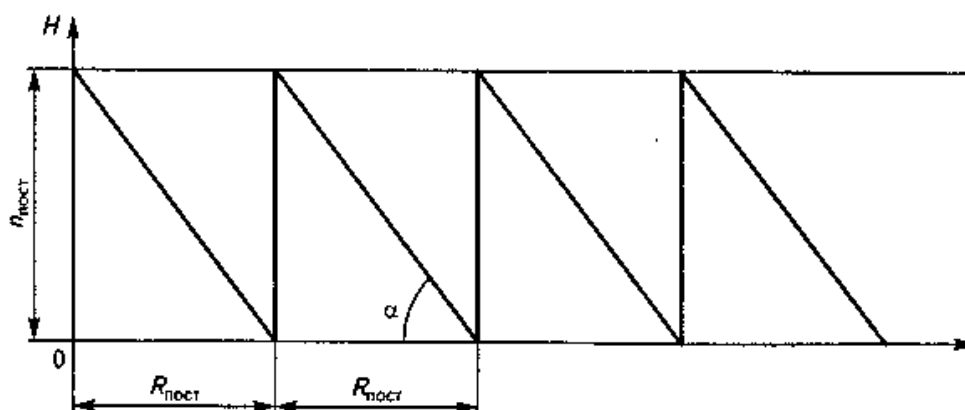


Рис. 17.1, График идеальной модели управления запасами

Идеальная модель отражает изменение величины запаса H во времени и состоит из последовательности циклов его потребления и мгновенного пополнения (аналогия — зубья пилы). Величина запаса может измеряться в любых натуральных единицах, например, в штуках, тоннах или единицах хранения (коробки, контейнеры), в которых могут находиться различные, но однородные ресурсы (по параметрам управления их запасом). В идеальной модели сделано одно допущение: ступенчатая линия потребления аппроксимирована прямой. Это возможно, если партия поставки существенно больше партии потребления, т.е. $n_{\text{пост}} \gg n_{\text{потр}} \Rightarrow 1$. Тангенс угла наклона (α) этой прямой к оси времени равен интенсивности потребления ресурса, т. е. $\text{tg } \alpha = I$.

На идеальной модели аналитически решается лишь один вопрос из двух, поставленных ранее, а именно: определяется величина *оптимальной партии поставки* ресурса. При этом исходят из минимизации суммарных затрат (3) на хранение ресурса и на пополнение его запаса (рис. 17.2).

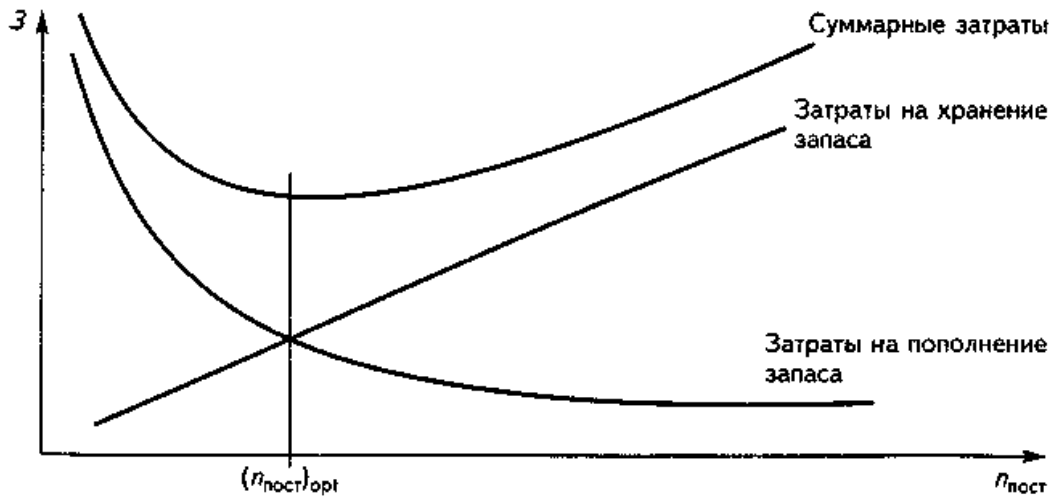


Рис. 17.2. Зависимость затрат от размера партии поставки

Пусть h — затраты на хранение единицы запаса в течение года; D — годовой объем потребления ресурса; S — затраты, обусловленные поставкой очередной партии или затраты на переналадку оборудования при ее заказе для внутреннего потребления на предприятии. Тогда $n_{\text{пост}}/2$ — средний объем хранения, $n_{\text{пост}} h/2$ — средние затраты на хранение запаса на год; $D/n_{\text{пост}}$ — число партий, получаемых за год; $DS/n_{\text{пост}}$ — затраты на поставки ресурса или переналадку за год. Таким образом, характер зависимости годовых затрат от размера партии поставки различен: затраты хранения зависят от нее прямо, а затраты пополнения запаса — находятся в обратной зависимости (рис. 17.2). Кривая суммарных затрат имеет минимум, соответствующий оптимальной партии. Взяв производную функции $Z = (n_{\text{пост}}h)/2 + (DS)/n_{\text{пост}}$ по $n_{\text{пост}}$ и приравняв ее нулю, получим размер оптимальной партии:

$$(n_{\text{пост}})_{\text{opt}} = \sqrt{(2DS)/h}.$$

Стоимость ресурса не входит в эту модель, так как какими бы партиями ни пополнялся запас, стоимость потребленного за год ресурса останется постоянной и составит sD , где s — цена единицы ресурса. Если включить это слагаемое в суммарные затраты, то производная по $n_{\text{пост}}$ от постоянной величины окажется равной нулю, и мы получим ту же формулу для расчета $(n_{\text{пост}})_{\text{opt}}$. В качестве планового периода может быть выбран не только год, а любой удобный интервал времени.

Данная модель дает устойчивое решение, так как допустимы значительные отклонения размера партии от найденного оптимума без существенного роста суммарных затрат. Это свойство используется для корректировки $(n_{\text{пост}})_{\text{opt}}$ в целях учета факторов, не вошедших в модель. Рассмотренная модель в зарубежной литературе получила название модели *EOQ* (*deterministic economic order quantity*).

Пример 17.3

При заключении договора с поставщиком мороженого в кафе менеджер по закупкам

располагает следующей информацией. За предстоящие пять теплых месяцев года посетители кафе съедят примерно 3000 кг мороженого; развесное мороженое поставляется в упаковках по 20 кг; в холодильную камеру, где оно хранится, вмещается 40 упаковок, затраты на хранение одной упаковки в течение всех пяти месяцев составляют 36 руб.; срок реализации мороженого не должен превышать 35 дней; кафе работает практически ежедневно, что за пять месяцев составит приблизительно 150 дней.

В ходе проведения переговоров с менеджером по продажам хладокомбината выяснилось, что поставка мороженого осуществляется микроавтобусом грузоподъемностью 1,2 т; заказ принимается на разовую доставку не менее 50% от этой величины; доставка осуществляется в течение часа после получения заказа. Затраты на доставку (аренда микроавтобуса), ведение переговоров и оформление договора составили 210 руб. Требуется определить допустимый размер партии поставки для включения его в договор и величину дополнительных суммарных затрат, обусловленных отклонением реального размера партии от оптимального.

Решение

Оптимальный размер партии рассчитывается по формуле:

$$(n_{\text{пост}})_{\text{opt}} = \sqrt{2DS/h} = \sqrt{(2 \times 3000 \times 210)/(20 \times 36)} = \sqrt{1750} = 41,8 \text{ уп.} = 42 \text{ уп.}$$

Далее полученное значение требуется скорректировать. Партия должна:

- 1) поместиться в холодильнике кафе, но так как 42 уп. > 40 уп., партию следует уменьшить до 40 упаковок;
- 2) быть не меньше минимально допустимой партии поставки, равной $(120 \times 0,5)/20 = 30$ уп., что выполняется;
- 3) обеспечить допустимый срок реализации мороженого, равный здесь ритму поставки:

$$R_{\text{пост}} = n_{\text{пост}}/I = (20 \times 40)/(3000/150) = 40 \text{ дн.},$$

но так как 40 дн. > 35 дн., размер партии следует уменьшить до величины, получаемой из решения уравнения:

$$20 n_{\text{пост}}/(3000/150) = 35 \text{ дн.} \Rightarrow n_{\text{пост}} = 35 \text{ уп.}$$

Полученное значение удовлетворяет всем условиям, но отличается от оптимального.

Рассчитаем суммарные затраты за период для двух полученных значений партии поставки.

При $n_{\text{пост}} = 35$ уп. имеем:

Затраты на хранение = $(35 \times 36)/2 = 630$ руб.;

Затраты на поставку = $(3000/20) \times 210/35 = 900$ руб.;

Суммарные затраты = $630 + 900 = 1530$ руб.

При $n_{\text{пост}} = (n_{\text{пост}})_{\text{opt}} = 41,8$ уп. получим:

Затраты на хранение = $(41,8 \times 36)/2 = 752,4$ руб.;

Затраты на поставку = $(3000/20) \times 210/41,8 = 753,6$ руб.;

Суммарные затраты = $752,4 + 753,6 = 1506$ руб.

Таким образом, мы видим, что при относительном отклонении размера партии от оптимального на 16,3%, или $(41,8 - 35)/41,8 \times 100\%$, суммарные затраты превысили минимальное значение только на 1,6%, или $(1530 - 1506)/1506$.

Далее, взяв за основу модель ЕОQ, снимем два ограничения на условия ее применения, что позволит вновь полученным моделям более адекватно отражать реальную ситуацию. Во-первых, будем считать, что исполнение заказа на поставку очередной партии происходит не мгновенно, а за конечное время $T_{\text{пост}} > 0$. Это время требуется для оформления документации, на изготовление или закупку партии, ее доставку на склад, входной контроль и т. п. Будем считать, что оно практически не зависит от размера партии поставки. Простейшей моде-

лью, соответствующей этому условию, является так называемая *модель производственного запаса*, которая отличается от модели EOQ еще и тем, что пополнение запаса происходит не скачкообразно, а постепенно, по мере изготовления партии поставки.

Модель производственного запаса. Пусть $T_{\text{пост}}$ - срок изготовления и поставки очередной партии, P — интенсивность изготовления (пополнения запаса) и $P = n_{\text{пост}}/T_{\text{пост}}$. Графически эта модель представлена на рис. 17.3. Пунктирная прямая показывает, как нарастал бы запас, если бы одновременно с пополнением он не потреблялся. Тангенс угла наклона (β) этой прямой к оси времени равен интенсивности производства ресурса и пополнения запаса, т. е.

$\text{tg } \beta = P$. На основе уточнения модели EOQ можно получить формулу для расчета оптимальной партии поставки:

$$(n_{\text{пост}})_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2DS}{h(1 - I/P)}}$$

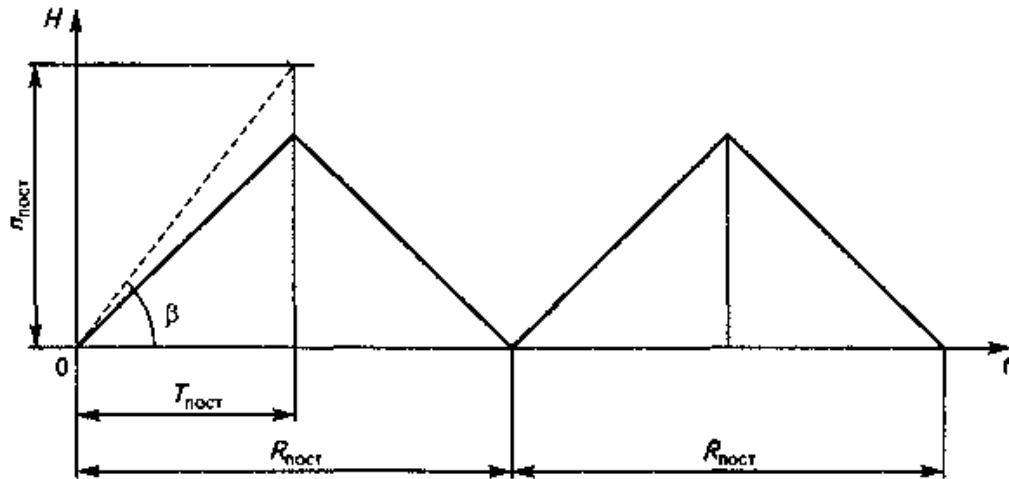


Рис. 17.3. Модель производственного запаса

Такая модель называется моделью производственного запаса, так как она обычно встречается в условиях производства, где запас изделий создается между двумя смежными рабочими местами, участками и т. д. Причем затраты S , обусловленные поставкой очередной партии, здесь трактуются как затраты на переналадку оборудования производственного подразделения, а интенсивность P —как его производительность.

Модель с дисконтированием по размеру партии поставки. На практике часто используется еще один тип моделей, получаемый расширением параметров модели EOQ. Суть этой модели состоит в учете скидки (дисконта) с цены закупаемого ресурса при увеличении объема партии. В качестве исходной информации здесь дополнительно должна быть использована *таблица дисконтирования*, а в модель введен еще один параметр - цена ресурса. Алгоритм решения задачи представлен на рис. 17.4.

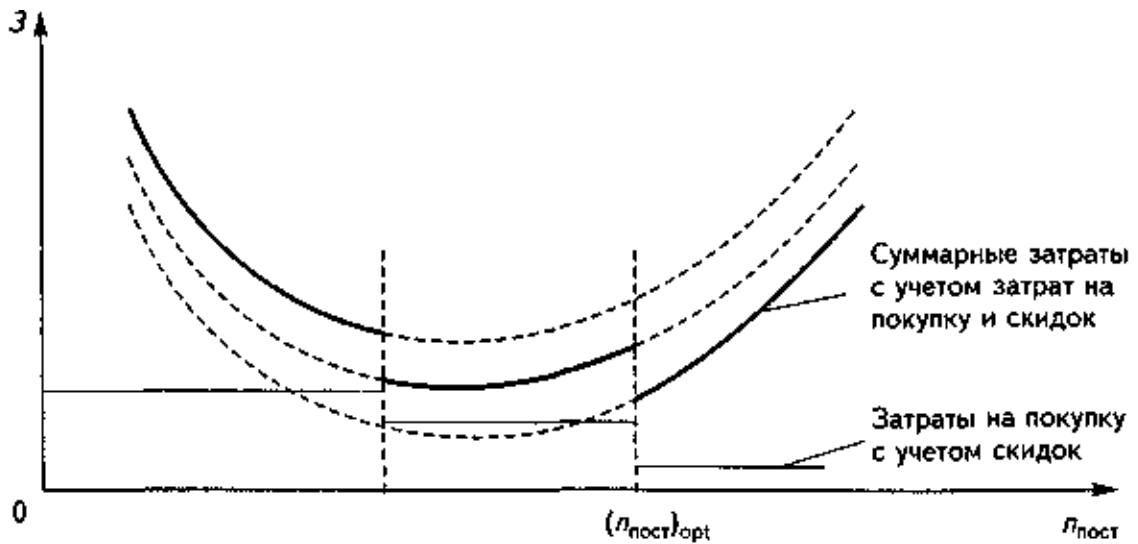


Рис 17.4. Определение оптимальной партии поставки с учетом затрат на покупку ресурса и скидок

Оптимальный размер партии поставки ресурса определяется отдельно для каждого интервала, где цена неизменна. Затем методом прямого перебора отыскивается лучший вариант, минимизирующий суммарные затраты на поставку, хранение и покупку ресурса с учетом скидки, действующей на интервале. Можно ввести еще одно уточнение в модель. Обычно затраты на хранение единицы ресурса зависят от его цены, т. е. $h = ic$, где i — коэффициент, показывающий отношение затрат на хранение единицы ресурса к его цене. Учитывая то, что цена в этой модели различна на разных интервалах, корректировка параметров модели позволит получить более точное решение задачи.

Отметим, что для всех трех типов моделей, рассмотренных выше, нахождение оптимальной партии поставки автоматически ведет к установлению оптимального ритма поставки из соотношения

$$R_{\text{пост}} = n_{\text{пост}} / I.$$

Пример 17.4

Предприятие-поставщик установило следующие цены на свою продукцию — листовую пластмассу с учетом системы оптовых скидок:

- до 1000 листов - 180,0 руб./лист;
- от 1000 до 5000 листов - 175,0 руб./лист;
- 5000 листов и более - 172,5 руб./лист.

Затраты на заказ у предприятия-потребителя пластмассы составляют 450 руб., текущие затраты на ее хранение — 36 руб./год за лист — практически не зависят от цены листа, годовая потребность — 10 000 листов. Требуется определить размер оптимальной партии закупки пластмассы с учетом скидок.

Решение

Начнем с классического расчета оптимальной партии поставки:

$$(n_{\text{пост}})_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \times 10\,000 \times 450}{36}} = 500 \text{ листов.}$$

Как видим, оптимальная партия попадает в первый ценовой интервал. Это значит, что меньшие суммарные затраты могут быть только на границах - в начале второго или третьего ценовых интервалов. Проверим эти точки, для чего рассчитаем в них суммарные затраты на заказ, приобретение и хранение пластмассы. Суммарные затраты составят:

1) при закупке материала оптимальными партиями по 500 листов

$$z = \frac{500 \times 36}{2} + \frac{10000 \times 450}{500} + 10000 * 180 = 1818000 \text{ руб.};$$

2) при закупке по 1000 листов (нижняя граница второго интервала)

$$z = \frac{1000 \times 36}{2} + \frac{10000 \times 450}{1000} + 10000 * 175 = 1772500 \text{ руб.};$$

3) при закупке по 5000 листов (нижняя граница третьего интервала)

$$z = \frac{500 \times 36}{2} + \frac{10000 \times 450}{5000} + 10000 * 172,5 = 1815900 \text{ руб.}$$

Таким образом, при закупках пластмассы оптимальными партиями, расчет величины которой был выполнен обычным путем, затраты окажутся выше, чем при закупках партиями большего размера, ввиду того, что скидки оказывают существенное влияние на общую сумму затрат. Расчет показывает, что из двух граничных точек следует выбрать минимальный размер партии на втором интервале, т. е. $n_{\text{пост}} = 1000$ листов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Каковы функции запасов?
2. Какие главные вопросы решает производственный менеджмент применительно к управлению запасами?
3. Можно ли использовать основные подходы к управлению запасами, когда речь идет о запасе инструмента на инструментальном складе или о запасе технологического топлива на нефтебазе предприятия?
4. В чем суть перманентной инвентаризации?
5. На какую модель (из рассмотренных ранее в других главах) очень похожа модель производственного запаса⁹
6. Предприятию для его производственной деятельности ежеквартально требуется закупать 1000 редукторов. Их цена - 1500 руб. Размещение заказа на редукторы обходится предприятию в 1200 руб., а текущая стоимость хранения в течение квартала составляет 25% от цены редуктора. Если их заказывать по 200 штук и более, то можно получить 3-процентную скидку. Какую политику заказов следует выбрать предприятию? С какими затратами это связано?
7. Месячная программа изготовления деталей типа «звездочка», выпускаемых механикообрабатывающим цехом, составляет 2812 шт. Детали производятся на одной из однопредметных поточных линий, установленных в цехе. В месяце 19 рабочих дней, цех работает в две смены, продолжительность смены - 8 часов. Исходными заготовками все линии обеспечивает заготовительный участок цеха. Производительность участка — 60 заготовок в час. По системе транспортеров сделанные заготовки сразу передаются на заказавшую их поточную линию, где попадают либо в дальнейшую обработку, либо на склад. Заготовки для деталей «звездочка» заказывает старший мастер линии, где они производятся. Требуется определить размер и периодичность заказов, если известны затраты, обусловленные наладкой оборудования заготовительного участка - 135 руб. и затраты хранения в течение месяца каждой заготовки на складе поточной линии — 1,82 руб. Требуется также рассчитать величину максимального оборотного запаса заготовок на складе линии.

ГЛАВА 18.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

18.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Идеальная модель управления запасами, как было показано в главе 17, позволяет решить ряд задач, но в то же время она требует многих допущений. Первое допущение о мгновенном пополнении запаса при его исчерпании было снято в модели производственного запаса. Снимем второе ограничение с идеальной модели, а именно, учтем, что интенсивность потребления ресурса со склада может существенно отклоняться от среднего уровня, который в модели *EOQ* жестко фиксировался. Это позволит при моделировании более адекватно отражать реальные ситуации. Действительно, если в одном из циклов потребления интенсивность окажется существенно больше средней, а в другом - существенно меньше, это может создать экстремальные управленческие ситуации, требующие разработки специальных методов разрешения. Собственно это и является одной из основных задач управления запасами в реальных условиях.

Классификация основных типов реальных моделей управления запасами представлена на рис. 18.1.

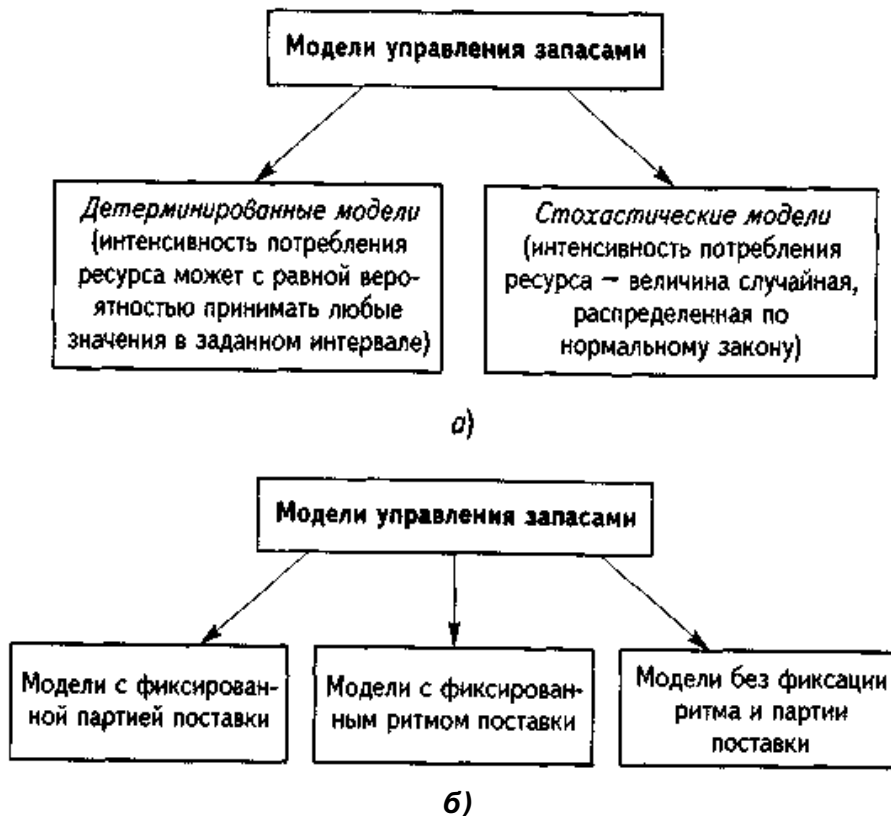


Рис 18.1 Классификация реальных моделей управления запасами:
 а - по характеру изменения интенсивности потребления ресурсов;
 б - по способу управления запасами

Соотношение $R_{\text{пост}} = n_{\text{пост}}/I$ показывает, что управлять запасами при переменной интенсивности потребления можно либо опираясь на найденное значение ($n_{\text{пост}}$) или на удобный ритм поставок, либо не задавая заранее ни один из этих двух параметров.

Переход к реальным моделям связан с необходимостью обратить внимание еще на два принципа управления запасами:

1) все методы и модели управления запасами, которые будут рассмотрены в этой главе, основаны на децентрализованном управлении и реализуют подход «вытягивание»;

2) дефицит (отсутствие) ресурса на складе при оговоренных исходных параметрах должен быть исключен полностью (в детерминированных моделях) или исключен с заданной вероятностью (в стохастических моделях).

Существует два принципиально разных подхода к контролю запасов: это «вытягивание» и «выталкивание». Выбор того или иного подхода зависит от условий, в которых работает организация, от ее структуры и целей, которые она перед собой ставит. «*Вытягивание*» означает, что потребность в ресурсе, хранящемся на складе, считается случайной величиной, а складской запас между двумя смежными производственными звеньями играет роль автоматического регулятора движения между ними материального потока. Механизм регулятора таков: по мере убытия ресурса со склада принятая модель управления запасом по установленному закону обеспечивает периодическое пополнение этого запаса. Этот подход не требует централизованного вмешательства в выполнение складом своих регулирующих функций. Модель и относительно постоянные параметры управления закладываются на длительный срок операционным менеджментом, а текущие параметры управления могут корректироваться на основе прогнозирования величины спроса. Процедура «вытягивания» является основой одной из концепций оперативного планирования и управления производством, носящей название «точно в срок». Она будет рассмотрена подробнее в главе 19. В противоположность сказанному, управление запасом, основанное на «*выталкивании*», требует точного знания параметров интенсивности материального потока, проходящего через склад, и предполагает централизованное регулирование его работы. Методы управления запасом в условиях зависимого спроса будут подробно рассмотрены в главах 20—21. Далее рассмотрение реальных моделей будет вестись по принципу от простого к сложному, т. е. сначала в их простейшей постановке как детерминированных, затем как стохастических.

18.2. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННОЙ ПАРТИЕЙ ПОСТАВКИ

Пусть интенсивность потребления ресурса со склада изменяется, с равной вероятностью принимая любое значение в интервале (I_{min} , I_{max}); время исполнения заказа $T_{\text{пост}}$ и размер партии поставки $n_{\text{пост}}$ зафиксированы, например, договором с поставщиком ресурса. Управляющим параметром в этой модели явля-

ется остаточный уровень запаса на складе. Уровень запаса, при котором должен быть сделан заказ очередной партии, называется *точкой заказа* $H_{тз}$. Точка заказа рассчитывается исходя из удовлетворения требования: склад должен обеспечивать бездефицитное снабжение потребителей в течение всего срока между моментами заказа и поставки очередной партии. Это возможно лишь в случае, если при расчете предположить худший вариант, т. е. максимальную интенсивность потребления ресурса на весь этот период. Тогда

$$H_{тз} = T_{пост} I_{max}.$$

Уровень запаса, который остается на складе к моменту поставки очередной партии при средней интенсивности потребления ресурса, но расходуется при интенсивности выше средней, называется *резервным запасом*. Его значение $H_{рез}$ рассчитывается так:

$$H_{рез} = H_{тз} - T_{пост} I_{ср} = T_{пост} (I_{max} - I_{min})/2,$$

где $I_{ср} = (I_{max} + I_{min})/2$.

Циклы потребления (поставки) при этом способе управления имеют разную продолжительность вследствие меняющейся интенсивности потребления. Еще одним важным параметром управления является максимальная величина запаса, определяющая необходимую для хранения *емкость склада*. Она рассчитывается по формуле:

$$H_{скл} = H_{тз} - T_{пост} I_{min} + n_{пост} = T_{пост} (I_{max} - I_{min}) + n_{пост}.$$

Отметим важную особенность этого способа управления. Не имеет значения, по какой траектории снижается запас до уровня $H_{тз}$. Важен лишь характер расходования ресурса в течение срока поставки: максимальная интенсивность в течение всего срока $T_{пост}$ определяет $H_{тз}$ и $H_{рез}$, минимальная - значение $H_{скл}$. Отсюда следует, что при этом способе управления надежную работу склада обеспечивает резервирование запаса именно на интервале $T_{пост}$. Снижение уровня запаса ресурса на складе в общем случае представлено графиком кусочно-линейной функции, так как для каждого элементарного временного участка (день, неделя и т. д.) характерны свое значение интенсивности потребления (при соблюдении ограничения $(I_{max} \geq I \geq I_{min})$ и свой угол наклона отрезка прямой, отражающего потребление ресурса на этом участке.

На рис. 18.2 представлена графическая модель, иллюстрирующая аналитические выкладки при нахождении значений $H_{тз}$, $H_{рез}$ и $H_{скл}$. В ней на интервалах $T_{пост}$ показаны три характерных варианта потребления ресурса, формирующие значения параметров управления, а на остальных участках общий случай — снижение уровня запаса в виде ломаной линии. Анализа графической модели показывает, что партия поставки не должна быть меньше точки заказа, т.е.

$$n_{пост} \geq H_{тз} = T_{пост} I_{max}.$$

Кроме того, если размеры склада, отводимого под хранение данного ресурса, лимитированы, то на величину партии накладывается еще одно ограничение:

$$n_{\text{пост}} \leq H_{\text{скл}} - T_{\text{пост}} (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}),$$

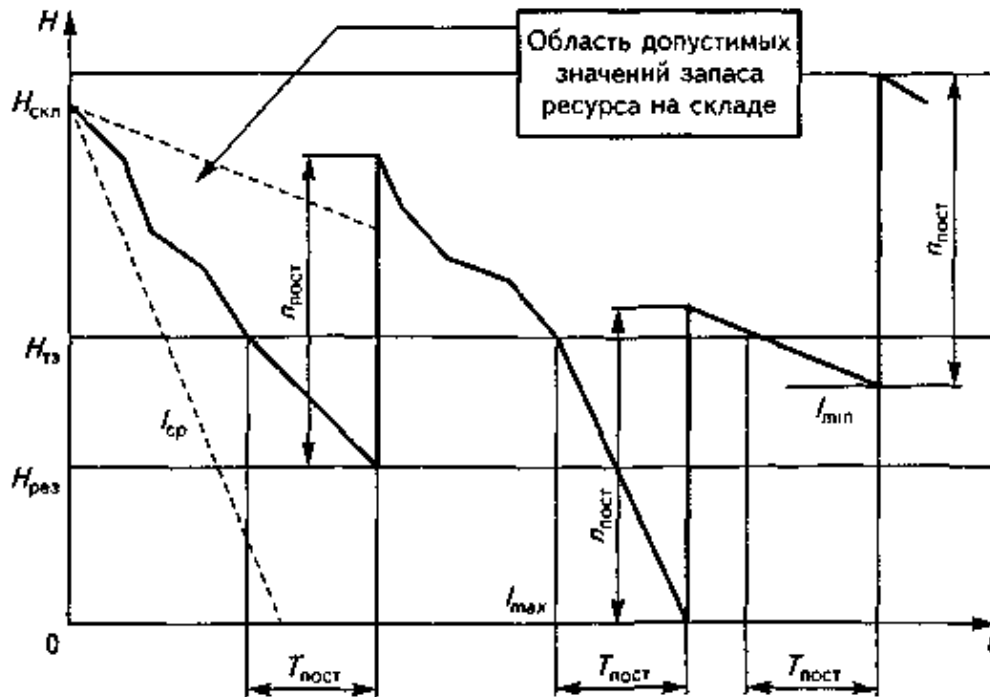


Рис. 18.2 Модель управления запасами при фиксированной партии поставки ресурса на склад

При необходимости размер партии поставки должен быть скорректирован. Если это невозможно, то корректируется срок поставки. Расчет оптимальной партии выполняется так же, как и в модели EOQ; появление в рассматриваемой модели резервного запаса не влияет на методику расчета. Объясняется это тем, что резерв создается один раз, и далее его уровень автоматически поддерживается действующей моделью управления, не будучи связанным с размером партии поставки.

Пересчет параметров управления запасами ($H_{\text{тз}}$, $H_{\text{рез}}$ и $H_{\text{скл}}$) выполняется только при устойчивом изменении параметров потребления ресурса со склада, т. е. значений I_{max} и I_{min} , или при заключении договора с поставщиком на новых условиях (при изменении $n_{\text{пост}}$ и $T_{\text{пост}}$). В этом случае изменение величины резервного запаса происходит за счет соответствующего увеличения или уменьшения первой партии поставки и также имеет разовый характер.

Пример 18.1

Предприятие имеет емкость для хранения запаса технологического топлива вместимостью 70 т. Ежедневное потребление топлива колеблется от 1,1 до 3,2 т. Пополнение запаса происходит железнодорожными цистернами по 60 т. Поставка топлива идет с нефтебазы; по ее требованию срок поставки должен быть максимальным из всех сроков, приемлемых для предприятия. Требуется определить срок поставки (в днях), который должен быть записан в договоре, точку заказа и резервный уровень топлива.

Решение

При ограниченной емкости склада срок поставки не должен превышать величины, равной $(N_{\text{скл}} - n_{\text{пост}}) / (I_{\text{max}} - I_{\text{min}})$, а с учетом того, что он должен принять максимальное целое значение, можно записать:

$$T_{\text{пост}} = [(70 - 60) / (3,2 - 1,1)] = [4,76] = 4 \text{ дн.}$$

При попытке округления результата в большую сторону до пяти дней получим необходимую емкость $N_{\text{скл}} = 5 \times (3,2 - 1,1) + 60 = 70,5$ т, что больше емкости, которой располагает завод. Округление же в меньшую сторону дает приемлемый результат: $N_{\text{скл}} = 4 \times (3,2 - 1,1) + 60 = 68,4$ т, хотя склад при этом будет постоянно недогружен. При этом

$$H_{\text{тз}} = 4 \times 3,2 = 12,8 \text{ т; } H_{\text{рез}} = 4 \times (3,2 - 1,1) / 2 = 4,2 \text{ т.}$$

18.3. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННЫМ РИТМОМ ПОСТАВКИ

Пусть, как и в предыдущей модели, заданы: I_{max} , I_{min} и $T_{\text{пост}}$, а вместо партии поставки по условию договора с поставщиком зафиксирован ритм поставки $R_{\text{пост}}$. В такой модели управляющим параметром является время, т. е. заказ и получение очередных партий происходят через строго определенные промежутки времени. В момент заказа фиксируются текущий остаток ресурса на складе $H_{\text{тек}}$ и средняя интенсивность потребления за цикл $I_{\text{тек}}$ и на их основе рассчитывается величина текущей партии поставки $n_{\text{тек}}$, обеспечивающая заполнение склада емкостью $N_{\text{скл}}$:

$$n_{\text{тек}} = N_{\text{скл}} - H_{\text{тек}} + T_{\text{пост}} I_{\text{тек}}.$$

Таким образом, размер партии поставки в этой модели — величина переменная, причем

$$(n_{\text{тек}})_{\text{max}} = N_{\text{скл}}; (n_{\text{тек}})_{\text{min}} = R_{\text{пост}} I_{\text{min}}.$$

Величину резервного запаса рассчитаем, ориентируясь на соотношение:

$$N_{\text{скл}} = R_{\text{пост}} I_{\text{max}},$$

которое означает, что емкость склада должно хватить на случай потребления ресурса с максимальной интенсивностью в течение всего цикла. Тогда

$$H_{\text{рез}} = N_{\text{скл}} - R_{\text{пост}} I_{\text{ср}} = R_{\text{пост}} (I_{\text{max}} - I_{\text{ср}}).$$

Отметим, что в предыдущей модели потребление ресурса резервируется только на сроке поставки $T_{\text{пост}}$, а в рассматриваемой модели — на всем цикле $R_{\text{пост}}$. Другими словами, резервный запас здесь увеличивается. Графическая модель этого способа управления приведена на рис. 18.3. На ней показаны только нормальный ($I_{\text{ср}}$), ускоренный (I_{max}) и замедленный (I_{min}) циклы потребления, так как именно в них формируются параметры управления, хотя в общем случае графиком снижения уровня запаса является, как и в предыдущей модели, ломаная линия. Рассматриваемая модель пригодна для использования, однако имеет один существенный недостаток. Дело в том, что в момент заказа в ней происходит прогнозирование интенсивности потребления ресурса на срок по-

ставки. Если прогноз ошибочен, то поступившая партия либо не заполнит склад целиком, и тогда в следующем цикле может возникнуть дефицит ресурса, либо переполнит его, что также недопустимо.

Для устранения этого недостатка усовершенствуем предложенную модель. В целях исключения переполнения склада будем всегда ориентироваться на худший в этом смысле вариант — минимальное потребление ресурса в течение всего срока поставки. Тогда текущая партия составит:

$$n_{\text{тек}} = H_{\text{скл}} - H_{\text{тек}} + T_{\text{пост}} I_{\text{мин}}.$$

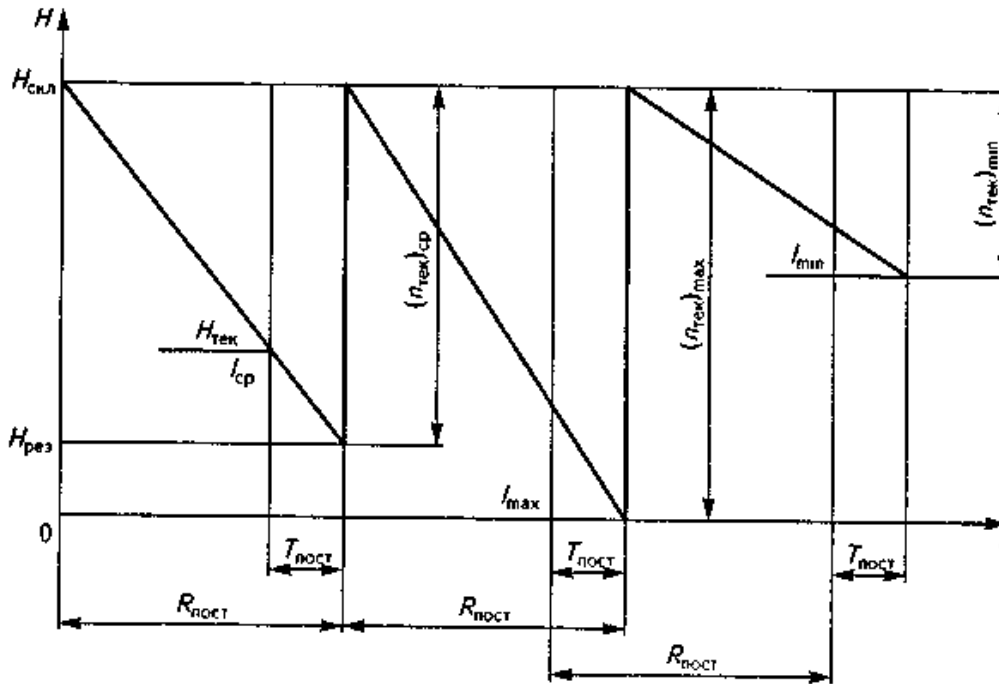


Рис. 18.3. Упрощенная модель управления запасом при фиксированном ритме поставки ресурса на склад

Во избежание дефицита будем резервировать емкость склада как на весь следующий цикл потребления, так и на ближайший срок поставки. Для этого рассчитаем $H_{\text{скл}}^*$ — условный максимальный запас, т. е. тот уровень, которого достиг бы запас, если бы заказанная партия поступила на склад мгновенно (рис. 18.4):

$$H_{\text{скл}}^* = (R_{\text{пост}} + T_{\text{пост}}) I_{\text{макс}}.$$

Емкость склада может быть меньше $H_{\text{скл}}^*$ на величину минимально возможного потребления ресурса за время $T_{\text{пост}}$:

$$\begin{aligned} H_{\text{скл}} &= H_{\text{скл}}^* - T_{\text{пост}} I_{\text{мин}} = (R_{\text{пост}} + T_{\text{пост}}) I_{\text{макс}} - T_{\text{пост}} I_{\text{мин}} = \\ &= R_{\text{пост}} I_{\text{макс}} + T_{\text{пост}} (I_{\text{макс}} - I_{\text{мин}}). \end{aligned}$$

В этом случае размер текущей партии поставки пересчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}
 n_{\text{тек}} &= R_{\text{пост}} I_{\text{max}} + T_{\text{пост}} (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) - H_{\text{тек}} + T_{\text{пост}} I_{\text{min}} = \\
 &= (R_{\text{пост}} + T_{\text{пост}}) I_{\text{max}} - H_{\text{тек}} = H_{\text{скл}}^* - H_{\text{тек}},
 \end{aligned}$$

причем $(n_{\text{тек}})_{\text{max}} = R_{\text{пост}} I_{\text{max}}$ и $(n_{\text{тек}})_{\text{min}} = R_{\text{пост}} I_{\text{min}}$.

Резервный запас составит:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{рез}} &= H_{\text{скл}}^* - (R_{\text{пост}} + T_{\text{пост}}) I_{\text{ср}} = (R_{\text{пост}} + T_{\text{пост}}) (I_{\text{max}} - I_{\text{ср}}) = \\
 &= R_{\text{пост}} (I_{\text{max}} - I_{\text{ср}}) + T_{\text{пост}} (I_{\text{max}} - I_{\text{ср}}).
 \end{aligned}$$

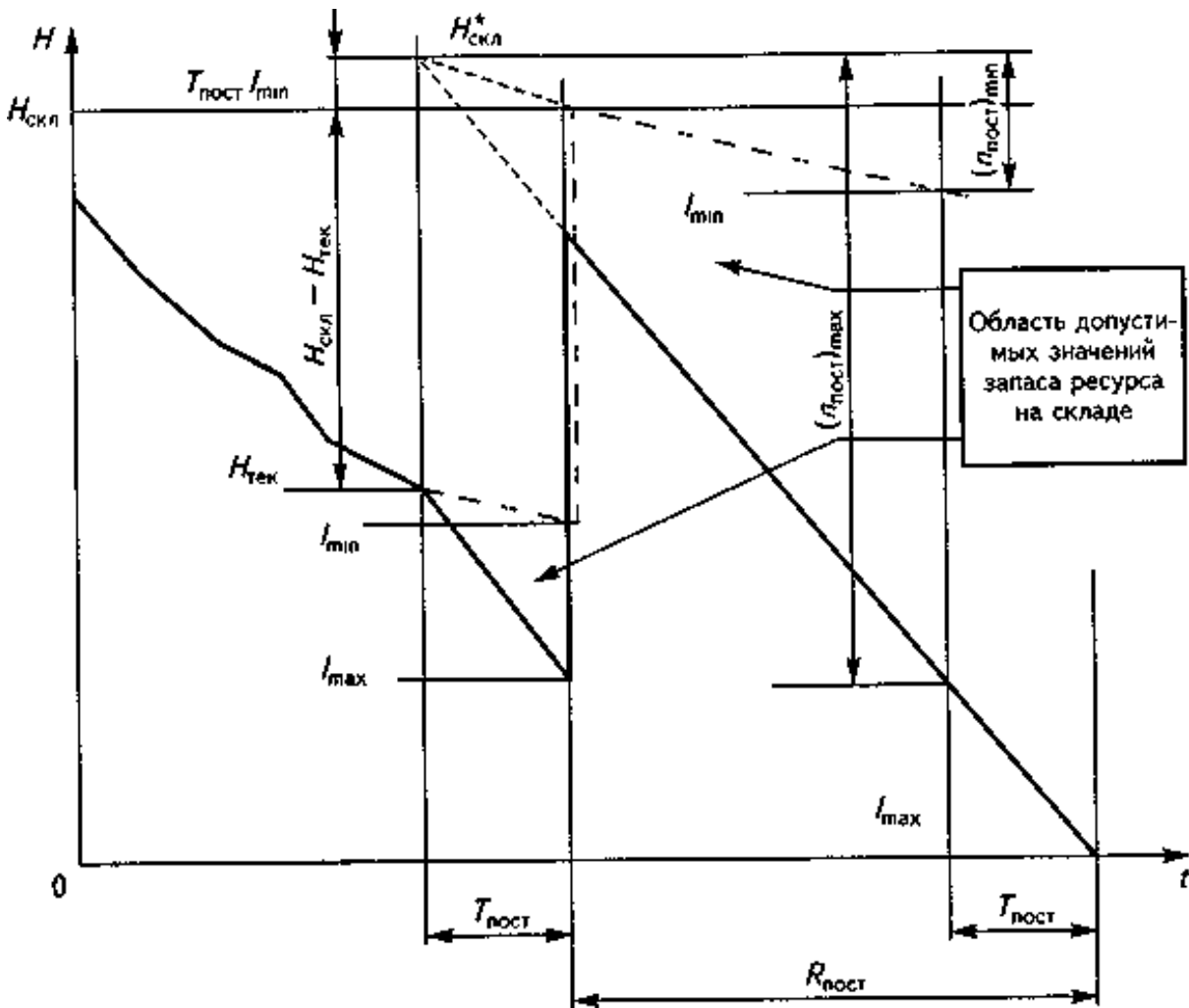


Рис. 18.4. Схема формирования параметров управления запасом в модифицированной модели с фиксированным ритмом поставки: пунктиром показан цикл замедленного потребления ресурса

Как видим, в отличие от упрощенной модели, где в течение срока поставки склад не был застрахован от неприятностей, в доработанной модели срок поставки участвует в расчетах и емкости склада, и резервного запаса. Соответственно величина резервного запаса еще больше возрастает.

При заключении договора с поставщиком на условиях фиксированного ритма поставки менеджер должен контролировать, достаточно ли емкость склада при выборе удобных ритма и срока поставки, а при ограниченной емкости требовать их корректировки. В договор по инициативе поставщика могут быть включены также ограничения на минимальный $(n_{\text{тек}})_{\min}$ и максимальный $(n_{\text{тек}})_{\max}$ объемы текущей партии поставки, что также может повлиять на выбор величины $R_{\text{пост}}$:

$$R_{\text{пост}} \leq (n_{\text{тек}})_{\min} / I_{\min}; R_{\text{пост}} \geq (n_{\text{тек}})_{\max} / I_{\max}.$$

Если в качестве ритма поставки выбран месяц, что бывает достаточно часто, возникают дополнительные трудности с расчетом параметров управления при меняющемся количестве рабочих дней в нем. Рассмотрим такую ситуацию на примере.

Пример 18.2

Предприятие потребляет дисковые фрезы определенного диаметра от 24 до 35 шт. ежедневно, причем внутри интервала потребление распределено равномерно. В соответствии с договором с инструментальным заводом поставка фрез на склад предприятия происходит 20-го числа каждого месяца (или в ближайший рабочий день после этой даты), а заказ их должен быть сделан за пять рабочих дней до поставки. Требуется определить емкость склада, отводимого для хранения этих фрез, резервный запас, максимальную и минимальную партии поставок, если в месяце в среднем 20 рабочих дней. Как изменится решение, если реальный месяц может иметь продолжительность от 18 до 21 рабочего дня? В июне 20 рабочих дней. В момент заказа был зафиксирован остаток фрез на складе - 185 шт. и средняя интенсивность их потребления - 31 шт. за рабочий день. Необходимо рассчитать размер текущей партии поставки в июне.

Решение

Сначала рассмотрим решение задачи в соответствии с упрощенной моделью. Емкость склада по условию не ограничена, поэтому для среднего месяца она рассчитывается так:

$N_{\text{скл}} = 20 \times 35 = 700$ шт. (или соответствующее число мест хранения).

Резервный запас и пределы изменения партии поставки составят:

$$\begin{aligned} N_{\text{рез}} &= 20 \times [(35 - 24)/2] = 110 \text{ шт.}; \\ (n_{\text{тек}})_{\max} &= 20 \times 35 = 700 \text{ шт.}; \\ (n_{\text{тек}})_{\min} &= 20 \times 24 = 480 \text{ шт.} \end{aligned}$$

В июне заказ составит:

$$n_{\text{тек}} = 700 - 185 + 5 \times 31 = 670 \text{ шт.}$$

При изменении ритма поставки от 18 до 21 рабочего дня максимальный ритм увеличит $N_{\text{скл}}$ и $(n_{\text{тек}})_{\max}$ относительно определенных ранее для среднего ритма значений, а минимальный - уменьшит значение $(n_{\text{тек}})_{\min}$. Определим новые значения:

$$\begin{aligned} N_{\text{скл}} &= (n_{\text{тек}})_{\max} = (R_{\text{пост}})_{\max} I_{\max} = 21 \times 35 = 735 \text{ шт.}; \\ (n_{\text{тек}})_{\min} &= (R_{\text{пост}})_{\min} I_{\min} = 18 \times 24 = 432 \text{ шт.} \end{aligned}$$

Особенности модели управления для этого случая схематично показаны на рис. 18.5. Модифицированная модель дает следующие результаты. Емкость склада для среднего месяца возрастет:

$$N_{\text{скл}}^* = (20 + 5) \times 35 = 875 \text{ шт.}; N_{\text{скл}} = 875 - 5 \times 24 = 755 \text{ шт.}$$

Резервный запас тоже увеличится:

$$N_{\text{рез}} = (20 + 5) \times [(35 - 24)/2] = 137,5 \text{ шт.}$$

Пределы изменения величины партии останутся прежними $480 \leq n_{\text{тек}} \leq 700$ шт. В июне заказ составит:

$$n_{\text{тек}} = 875 - 185 = 690 \text{ шт.},$$

причем минимальный остаток ресурса на складе равен $35 \times 5 = 175$ шт.; для него размер партии поставки будет:

$$n_{\text{тек}} = (n_{\text{тек}})_{\text{max}} = 875 - 175 = 700 \text{ шт.}$$

Механизм формирования параметров управления при изменении ритма поставки аналогичен упрощенной модели. Определим новое значение емкости склада:

$$H_{\text{скл}} = (R_{\text{пост}})_{\text{max}} I_{\text{max}} + T_{\text{пост}} (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) = 21 \times 35 + 5(35 - 24) = 790 \text{ шт.}$$

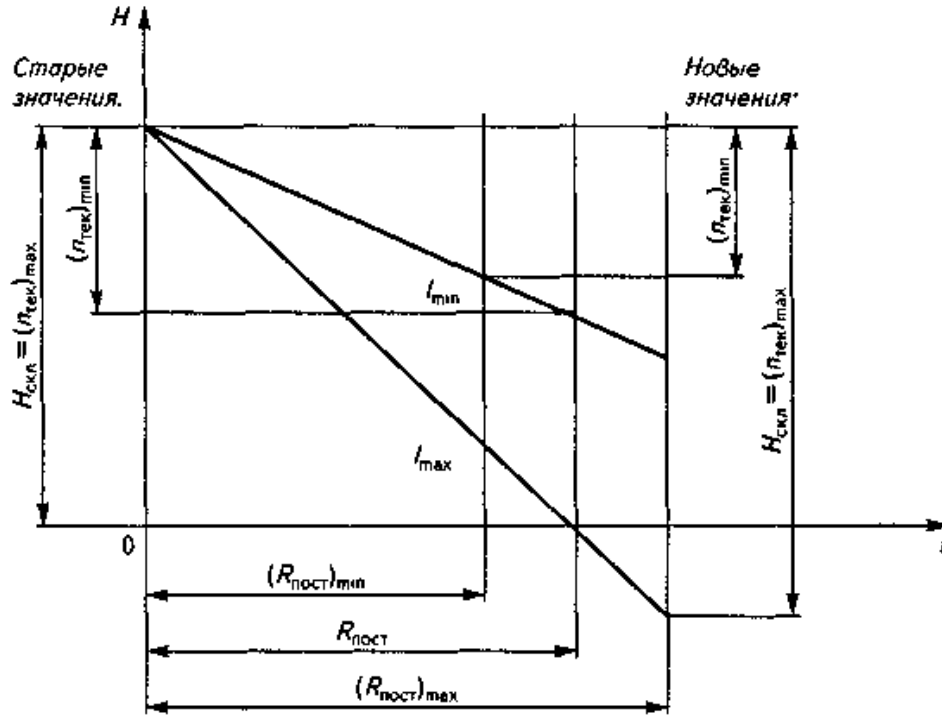


Рис 18 5. Схема пересчета параметров управления запасами при колебаниях ритма поставки

Тогда в июне заказсоставит:

$$n_{\text{тек}} = (21 + 5) \times 35 - 185 = 725 \text{ шт.}$$

Пределы изменения величины партии поставки останутся прежними

$$432 \leq n_{\text{тек}} \leq 735 \text{ шт.}$$

18.4. КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Пусть, как и в предыдущих моделях, заданы I_{min} , I_{max} и $T_{\text{пост}}$, а партия и ритм поставки не зафиксированы. Тогда управление осуществляется комбинированным способом. При этом как и в первой модели, управляющим параметром является уровень (остаток) запаса на складе, а для управления используются резервный запас и точка заказа. Как и во второй модели, в момент заказа рассчитывается величина текущей партии поставки, обеспечивающая заполне-

ние склада емкостью $H_{\text{скл}}$. Значения $H_{\text{тз}}$ и $H_{\text{рез}}$ рассчитываются по известным формулам, а расчет $n_{\text{тек}}$ отличается от предложенного в предыдущей модели и выполняется по формуле:

$$n_{\text{тек}} = H_{\text{скл}} - H_{\text{тз}} + T_{\text{пост}} I_{\text{тек}} = H_{\text{скл}} - T_{\text{пост}} (I_{\text{max}} - I_{\text{тек}}).$$

Емкость склада здесь фиксируется на необходимом или имеющемся уровне. При этом под контролем менеджера при заключении договора должно находиться выполнение условия $\geq H_{\text{тз}}$ или $T_{\text{пост}} \leq H_{\text{скл}} / I_{\text{max}}$. В договоре с поставщиком могут быть указаны также ограничения на максимальный и минимальный размеры текущей партии. Если $(n_{\text{тек}})_{\text{max}} \geq H_{\text{скл}}$, то никаких изменений в управление это не вносит; если $(n_{\text{тек}})_{\text{max}} < H_{\text{скл}}$, то емкость склада иногда будет использоваться нерационально. При этом должно выполняться условие:

$$(n_{\text{тек}})_{\text{max}} \geq H_{\text{тз}} \text{ или } T_{\text{пост}} \leq (n_{\text{тек}})_{\text{max}} / I_{\text{max}},$$

$$T_{\text{пост}} \leq (H_{\text{скл}} - (n_{\text{тек}})_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}).$$

Графическая модель этого способа управления запасами представлена на рис. 18.6.

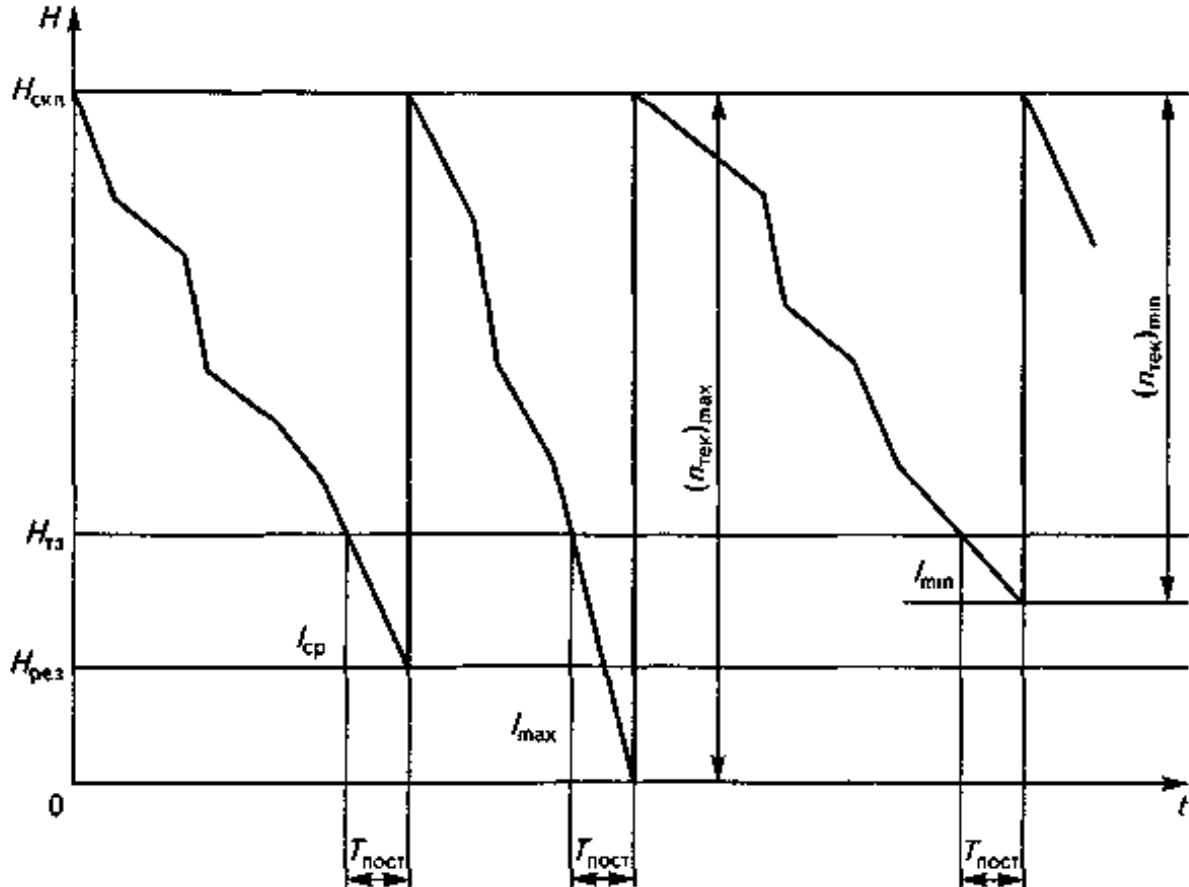


Рис. 18.6. Модель управления запасами (комбинированный способ)

Комбинированный способ управления запасами ввиду своей простоты, наглядности и минимального числа фиксируемых в договоре параметров наиболее распространен на практике. Однако здесь, также как и во второй модели управления, прогнозируется потребление ресурса на срок поставки (путем вве-

дения в расчет $n_{\text{тек}}$ величины $I_{\text{тек}}$) и также могут возникнуть нежелательные следствия неправильного прогноза. Но модификация этой модели в отличие от предыдущей невозможна и попытки ее выполнить вряд ли целесообразны. Действительно, если фактическое потребление на интервале $T_{\text{пост}}$ отлично от прогнозируемого, то при поступлении очередной партии склад окажется либо незаполненным, либо произойдет его переполнение. Первая ситуация не опасна, если $n_{\text{тек}} \geq H_{\text{тз}}$. Вторая — нежелательна, однако в большинстве случаев не приводит к потерям. Модифицировать же модель по аналогии с предыдущей, заказывая партию каждый раз с расчетом на минимальное потребление ресурса для исключения переполнения им склада, означало бы вернуться к размеру партии, фиксированному на уровне $n_{\text{тек}} = H_{\text{скл}} - H_{\text{тз}} + T_{\text{пост}} I_{\text{мин}}$, т. е. к первой модели управления запасами.

Пример 18.3

Интенсивность потребления сырья со склада предприятия изменяется в интервале от 8 до 13 т в день. По условиям поставщика партия поставки сырья может отклоняться от технологически оптимальных для него 206 т лишь на $\pm 10\%$. Емкость склада предприятия не лимитирует поставки. Требуется определить максимально возможный, допустимый при заданных условиях срок поставки сырья (в днях), необходимую емкость склада, точку заказа и величину текущей партии поставки, если интенсивность потребления сырья прогнозируется на ближайшие дни на уровне 11 т в день.

Решение

Определим границы изменения величины партии поставки:

$$(n_{\text{тек}})_{\text{мин}} = 206 \times (1 - 0,1) \approx 185 \text{ т}; \quad (n_{\text{тек}})_{\text{мак}} = 206 \times (1 + 0,1) \approx 227 \text{ т}.$$

Отсюда определяется предельная емкость склада:

$$H_{\text{скл}} = (n_{\text{тек}})_{\text{мак}} = 227 \text{ т}.$$

Срок поставки рассчитаем из ограничения на нижнюю границу партии поставки, учитывая, что это должно быть целое число:

$$T_{\text{пост}} = [(227 - 185)/(13 - 8)] = [8,4] = 8 \text{ дн.},$$

где [] - целая часть числа. Тогда

$$H_{\text{тз}} = 8 \times 13 = 104 \text{ т}.$$

Проверим параметры управления для срока поставки, подвергнутого округлению:

$$(n_{\text{тек}})_{\text{мин}} = 227 - 8 \times (13 - 8) = 187 \text{ т},$$

что выше нижней границы - 185 т, т. е. допустимо. Рассчитаем размер текущей партии:

$$n_{\text{тек}} = 227 - 8 \times (13 - 11) = 211 \text{ т}.$$

18.5. ОСОБЕННОСТИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Стохастические, или вероятностные, модели позволяют наиболее точно описать ситуации, с которыми приходится сталкиваться на практике, а значит - найти более точные решения возникающих задач. Они базируются на рассмотренных ранее трех подходах к управлению запасами, но предполагают использование более сложного математического аппарата. Кроме того, меняется один

из важнейших принципов, заложенных в основу формирования моделей: если в детерминированных моделях дефицит ресурса на складе был полностью исключен, то в стохастических — его возникновение допускается с некоторой вероятностью. Вводится новый параметр управления: R_0 — вероятность бездефицитной работы. Очевидно, что чем больше средств вложено в создание резервного запаса на складе, тем ближе его значение к единице, т. е. тем меньше вероятность возникновения дефицита — $(1 - R_0)$, и наоборот. Во всех трех типах стохастических моделей интенсивность потребления ресурса со склада рассматривается как величина случайная, закон распределения которой, как правило, неизвестен. (Для упрощения иногда можно считать, что это нормальный закон.) Это основное отличие такой постановки задачи управления запасами от рассмотренных ранее случаев. Учитывая то, что стохастическая постановка не меняет сути трех подходов к управлению запасами, в дальнейшем изложении обратим основное внимание на новизну математического аппарата моделей.

18.6. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННОЙ ПАРТИЕЙ ПОСТАВКИ (СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД)

Пусть интенсивность потребления ресурса — величина случайная, распределенная нормально с параметрами M_I и σ_I , где M_I — математическое ожидание (среднее значение) и σ_I — среднеквадратичное отклонение случайной величины. Договором с поставщиком зафиксированы срок поставки $T_{\text{пост}}$ и партия поставки $n_{\text{пост}}$, причем размер партии может быть оптимизирован с помощью модели EOQ. Пусть менеджером склада установлен основной для первого способа параметр управления $H_{\text{тз}}$. Тогда неизбежно возникает вопрос: с какой вероятностью на складе не возникнет дефицита ресурса. В уже принятых обозначениях требуется найти значения P_0 . Отправной точкой для дальнейших рассуждений является известная из теории вероятностей формула нахождения нормированного отклонения случайной величины от среднего:

$$\xi(P_0) = (H_{\text{тз}} - M_I^*) / \sigma_I^*$$

где M_I^* — ожидаемое потребление ресурса за время исполнения заказа ($T_{\text{пост}}$);
 σ_I^* — среднеквадратичное отклонение этой случайной величины;
 P_0 — вероятность того, что эта случайная величина примет любое значение, не превышающее $H_{\text{тз}}$;
 $\xi(P_0)$ — нормированное отклонение, или квантиль, величина которого для заданного значения вероятности отыскивается по таблицам интегральной или накопленной вероятности.

Из правила суммирования независимых случайных величин следует:

$$M_I^* = T_{\text{пост}} M_I;$$

$$(\sigma_I^*)^2 = T_{\text{пост}} \sigma_I^2; \Rightarrow \sigma_I^* = \sigma_I \sqrt{T_{\text{пост}}},$$

а из центральной предельной теоремы теории вероятностей следует, что при достаточно большом числе членов этой суммы результирующая случайная величина всегда распределена нормально независимо от законов, по которым бы-

ли распределены слагаемые. Выполнив необходимые расчеты и получив значение квантиля, по таблице следует найти соответствующую ему величину P_0 . Это вероятность того, что к моменту получения очередной партии склад не окажется пустым. В зарубежной литературе этот параметр получил название «вероятность покрытия спроса». Для полноты картины можно определить вероятность того, что запас не будет исчерпан уже за день до поставки, или значение P_1 . Для получения результата выполним следующую последовательность действий:

$$\xi(P_1) = \{H_{\text{ТЗ}} - (T_{\text{пост}} - 1) M_I\} / \sigma_I \sqrt{T_{\text{пост}} - 1} \Rightarrow P_1.$$

Этот и подобные расчеты, выполненные для других сроков, могут пригодиться при установлении оптимального уровня резервного запаса. Отметим, что возникновение дефицита на складе задень, за два, за три дня до поставки — зависимые случайные величины, поэтому P_1 — это часть P_0 , P_2 — часть P_1 и т. д. Значит, для расчета $H_{\text{ТЗ}}$ достаточно знать только P_0 , и наоборот. Если полученное значение P_0 не устраивает менеджера склада, можно решить обратную задачу: по заданной им вероятности бездефицитной работы найти точку заказа. В этом случае ход решения таков:

$$P_0 \Rightarrow \xi(P_0) \Rightarrow H_{\text{ТЗ}} = M_I^* + \xi(P_0) \sigma_I^* = T_{\text{пост}} M_I + \xi(P_0) \sigma_I \sqrt{T_{\text{пост}}}.$$

Отсюда видно, что величина $\xi(P_0) = \sigma_I \sqrt{E_{\text{пост}}}$ представляет собой резервный запас, обеспечивающий с вероятностью P_0 бездефицитность работы склада. Очень важна задача нахождения его оптимального уровня. Существующие методы основаны на том, что с ростом P_0 увеличиваются затраты на создание и содержание резервного запаса ресурса, но снижаются потери ввиду его дефицита. Сложность практического применения этих методов состоит в том, как оценивать потери от дефицита ресурса и затраты на резервирование. Разные подходы к такой оценке формируют разные алгоритмы решения задачи оптимизации.

Положим, точка заказа установлена, а у менеджера склада возник другой вопрос: поместится ли на складе емкостью H очередная поступающая партия ресурса? Переполнения склада не произойдет с вероятностью P_c , если за срок поставки будет потреблено ресурса более чем $H_{\text{ТЗ}} + n_{\text{пост}} - H_{\text{скл}}$ (см. рис. 18.6). По аналогии с предыдущими рассуждениями запишем:

$$\xi(P) = (H_{\text{ТЗ}} + n_{\text{пост}} - H_{\text{скл}} - M_I^*) / \sigma_I^*,$$

где P — вероятность того, что потребление ресурса за время $T_{\text{пост}}$ не превысит указанной величины. Искомая вероятность является дополнением к найденной, т. е. $P_c = 1 - P$. Тогда окончательно формула примет вид:

$$\xi(1 - P_c) = (H_{\text{ТЗ}} + n_{\text{пост}} - H_{\text{скл}} - T_{\text{пост}} M_I) / \sigma_I \sqrt{T_{\text{пост}}}.$$

Для решения обратной задачи следует выполнить следующие действия:

$$\begin{aligned} P_c &\Rightarrow 1 - P_c \Rightarrow \xi(1 - P_c) \Rightarrow H_{\text{скл}} = \\ &= H_{\text{ТЗ}} + n_{\text{пост}} - T_{\text{пост}} M_I - \xi(1 - P_c) \sigma_I \sqrt{T_{\text{пост}}}. \end{aligned}$$

В заключение можно задаться третьим вопросом: что случится, если срок

поставки будет постоянно нарушаться и в конце концов также окажется случайной величиной, распределенной нормально с параметрами M_T и σ_T .

В этом случае вместо значения $T_{\text{пост}}$ в расчетах используется M_T , а значение σ^*_I определяется из соотношения:

$$(\sigma_I^*)^2 = M_T \sigma_I^2 + M_I^2 \sigma_T^2.$$

Из анализа приведенной модели можно сделать следующий вывод. Вероятность бездефицитной работы склада определяет только точку заказа и величину резервного запаса. Следовательно, уменьшать партию поставки, а с ней и емкость склада можно, не снижая уровня надежности склада. Это свойство используется при расчете оптимальной партии поставки с помощью модели EOQ.

Пример 18.4

Детали изготавливаются в механическом цехе партиями по 160 шт. и поступают в соответствующий операционный накопитель сборочного конвейера. Время изготовления и доставки партии - 4,5 ч. Интенсивность потребления деталей на сборке - величина случайная, распределенная нормально с параметрами $M_I = 22,1$ шт./ч, $\sigma_I = 3,7$ шт./ч. Требуется установить точку заказа и величину резервного запаса таким образом, чтобы вероятность остановки конвейера из-за отсутствия в данном накопителе деталей составляла 1 %. Определить, с какой вероятностью может произойти переполнение накопителя, если его емкость 190 деталей. Если эта вероятность больше допустимых 3%, то следует указать необходимое увеличение его емкости. Как изменится решение задачи, если срок поставки окажется случайной величиной, нормально распределенной с параметрами $M_T = 4,5$ ч, $\sigma_T = 0,6$ ч?

Решение

Для расчета точки заказа надо знать вероятность бездефицитной работы операционного накопителя, которая является дополнением к заданной вероятности возникновения простоя, т. е.

$$P_0 = 1 - 0,01 = 0,99.$$

Далее по таблице отыскивается квантиль, соответствующий этой вероятности. Обычно, используя свойство симметрии функции накопленной вероятности, в справочниках приводят лишь половину таблицы значений этой функции. Для поиска квантиля нужно знать, что в таблице тогда указывается отклонение вероятности от 0,5, и если это отклонение в большую сторону, то найденный квантиль имеет положительное значение, а если в меньшую, то отрицательное. Рассчитав соответствующий квантиль, находим точку заказа и норму резервного заноса:

$$\xi(0,99) = \xi(0,5 + 0,49) = 0 + \xi(0,49) = +2,33;$$

$$H_{тз} = 4,5 \times 22,1 + 2,33 \times 3,7 \sqrt{4,5} = 117,74 \approx 118 \text{ шт.};$$

$$H_{рез} = 2,33 \times 3,7 \sqrt{4,5} = 18,29 \approx 19 \text{ шт.}$$

Для определения вероятности переполнения накопителя сначала рассчитывается соответствующий квантиль:

$$\begin{aligned} \xi(P) &= (118 + 160 - 190 - 22,1 \times 4,5) / (3,7 \sqrt{4,5}) = -1,46; \Rightarrow \\ &\Rightarrow P = 0,5 - 0,427 = 0,073. \end{aligned}$$

Найденное значение (7,3%) превышает допустимое (3%), значит, необходимо найти новую емкость накопителя:

$$\xi(0,03) = \xi(0,5 - 0,47) = 0 - \xi(0,47) = -1,88;$$

$$H_{скл} = 118 + 160 - 22,1 \times 4,5 + 1,88 \times 3,7 \sqrt{4,5} = 193,3 \approx 194 \text{ шт.}$$

Если срок поставки величина случайная, пересчитывается значение σ_I^* :

$$\sigma_I^* = \sqrt{4,5 \times 3,7^2 + 22,1^2 \times 0,6^2} = 15,41,$$

а затем с этим новым значением выполняются все остальные расчеты:

$$H_{ТЗ} = 4,5 \times 22,1 + 2,33 \times 15,41 = 135,35 \approx 136 \text{ шт.};$$

$$\xi(P) = (136 + 160 - 190 - 22,1 \times 4,5) / 15,41 = +0,425; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 0,5 + 0,164 = 0,664;$$

$$N_{скл} = 136 + 160 - 22,1 \times 4,5 + 1,88 \times 15,41 = 225,5 \approx 226 \text{ шт.}$$

18.7. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННЫМ РИТМОМ ПОСТАВКИ (СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД)

Пусть, как и в предыдущей модели, интенсивность потребления ресурса — величина случайная, распределенная нормально с параметрами M_I и σ_I . Договором с поставщиком установлены срок и ритм поставки $T_{пост}$ и $R_{пост}$. Требуется определить емкость склада, исходя из двух условий:

1) с вероятностью P_0 должна обеспечиваться бездефицитность его работы;

2) с вероятностью P_c должно быть исключено его переполнение. Как было показано в разделе 18. 6, бездефицитность работы

склада обеспечивается на интервале $(T_{пост} + R_{пост})$, причем за это время должно быть потреблено ресурса не бол ее чем $N_{скл}^*$ (см. рис. 18.4). Здесь потребление ресурса - величина случайная, распределенная нормально с параметрами M_I^{**} и σ_I^{**} , где

$$M_I^{**} = M_I(T_{пост} + R_{пост}),$$

$$(\sigma_I^{**})^2 = \sigma_I^2(T_{пост} + R_{пост}) \Rightarrow \sigma_I^{**} = \sigma_I \sqrt{T_{пост} + R_{пост}}.$$

Формула расчета квантиля, соответствующего вероятности P_0 , в этом случае имеет вид:

$$\xi(P_0) = (N_{скл}^* - M_I^{**}) / \sigma_I^{**}.$$

Тогда при известном значении P_0 можно найти условный максимальный запас $N_{скл}^*$, выполнив следующие действия:

$$P_0 \Rightarrow \xi(P_0) \Rightarrow N_{скл}^* = M_I^{**} + \xi(P_0) \sigma_I^{**} =$$

$$= M_I(T_{пост} + R_{пост}) + \xi(P_0) \sigma_I \sqrt{T_{пост} + R_{пост}}.$$

Реальная емкость склада может быть меньше величины $N_{скл}^*$ на то количество ресурса, которое будет потреблено за срок поставки. Это тоже случайная величина, распределенная нормально с параметрами M_I^* и σ_I^* . Для того чтобы не произошло переполнения склада, она должна принимать любые значения, не меньшие $N_{скл}^* - N_{скл}$ (см. рис. 18.4), т. е.

$$\xi(1 - P_c) = (N_{скл}^* - N_{скл} - M_I^*) / \sigma_I^*.$$

Тогда при известном значении P_c можно выразить $N_{скл}$ через $N_{скл}^*$:

$$P_c \Rightarrow 1 - P_c \Rightarrow \xi(1 - P_c) \Rightarrow H_{\text{скл}} = H_{\text{скл}}^* - M_I^* - \xi(1 - P_c)\sigma_I^*$$

Подставив в эту формулу выражение, выведенное ранее для расчета $H_{\text{скл}}^*$, получим:

$$\begin{aligned} H_{\text{скл}} &= M_I(T_{\text{пост}} + R_{\text{пост}}) + \xi(P_0)\sigma_I\sqrt{T_{\text{пост}} + R_{\text{пост}}} - M_I T_{\text{пост}} - \\ &\quad - \xi(1 - P_c)\sigma_I\sqrt{T_{\text{пост}}} = M_I R_{\text{пост}} + \\ &\quad + \sigma_I\sqrt{T_{\text{пост}}} [\xi(P_0)\sqrt{1 + R_{\text{пост}}/T_{\text{пост}}} - \xi(1 - P_c)]. \end{aligned}$$

Таким образом, емкость склада зависит одновременно от значений обоих параметров P_0 и P_c . При задании емкости склада решается обратная задача, т. е. рассчитывается вероятность его бездефицитного функционирования или вероятность его непереполнения:

$$\xi(P_0)\sqrt{1 + R_{\text{пост}}/T_{\text{пост}}} - \xi(1 - P_c) = (H_{\text{скл}} - M_I R_{\text{пост}})/\sigma_I\sqrt{T_{\text{пост}}}.$$

Очевидно, что одна из этих вероятностей должна быть задана, иначе обратная задача окажется неопределенной. При ее решении должно также соблюдаться условие $(H_{\text{скл}} - M_I R_{\text{пост}}) > 0$. Зная значение $H_{\text{скл}}^*$, можно найти величину текущей партии поставки ресурса на склад:

$$n_{\text{тек}} = H_{\text{скл}}^* - H_{\text{тек}}.$$

Теоретически размер партии может достигать значения $H_{\text{скл}}^*$, практически же на него накладывается ограничение $H_{\text{скл}} \geq n_{\text{тек}}$, нарушение которого ведет к несостоятельности приведенных выше выкладок. Может быть также задана нижняя граница изменения названной величины - $(n_{\text{тек}})_{\text{мин}}$. В этом случае определяется вероятность $P_{\text{п}}$ того, что размер текущей партии не выйдет за нее. Известно, что заказывается для очередной поставки столько ресурса, сколько его потребляется за время $R_{\text{пост}}$ относительно уровня $H_{\text{скл}}^*$ (см. рис. 18.4). Тогда

$$\xi(1 - P_{\text{п}}) = ((n_{\text{тек}})_{\text{мин}} - M_I R_{\text{пост}})/\sigma_I\sqrt{T_{\text{пост}}} \Rightarrow 1 - P_{\text{п}} \Rightarrow P_{\text{п}}.$$

На основании записанной формулы может быть решена и обратная задача.

Пример 18.5

Фирма завозит из-за границы товары для животных и реализует их в розничной сети на северо-западе России. Известен спрос на эти товары, в частности, спрос на корм для кошек составляет в среднем 624 кг в неделю (в ассортименте). Осуществляется еженедельный заказ товара у поставщиков, средний срок поставки — 2,4 нед., минимальная партия поставки корма - 400 кг, причем заказ должен быть округлен до десятков килограммов. Считается, что величина недельного спроса и срок поставки - это нормально распределенные случайные величины. Известны их среднеквадратичные отклонения: 182 кг/нед. и 0,6 нед. соответственно. В момент заказа зафиксирован остаток на складе — 212 кг, а до получения заказываемой партии ожидается поставка двух заказанных ранее партий размером 450 и 810 кг.

Требуется рассчитать емкость склада, необходимую для хранения кошачьего корма, при условии, что вероятность отсутствия его в продаже может составлять не более 5%, а переполнение склада допускается с вероятностью 30%. Определить размер заказа, который должен быть сделан сегодня, найти величины резервного и среднего запасов корма на складе, а также средний срок реализации поступившей партии. Рассчитать вероятность того, что партия поставки окажется не меньше минимальной договорной величины.

Решение

Найдем решение сначала для фиксированного срока поставки корма $T_{\text{пост}} = 2,4$ нед. Ожидаемый расход корма за срок $(T_{\text{пост}} + R_{\text{пост}})$ - случайная величина с параметрами:

$$M_I^{**} = 624 \times (2,4 + 1) = 2121,6 \text{ кг/нед.};$$

$$\sigma_I^{**} = 182 \sqrt{2,4 + 1} = 335,6 \text{ кг/нед.}$$

При допустимой вероятности дефицита корма 5%

$$P_0 = 1 - 0,05 = 0,95 \Rightarrow \xi(0,95) = \xi(0,5 + 0,45) = +1,645.$$

Тогда может быть найден условный максимальный запас кошачьего корма на складе:

$$H_{\text{скл}}^* = 2121,6 + 1,645 \times 335,6 = 2673,6 \text{ кг.}$$

Емкость склада определим исходя из допустимой вероятности его переполнения 30%:

$$1 - P_c = 0,3 \Rightarrow \xi(0,3) = \xi(0,5 - 0,2) = -0,525,$$

и с учетом того, что ожидаемый расход корма и среднее квадратичное отклонение его за срок поставки составят:

$$M_I^* = 624 \times 2,4 = 1497,6 \text{ кг/нед.};$$

$$\sigma_I^* = 182 \sqrt{2,4} = 281,9 \text{ кг/нед.};$$

$$H_{\text{скл}} = 2673,6 - 1497,6 + 0,525 \times 281,9 = 1324,0 \text{ кг.}$$

Проверим полученный результат, повторив расчет по сводной формуле:

$$H_{\text{скл}} = 624 \times 1 + 182 \sqrt{2,4} (1,645 \sqrt{1 + 1/2,4} + 0,525) = 1324,1 \text{ кг.}$$

Как видим, ответы практически совпали. Расчет заказываемой партии в данной ситуации будет немного отличаться от расчета по алгоритму, предложенному выше, так как он должен учитывать предстоящее получение двух заказанных ранее партий:

$$n_{\text{тек}} = 2673,6 - 212 - 450 - 810 = 1201,6 \text{ кг.}$$

Принимая во внимание необходимость округления полученной цифры и практическую нелимитированность емкости склада, установим $n_{\text{тек}} = 1210$ кг. Отметим, что $n_{\text{тек}} < H_{\text{скл}}$, значит, выполненные расчеты состоятельны. Далее определим вероятность того, что любая заказываемая в процессе управления запасом партия окажется не меньше 400 кг:

$$\xi(1 - P_n) = (400 - 624 \times 1) / 182 \sqrt{1} = -1,23; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 - P_n = 0,5 - 0,391 = 0,109 \Rightarrow P_n = 0,891.$$

Резерв, средний запас и средний срок реализации партии определяются исходя из среднего спроса на товар:

$$H_{\text{рез}} = H_{\text{скл}}^* - M_I(T_{\text{пост}} + R_{\text{пост}}) = 2673,6 - 2121,6 = 552,0 \text{ кг};$$

$$H_{\text{ср}} = H_{\text{рез}} + M_I R_{\text{пост}} / 2 = 552 + 624 / 2 = 864 \text{ кг};$$

$$T_p = H_{\text{скл}}^* / M_I - T_{\text{пост}} = (2673,6 / 624) - 2,4 = 1,9 \text{ нед.}$$

Завершая решение задачи, проанализируем, как влияет на полученные результаты случайный характер срока поставки. Ранее был показан механизм учета такого влияния. Есть только одно отличие, отражающее принципиальную разницу между моделями с фиксированной партией и фиксированным ритмом поставки. Оно заключается в том, что резервирование запаса в первом случае производится на сроке поставки $T_{\text{пост}}$, а во втором - на интервале $(T_{\text{пост}} + R_{\text{пост}})$. В таком случае для разрешения наших проблем пересчитаем значение σ_I^{**} :

$$\begin{aligned} \sigma_I^{**} &= \sqrt{M_I^2 \sigma_T^2 + (M_T + R) \sigma_I^2} = \\ &= \sqrt{624^2 \times 0,6^2 + (2,4 + 1) \times 182^2} = 502,79 \text{ кг/нед.}, \end{aligned}$$

а в качестве срока поставки будем использовать его математическое ожидание M_T . В приведенной выше формуле σ_T - среднее квадратичное отклонение срока поставки. Рассчитаем с учетом этого новое значение $H_{\text{скл}}^*$:

$$H_{\text{скл}}^* = 2121,6 + 1,645 \times 502,79 = 2948,69 \text{ кг.}$$

Напомним, что ранее было получено значение 2673,6 кг. Очевидно, что случайный характер срока поставки оказывает существенное влияние на процесс управления запасом. Выполним пересчет параметров управления с учетом того, что ожидаемый расход корма и среднеквадратичное отклонение его при случайном сроке поставки составят:

$$M_I^* = 624 \times 2,4 = 1497,6 \text{ кг/нед.};$$

$$\sigma_I^* = \sqrt{182^2 \times 2,4 + 624^2 \times 0,6^2} = 468,69 \text{ кг/нед.};$$

$$H_{\text{скл}} = 2948,69 - 1497,6 + 0,525 \times 468,69 = 1697,2 \text{ кг};$$

$$n_{\text{тек}} = 2948,69 - 212 - 450 - 810 = 1476,69 \approx 1480 \text{ кг};$$

$$H_{\text{рез}} = 2948,69 - 2121,6 = 827,1 \text{ кг};$$

$$H_{\text{ср}} = H_{\text{рез}} + M_I R_{\text{пост}} / 2 = 827,1 + 624 / 2 = 1139,1 \text{ кг};$$

$$T_p = H_{\text{скл}}^* / M_I - T_{\text{пост}} = (2948,69 / 624) - 2,4 = 2,3 \text{ нед.}$$

18.8. КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ (СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД)

Комбинированная модель и в стохастической постановке сочетает черты двух других моделей управления запасами. Резервирование бездефицитной работы, как и в первой модели, осуществляется на интервале $T_{\text{пост}}$; значения $H_{\text{тз}}$ и $H_{\text{рез}}$ рассчитываются по соответствующим формулам. Но в отличие от этой модели размер партии поставки меняется в зависимости от ожидаемой интенсивности потребления ресурса на интервале $T_{\text{пост}}$. Предполагая, что емкость склада фиксирована на уровне $H_{\text{скл}}$ и его переполнение исключено с вероятностью P_c , найдем величину текущей партии поставки.

Случайная величина - потребление ресурса на интервале $T_{\text{пост}}$ — для исключения переполнения склада должна принимать любые значения, превышающие $G_{\text{тз}} + n_{\text{тек}} = H_{\text{скл}}$. Тогда

$$\xi(1 - P_c) = (H_{\text{тз}} + n_{\text{тек}} - H_{\text{скл}} - T_{\text{пост}} M_I) / \sigma_I \sqrt{T_{\text{пост}}}.$$

Отсюда

$$n_{\text{тек}} = H_{\text{скл}} - H_{\text{тз}} + T_{\text{пост}} M_I + \sigma_I \sqrt{T_{\text{пост}}} \xi(1 - P_c).$$

Как отмечалось в разделе 18.3, эта модель близка модели с фиксированной партией поставки. Это подтверждает и приведенная выше формула расчета $n_{\text{тек}}$. Из нее видно, что величина текущей партии поставки меняется только при изменении параметров распределения случайной величины — интенсивности потребления ресурса со склада (M_I , σ_I), условий договора с поставщиком ($T_{\text{пост}}$), параметров управления запасом ($H_{\text{скл}}$, P_c , P_0), т. е. достаточно редко. В то же время значение $n_{\text{тек}}$ не оптимизируется с помощью модели ЕОQ, что резко снижает практическую значимость этого способа управления запасами.

Пример 18.6

Управление запасом на складе осуществляется комбинированным способом. Известна емкость склада — 64 000 единиц ресурса. Интенсивность

потребления ресурса со склада — величина случайная, распределенная нормально с параметрами $M_1 = 2809$ ед./дн., $\sigma_1 = 182$ ед./дн. Срок исполнения заказа - 5 дней. Требуется определить точку заказа и величину резервного запаса на складе так, чтобы вероятность возникновения дефицита составляла 12%; определить текущую партию поставки, допуская переполнение склада с вероятностью 5, 10 и 30%.

Решение

Найдем вероятность бездефицитной работы как дополнение к заданной вероятности возникновения дефицита: $P_0 = 1 - 0,12 = 0,88$. Затем по таблицам отыщем $\xi(0,88) = \xi(0,5 + 0,38) = +1,175$. Тогда

$$N_{\text{тз}} = 5 \times 2809 + 182 \times 1,175 \sqrt{5} = 14\,523,2 \text{ ед.};$$

$$N_{\text{рез}} = 14\,523,2 - 5 \times 2809 = 478,2 \text{ ед.}$$

Из результатов расчета видим, что низкий уровень сервиса определил очень низкий уровень резервного запаса. Рассчитаем значения партии поставки, учитывая, что заданы дополнения к вероятностям непереполнения склада:

$$\xi(1 - P_c) = \xi(0,05) = \xi(0,5 - 0,45) = -1,645; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n_{\text{тек}} = 64\,000 - 14\,523,2 + 5 \times 2809 - 182 \times \sqrt{5} \times 1,645 = 62\,852,3 \text{ ед.};$$

$$\xi(1 - P_c) = \xi(0,1) = \xi(0,5 - 0,4) = -1,28; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n_{\text{тек}} = 64\,000 - 14\,523,2 + 5 \times 2809 - 182 \times \sqrt{5} \times 1,280 = 63\,000,9 \text{ ед.};$$

$$\xi(1 - P_c) = \xi(0,3) = \xi(0,5 - 0,2) = -0,525; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n_{\text{тек}} = 64\,000 - 14\,523,2 + 5 \times 2809 - 182 \times \sqrt{5} \times 0,525 = 63\,308,1 \text{ ед.}$$

Очевидно, что величина партии должна возрастать с ростом вероятности переполнения склада. Расчеты полностью подтверждают это.

18.9. МНОГОПРОДУКТОВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

В предыдущих разделах было сделано предположение, что каждый хранящийся на складе ресурс не зависит от остальных и хранится (расходуется) самостоятельно, а пополнение запасов всех ресурсов также выполняется независимо, в том числе в случае их изготовления на предприятии, располагающем для этого необходимыми производственными мощностями. Эти допущения действительно справедливы, если не налагаются ограничения на размер капитала, вложенного в запасы, на емкость складских помещений, а также на производственную мощность предприятия и грузоподъемность транспортных средств, используемых для доставки ресурсов на склад. Однако во многих случаях эти допущения не выполняются, вследствие чего представляет интерес рассмотрение экономико-математической модели совместного управления запасами многих ресурсов.

Предположим, что перед предприятием возникла проблема хранения $m(i = \overline{1, m})$ видов ресурсов так, чтобы общая стоимость запасов не превышала величины инвестируемого в них капитала K . Если бы ограничение на размер капитала не налагалось, то общая стоимость запасов составила бы:

$$K_1 = k \sum_{i=1}^m \tilde{n}_i n_i,$$

где i — индекс ресурса;

n — размер партии поставки;

k — нормировочный множитель. Этот множитель введен для учета того факта, что запасы отдельных ресурсов могут поступать (и в действительности поступают) неодновременно, и может принимать значения от нуля до единицы. Если запасы всех ресурсов пополняются одновременно, то в это время размер капитала оказывается максимальным, т. е. $k=1$.

Полагая $k = 1/2$, допускаем, что запасы пополняются в разное время и что сумма вложенного капитала в среднем равна половине максимальной суммы. Если $K_1 \leq K$, то для определения размера партии можно воспользоваться формулой Уилсона, если же $K_1 > K$, то необходимо изменить размеры партий так, чтобы выполнялось ограничение, налагаемое на величину капитала. Таким образом, имеем условие:

$$K \geq K_1 = k \sum_{i=1}^m \tilde{n}_i n_i,$$

или

$$K - k \sum_{i=1}^m \tilde{n}_i n_i \geq 0.$$

Определим величину λ , следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \lambda < 0, \text{ если } K - k \sum_{i=1}^m \tilde{n}_i n_i = 0; \\ \lambda = 0, \text{ если } K - k \sum_{i=1}^m \tilde{n}_i n_i > 0. \end{aligned} \right\} \quad (18.1)$$

Тогда выражение для общих переменных издержек C примет вид:

$$C = \sum_{i=1}^m \left(\frac{D_i S_i}{n_i} + \frac{c_i n_i}{2} \right) + \lambda \left(K - k \sum_{i=1}^m c_i n_i \right),$$

где c_i — коэффициент, показывающий соотношение затрат на хранение единицы ресурса и его цены;

λ — неопределенный множитель Лагранжа;

D_i — общая потребность в i -ресурсе;

S_i — затраты, связанные с приобретением i -го ресурса.

Чтобы минимизировать общие издержки, продифференцируем это выражение и приравняем производную нулю. Получим решение в виде:

$$n_i^* = \sqrt{\frac{2S_i D_i}{(i - 2k\lambda)c_i}}.$$

При $k = 1/2$ имеем:

$$n_i^* = \sqrt{\frac{2S_i D_i}{(i - \lambda)c_i}}.$$

Отметим, что согласно (18.1) величина λ должна быть отрицательной или равной нулю. Таким образом, вследствие ограничения, налагаемого на размер капитала, издержки хранения запасов ic увеличиваются до величины $s(i - \lambda) > ic$, что и следовало ожидать. Если капитала недостаточно, то приведенная процентная ставка окажется выше, чем в том случае, когда фирма обладает достаточным капиталом. Величина λ зависит от степени ограничения капитала. Последовательно задавая значения λ , находим такое, при котором общая сумма капитала, вложенного в запасы, составляет величину K . Можно показать, что в случае, когда ограничения на размер вложенного в запасы капитала не накладываются, издержки хранения одного ресурса C_i составят:

$$C_i = \sqrt{2S_i c_i D_i}; \quad i = 1, m,$$

а издержки хранения m ресурсов будут:

$$C = \sum_{i=1}^m \sqrt{2S_i c_i D_i}.$$

Для случая, когда капитал ограничен, издержки хранения запасов равны:

$$C' = \sum_{i=1}^m \sqrt{2S_i c_i D_i (i - 2k\lambda)}.$$

Пример 18.7

Фирма приобретает три вида материалов, исходные данные и расчетные параметры которых представлены в табл. 18.1. Располагаемый капитал при $k = V_2$ составляет 3600 тыс. руб. Отношение годовых затрат на хранение к цене материала $/ = 0,20$. Требуется определить оптимальный размер заказа при отсутствии и при наличии ограничений на капитал.

Решение

Рассчитаем оптимальный размер заказа при отсутствии ограничений на капитал по формуле Уилсона, а среднюю стоимость заказа A_0 по формуле: $A_0 = sp$. Результаты расчета сведены в табл. 18.1. Условие $k = 1/2$ целесообразно применять в случае крупных запасов при оживленном спросе с небольшими сезонными колебаниями, так как здесь ожидаются незначительные колебания общего среднего уровня запасов. Если по статистике часто наблюдается одновременная подача заказов на все материалы, то необходимо брать большее значение k .

Таблица 18.1

Параметры	Наименование материалов		
	1	2	3
Годовой спрос, ед.	12000	25000	6000
Стоимость единицы материала, тыс. руб /ед	3,00	2,00	6,00
Издержки выполнения заказа, тыс. руб	20,00	20,00	20,00
Размер партии поставки при отсутствии ограничения на капитал, ед	890	1580	445
Средняя стоимость заказа, тыс руб.	2670	3160	2670

Зная среднюю стоимость заказываемой партии, можно вычислить среднюю стоимость запасов, как полусумму стоимостей заказываемых партий. Ее величина составит 4250 тыс. руб., что превышает установленный предел, равный 3600 тыс. руб. Теперь можно рассмотреть среднюю стоимость запасов, как функцию различных отрицательных значений λ . Эти результаты сведены в табл. 18.2. Из таблицы видно, что при $\lambda = -0,08$ получаем верхний пре-

дел стоимости запасов за счет уменьшения размера заказа. При этом значении происходит увеличение издержек управления запасами, что эквивалентно появлению дополнительных издержек вследствие ограниченного размера наличного капитала.

Таблица 18.2

λ	$A_{01}/2$	$A_{02}/2$	$A_{03}/2$	$\sum_{i=1}^3 A_{0i}/2$
0,000	1335	1580	1335	4250
-0,060	1175	1390	1175	3740
-0,075	1140	1390	1140	3630
-0,080	1130	1340	1130	3600
-0,085	1120	1330	1120	3570

Примечание. Общие переменные издержки (минимальные) составляют 1730 тыс. руб. при $\lambda = -0,08$.

Переменные издержки составят без учета ограничений на капитал:

$$C = \sum_{i=1}^m \sqrt{2S_i c_i D_i} = 1730 \text{ тыс. руб.};$$

с учетом ограничения:

$$C = \sum_{i=1}^m \sqrt{2S_i c_i D_i (i - 2k\lambda)} = 1700 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, по причине ограниченного размера наличного капитала дополнительно расходуется 30 тыс. руб. ежегодно. Эти издержки возникают вследствие того, что размеры заказов становятся меньше, и поэтому заказы нужно подавать чаще. В результате дополнительные издержки выполнения заказов превосходят экономию за счет меньших издержек хранения.

18.10. МЕТОД РАСЧЕТА СТРАХОВЫХ ЗАПАСОВ

Для гарантированного исключения потерь, появляющихся в результате нарушения поставок или возникновения непредвиденного спроса, создаются страховые (резервные) заделы. Чем больше вероятность сбоев, тем больше должен быть размер страховых запасов. Однако хранение резерва сопряжено с определенными затратами. Для оптимизации размера страховых запасов необходимо учитывать эти противоположные тенденции. Рассмотрим один из возможных подходов, позволяющий разрешить эти противоречия.

Предположим, что пополнение запасов производится регулярно. Интервал между двумя последовательными поставками примем за единицу времени. Потребность в ресурсах в единицу времени будем считать случайной величиной, принимающей значения $\alpha + \beta$ и $\alpha - \beta$ с равной вероятностью 0,5. Очевидно, что α есть средняя потребность в ресурсах за единицу времени, а β — стандартное отклонение потребности за тот же период времени. Размер поставки считаем равным средней потребности α . Через r обозначим страховой запас. Принимаем $0 < r < \beta$ (ибо при $r \geq \beta$ дефицит отсутствует). Использование запасов в обоих случаях показано на рис. 18.7. Очевидно, что

$$t_0 = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}; \quad t_1 = \frac{\alpha + r}{\alpha + \beta}; \quad t_2 = \frac{\beta - r}{\alpha + \beta}. \quad (18.2)$$

Отметим, что издержки содержания текущих запасов во внимание не принимаются, ибо они не зависят от r . В случае, представленном на рис. 18.7, а, издержки содержания страховых запасов выражаются как

$$c' = c_1 r, \quad (18.3)$$

а в случае, представленном на рис. 18.7, б, эти затраты в интервале t_1 имеют вид:

$$c'' = c_1 \left[t_0 r + \frac{(t_1 - t_0)r}{2} \right], \quad (18.4)$$

где c_1 - издержки, связанные с содержанием единицы страхового запаса в единицу времени.

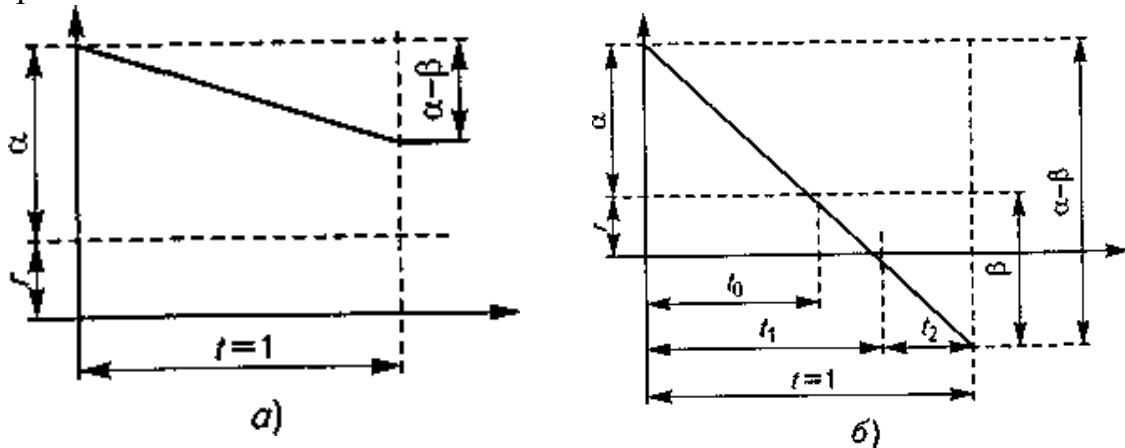


Рис. 18.7. Использование запаса:
а - при потребности $\alpha - \beta$, б - при потребности $\alpha + \beta$

Итак, издержки содержания страховых запасов представляют собой случайную величину, принимающую значения, которые рассчитываются по формулам (18.3) - (18.4), с равной вероятностью 0,5. Следовательно, среднее значение издержек хранения резервов с учетом формулы (18.2) составит:

$$C_1(r) = c_1 \frac{r^2 + 2(2\alpha + \beta)r}{4(\alpha + \beta)} \quad (18.5)$$

Потери от дефицита есть случайная величина, принимающая значение нуль (см. рис. 18.7, а) и $c'_1 t_2 (\beta - r)/2$ (см. рис. 18.7, б) также с вероятностью 0,5, где c'_1 - потери от дефицита, приходящиеся на единицу недостающих запасов в единицу времени. Таким образом, среднее значение потерь от дефицита с учетом формулы (18.2) равно:

$$c_2(r) = c'_1 \frac{(\beta - r)^2}{4(\alpha + \beta)}. \quad (18.6)$$

В качестве критерия принимаем среднее значение суммарных затрат:

$$c(r) = c_1(r) + c_2(r) \rightarrow \min.$$

Из выражений (18.5) и (18.6) имеем:

$$c(r) = \frac{(c_1 + c_1')r^2 + 2[2\alpha c_1 + \beta(c_1 - c_1')]r + c_1'\beta^2}{4(\alpha + \beta)}.$$

Для определения минимального значения этой функции находим ее производную и приравниваем ее нулю:

$$c'(r) = \frac{(c_1 + c_1')r + 2\alpha c_1 + (c_1 - c_1')\beta}{2(\alpha + \beta)} = 0,$$

откуда легко определить оптимальный страховой запас:

$$r^* = \frac{(c_1' - c_1)\beta - 2\alpha c_1}{c_1 + c_1'}.$$

Очевидно, что $r^* > 0$, когда выполняется неравенство:

$$\frac{c_1'}{c_1} > 1 + \frac{2\alpha}{\beta}.$$

В противном случае функция возрастает на всем интервале $(0, \beta)$ и, следовательно, $r^* = 0$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Назовите системы управления запасами и дайте их характеристику.
2. Постройте многопродуктовую модель управления запасами готовой продукции и дайте экономическую интерпретацию параметров модели.
3. определите издержки для одного воспроизводимого фактора, если заданы органичения на капитал.
4. Как вы относитесь к тезису: «Самый маленький склад – самый лучший»?
5. Какие показатели необходимо учитывать при расчете оптимального размера страхового запаса?
6. Ежедневный расход расточных резцов на предприятии находится в пределах от 60 до 80 шт., принимая на этом интервале с равной вероятностью любое значение. Инструментальный цех пополняет запас резцов ритмично. Требуется найти ритм поставки резцов, максимальную и минимальную партии поставки, резервный запас, если известно, что на складе может храниться одновременно не более 680 шт. рассчитать величину текущей партии поставки, если заказ делается за 2 дня до ее получения, когда на складе по данным учета осталось 230 резцов, а интенсивность их потребления ожидается на уровне 69 шт. в день.
7. Ежедневный расход электродов для электросварки со склада строительной фирмы находится в пределах 180 до 320 шт., изменяясь по равномерному закону. Поставщик пополняет запас электродов партиями по 2600 шт. Срок поставки – 6 дней. Требуется рассчитать точку заказа, резервный запас и максимальное число электродов, которое может одновременно находиться на складе.
8. Ежедневно магазин продает от 78 до 141 кг вареной колбасы. Емкость холодильника, где она хранится, - 960 кг, а минимальная партия поставки колбасы с завода – 600 кг в ассортименте. Требуется определить максимально допустимый для магазина при этих условиях срок поставки колбасы с мясоперерабатывающего комбината (в днях). Оценить возможность дозагрузки холодильников другой продукцией. Рассчитать точку заказа, резервный запас колбасы. Учесть, что срок реализации продукта не должен превышать 10 дней.
9. Определить емкость склада сырья на предприятии, оптимальный размер партии его

поставки, точку заказа, резервный запас, если по договору с поставщиком срок поставки очередной партии составляет 3 дня, а затраты на поставку - 400 руб. За год предприятие потребляет 90 000 т сырья, среднегодовые затраты на хранение 1 т на складе - 22 руб. Интенсивность потребления сырья — величина случайная, нормально распределенная с параметрами $M_1 = 500$ т/дн. и $\sigma_1 = 20$ т/дн. По условиям производства дефицит сырья на предприятии допустим с вероятностью 6%, а переполнение склада должно быть исключено с вероятностью 90%.

10. Склад сборочного цеха рассчитан на хранение 18 360 корпусов прибора. Корпуса поступают из цеха-изготовителя партиями по 13 000 шт. Срок поставки очередной партии с равной вероятностью может принимать значения от 4 до 12 рабочих дней. Интенсивность ежедневной подачи корпусов на сборку - величина случайная, нормально распределенная с параметрами $M_1 = 620$ шт./дн.; $\sigma_1 = 45,3$ шт./дн. Требуется определить вероятность возникновения простоев сборочной линии из-за нехватки корпусов и вероятность переполнения ими склада, если точка заказа установлена на уровне 7800 корпусов.

ГЛАВА 19.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ «ТОЧНО В СРОК»

19.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ «ТОЧНО В СРОК»

Теорию управления запасами нельзя рассматривать только в узком смысле, как набор методов, позволяющих оптимизировать уровень запасов на складах. В широкой трактовке, как было показано в главе 18, это методы оперативного управления производственным процессом через управление запасами на внутризаводских складах. Процедура «вытягивания» является основой одной из ведущих в мире концепций оперативного управления производством, носящей название «точно в срок» (*just-in-time, JIT*).

Отдельные элементы этого подхода использовал еще Генри Форд при модернизации в начале XX в. своих конвейерных линий. Затем они использовались в начале 1930-х гг. в промышленности Японии. В полной мере этот подход нашел применение в 1970-е гг. при разработке и внедрении в практику системы управления производством японского автомобилестроительного концерна Toyota. Став составной частью комплексной системы Toyota, система «точно в срок», а также поддерживающая ее информационная система «канбан» позволили автосборочному производству добиться поразительных результатов. Внедрение концепции JIT позволило компании Toyota сократить цикл освоения производства и поставки на рынок новых автомобилей до 1 месяца, тогда как ведущие автомобилестроительные фирмы США имели цикл от 6 до 9 месяцев. Полный оборот оборотных производственных фондов достиг 4 дней, уровень безубыточного снижения объема производства составил 64%. По некоторым оценкам, производственные запасы сократились на 50%, товарные — на 8%.

В настоящее время система оперативного управления JIT широко используется для управления производственными системами в условиях выпуска большого объема разнообразной модульной продукции (типичное повторяющееся производство), например автомобилей. Однако поскольку концепция JIT имеет широкую основу, а ее принципы отличаются достаточной универсальностью, она может найти применение и в управлении сервисом, и в других условиях функционирования оперирующих систем. Система JIT в первую очередь проявляет себя, как пример ярко выраженного внешнеориентированного управления, но также используется и при решении других задач производственного (операционного) менеджмента. В частности, первоначально ее задачей было сведение к минимуму запасов и заделов в производственном процессе. Сейчас она рассматривается значительно шире. Система JIT требует анализа операционной политики не только с точки зрения стратегии внешне ориентированного управления, но также и с точки зрения связей между управлением производственными мощностями, разработкой расписаний и управлением складскими запасами. *Система JIT определяется как система производства необходимых*

компонентов изделий в требуемых количествах точно в то время, когда в них возникла потребность, а не заранее. Это воспринимается как очень простая идея, которая, однако, резко контрастирует с практикой большинства производственных систем, управление которыми неотделимо от создания и использования значительных по размерам запасов.

Обычно в оперирующих системах страховые запасы создаются для противодействия часто возникающим возмущающим воздействиям (например, неожиданным увеличениям спроса, поломке оборудования, увеличению времени выполнения операций, срывам поставок материалов и сырья и пр.). Тем самым обеспечивается «безопасность» процесса, но одновременно нарушается непрерывность потоков, растет длительность производственного цикла. Разработчики системы ЛТ утверждают, что страховые запасы служат сокрытию реальных проблем, в то время как целью ЛТ является выявление и устранение этих проблем. Более того, ЛТ-подход совершенно изменяет принципы управления. В системе ЛТ запасы минимизируются и работы не выполняются, пока в этом нет необходимости. Компоненты изделий не изготавливаются, пока в них не возникла потребность у подразделения, следующего по ходу производственного процесса.

На примере системы ЛТ прослеживаются принципы логистического подхода к управлению, используемые этой «вытягивающей», внешнеориентированной системой оперативного управления производством и определяющие закономерности движения материальных и информационных потоков в производственной системе. Действия, предпринимаемые в этой ситуации менеджерами, должны быть направлены на поддержание непрерывности потоков. В целом эта система, как и любая внешнеориентированная система, управляется спросом. Когда совокупный потребитель «дает команду» предприятию, покупая его автомобили, эта информация распространяется в обратном направлении, навстречу движению материальных потоков в производственной системе, приводя в действие каждую ступень производственного процесса, а также процесс закупок. Такая стратегия управления определяется как «вытягивающая» в противоположность обычно используемой «выталкивающей», при которой работа в подразделении начинается при поступлении туда материалов (заготовок) и при наличии свободных производственных мощностей.

19.2. «ВЫТАЛКИВАЮЩИЕ» И «ВЫТЯГИВАЮЩИЕ» СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Планирование и организация хода поставок используются как средство эффективного продвижения материального потока по рабочим позициям и упорядочения соответствующих рабочих процессов в пространстве и времени. Особенно это важно в условиях осуществления дискретного производства, которое характерно для большинства предприятий промышленности. *Дискретное производство* характеризуется прерывностью производственного процесса на всем его протяжении. Прерывность усложняет движение материального потока

от входа системы до ее выхода, что выражается в увеличении длительности производственного цикла, в возрастании величины запасов всех видов, и в конечном итоге приводит к снижению производительности системы. Такое производство требует постоянного контроля всех процессов с тем, чтобы обеспечить требуемую производительность и, по возможности, ее повысить. При организации движения материального потока можно выделить два подхода: 1) системы, движение материального потока в которых основано на принципе «выталкивания» материальных ресурсов предыдущим производственным звеном на последующее на всем пути их продвижения в цепи поставок; 2) системы, движение материального потока в которых основано на принципе «вытягивания» материальных ресурсов последующим производственным звеном с предыдущего на всем пути их продвижения в цепи поставок. Оба вида систем находят широкое использование на различных предприятиях и в различных типах экономики (рыночной, централизованно управляемой, переходной). Отметим, что обе системы нацелены на удовлетворение потребности последующего производственного звена за счет соответствующей (по объему, срокам, качеству и т. д.) поставки от предшествующего звена. Различие касается способов управления движением потоков и в первую очередь степени Централизации планирования поставок по межзвенным передачам - централизованное и децентрализованное планирование.

«Выталкивающая» система с централизованным планированием предполагает, что каждое подразделение получает конкретные задания на плановый период и отчитывается об их выполнении перед центральными плановыми органами предприятия. Готовую продукцию подразделение передает на склад. При таком планировании и подразделение, и центральные органы планирования интересуют только выполнение сроков и объемов планового задания. Каждое отдельное подразделение при таком виде планирования существует как бы изолированно. Его не интересует, что будет с продукцией, которую оно отправляет на промежуточный склад, и есть ли там остатки продукции предыдущего месяца. При наличии остатков на складе возникает избыток запасов в системе, при задержке с пополнением запасов возникает дефицит, способный остановить производственный процесс. При возникновении изменений, например, спроса или поставок, планы должны оперативно пересматриваться, что резко увеличивает трудоемкость плановой работы. В отечественной практике этот вид планирования был единственным; в условиях рыночной экономики он используется на заготовительных предприятиях и предприятиях, производящих стандартизованную продукцию широкого назначения. Структура «выталкивающей» системы централизованного планирования показана на рис. 19.1.

«Вытягивающая» система с децентрализованным планированием предполагает только укрупненное централизованное планирование в среднесрочный период (от одного до трех месяцев) и выделение на его основе ресурсов (оборотных заделов) всем стадиям и процессам производства продукции. В реальном времени центральный плановый орган контролирует лишь процесс выпуска готовой продукции в соответствии со спросом, формируя график сборки конечных изделий.

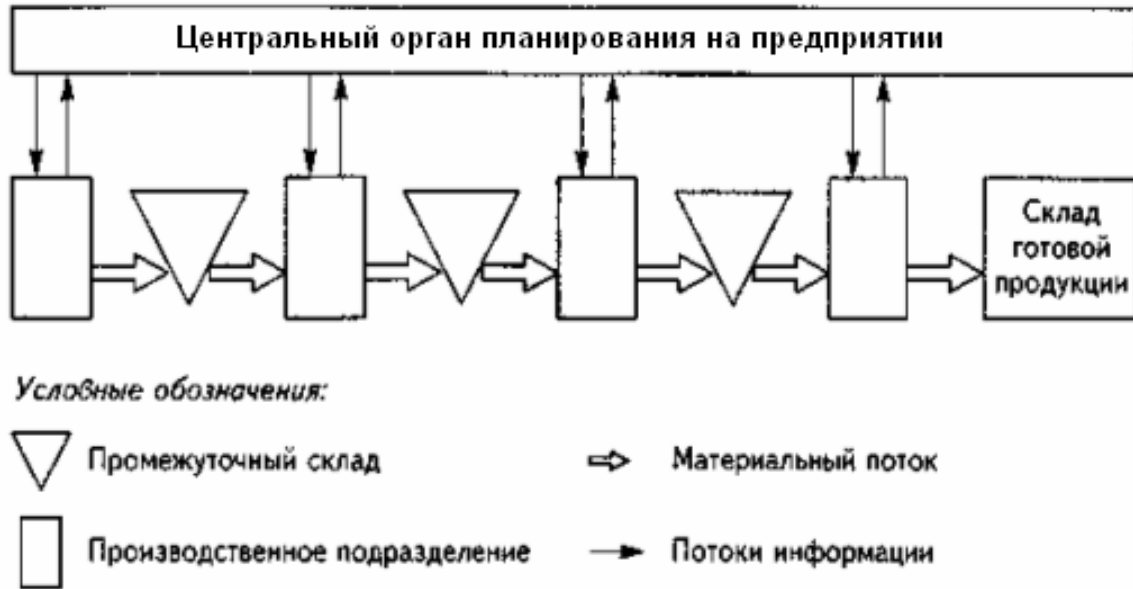


Рис. 19.1. Структура централизованной «выталкивающей» системы планирования

Главный сборочный конвейер в соответствии с графиком сборки отбирает необходимые полуфабрикаты с ближайших промежуточных складов. Изъятые со складов полуфабрикаты восполняются цехами — поставщиками полуфабрикатов. Процесс осуществляется в направлении, обратном движению материального потока (ходу технологического процесса). Данная система дает возможность выпуска широкой гаммы разнообразных изделий, в том числе на основе модулей, и тем самым удовлетворять разнообразный спрос. Структура «вытягивающей» системы децентрализованного планирования представлена на рис. 19.2.

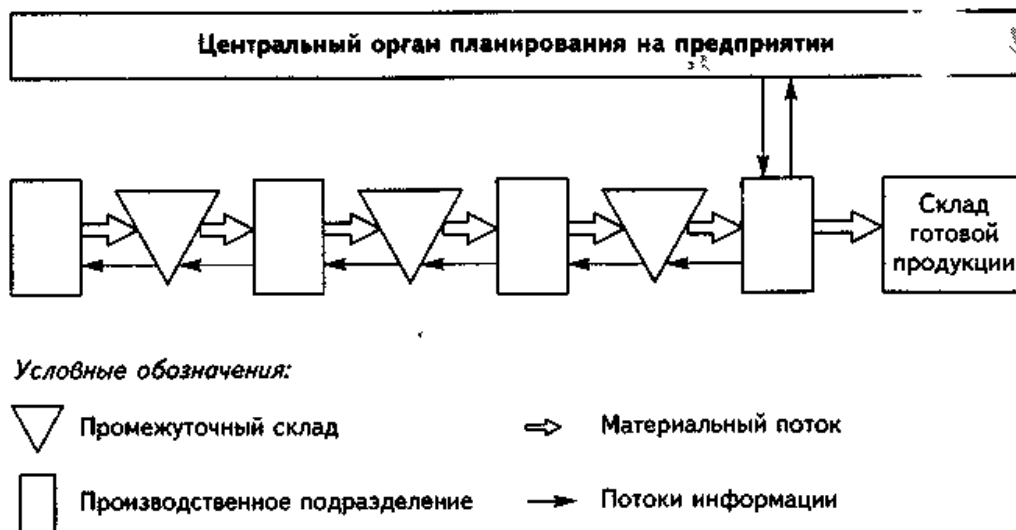


Рис. 19.2. Структура децентрализованной «вытягивающей» системы планирования

Еще одно принципиальное различие двух видов систем планирования и организации работ заключается в том, что в своей основе они имеют различные

подходы к установлению ритма, определяющего движение материального потока. Причина в том, что «выталкивающая» и «вытягивающая» системы ориентируются на различный характер спроса. «Выталкивающая» система ориентирована преимущественно на относительно постоянный спрос в течение довольно длительного промежутка времени. Поэтому в основе всех плановых расчетов она может использовать постоянные значения ритма изготовления продукции.

Системы «вытягивающего» типа в качестве планового периода для определения средних оборотных заделов рассматривают периоды от одного до трех месяцев. Оперативное управление в этих системах производится на значительно меньшем горизонте планирования (вплоть до нескольких часов). Поэтому значения ритма в этих системах переменны и носят характер, подчиненный нормативному уровню запасов (заделов).

19.3. ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ «ТОЧНО В СРОК»

В целом преимущества концепции *ЛТ* очевидны. Это минимизация незавершенного производства, сокращение длительности производственного цикла, необходимых производственных площадей, затрат на складирование и т. п. Косвенный эффект достигается за счет усиления мотивации и вовлечения всех работников в совершенствование производственного процесса. В результате повышается производительность труда, совершенствуются методы производства. Для работы с низким или нулевым уровнем запасов все проблемы, часто возникающие на практике, должны быть выявлены и разрешены. Так, если запасы на входе материального потока поддерживались для защиты оперирующей системы от сбоев поставок, то использование системы *ЛТ* требует, чтобы эти проблемы были решены, например, привлечением нескольких поставщиков или усилением контроля за каналами снабжения (путем покупки крупных пакетов акций предприятий-поставщиков, создания «дочерних» снабженческих фирм и т. д.).

Примером может служить работа предприятия *Saturn* американской автомобилестроительной компании *General Motors*. Запас двигателей на его сборочном конвейере никогда не превышает 140 единиц, рам - 95 единиц, т. е. количества, необходимого для двухчасовой работы сборки. Поэтому если происходит сбой на заводе двигателей или в сварочно-штамповочном производстве, это сразу же отражается на работе сборочного конвейера. Все комплектующие поступают от поставщиков на сборку напрямую, минуя склад, что типично для системы *ЛТ*. Основные комплектующие поставляются ежедневно, некоторые — чаще (например, сиденья поступают от поставщика каждые полчаса). Специализированная транспортно-логистическая фирма занимается доставкой комплектующих по специально разработанным маршрутам от более чем 200 поставщиков.

Если запасы полуфабрикатов традиционно поддерживаются, чтобы защи-

титель процесс от аварийных остановок оборудования, то использование системы *ЛТ* требует, чтобы причины неожиданного выхода из строя оборудования были выявлены и исключены. В то же время если запасы готовой продукции на выходе материального потока всегда создавались для сглаживания возможных скачков спроса на нее, то система *ЛТ*, как уже отмечалось, сама и поддерживает механизм быстрого приспособления к меняющемуся спросу и практически исключает необходимость в таких запасах. Таким образом, использование концепции *ЛТ* требует решения комплекса разнообразных задач для того, чтобы ее преимущества проявили себя в полной мере.

Внедрение системы *ЛТ* заняло у компании Toyota около 10 лет. Это связано с тем, что *ЛТ* не может работать без соответствующего системного окружения. Первоначальные попытки американских и европейских конкурентов механистически перенести систему *ЛТ* в свое производство без учета этих факторов потерпели неудачу, они смогли внедрить *ЛТ* только спустя 10—15 лет. Ключевыми факторами системного окружения явились рациональная организация и структура производственного процесса; всеобщее управление качеством на всех стадиях производства, включая работу поставщиков; партнерство только с надежными поставщиками, перевозчиками и дистрибьюторами; эффективная информационная поддержка; повышенная профессиональная ответственность персонала и др. Именно на создание соответствующего системного окружения направлен комплекс мер, предусматриваемых системой Toyota, в рамках которой была разработана *ЛТ*.

19.4. СТРУКТУРА И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ TOYOTA

Система Toyota - это комплексная система управления предприятием (рис. 19.3), затрагивающая практически все аспекты производственного (операционного) менеджмента, которая предусматривает:

- ликвидацию всех ненужных элементов производственного процесса в целях сокращения издержек производства;
- сокращение длительности производственного цикла, размера запасов и заделов незавершенного производства;
- гибкое реагирование на колебания спроса на продукцию;
- обеспечение качества на всех стадиях производства;
- активизацию «человеческого фактора».

Японская народная мудрость гласит: а) богатеет не тот, кто много зарабатывает, а тот, кто мало платит; б) упрощение — самый надежный путь к совершенству; в) качество — вот единственная вновь созданная стоимость, все остальное — издержки. Система Toyota в полной мере воплотила эту мудрость. Ее цели можно представить в виде следующей схемы:

Снижение затрат на производство → Снижение нормы прибыли → Снижение цены на продукцию → Завоевание рынков сбыта → Рост объема продаж → Расширение масштаба производства → Рост массы прибыли.

Рассмотрим подробнее методы достижения поставленных целей, используемые в системе Toyota.



Рис. 19.3. Важнейшие составные части системы Toyota

Совершенствование производственной структуры (структурная перестройка производства). Данный метод связан с переходом к предметной специализации производственных звеньев. Предметная специализация предполагает полное изготовление группы однотипных частей изделия с использованием разнообразных процессов и операций на рабочих местах, расположенных по ходу технологического процесса. Как минимум, это организация предметно-замкнутых участков, оптимальный вариант — поточных линий с поддетальной или предметно-групповой формой организации. Это первое необходимое условие использования системы *ЛТ* для оперативного управления производством. Возможность его выполнения в решающей степени определяет области применения системы Toyota.

Структурная перестройка создает предпосылки для организации точного взаимодействия достаточно автономных производственных звеньев на основе системы горизонтальных связей. Прямые горизонтальные связи между смежными поточными линиями обеспечивают целостность производственной системы наиболее рациональным способом, поддерживают непрерывность и прямоточность всех процессов. В свою очередь, автономность обеспечивает действие экономических методов управления. Например, мастерам по определенным нормативам выделяются ресурсы, которыми они распоряжаются.

Разработчики системы Toyota выделяют четыре этапа приближения структуры фирмы к оптимуму. Первый этап — технологическая форма специализации производственных звеньев. Характеризуется универсальностью и вместе с тем сложными технологическими маршрутами, большими транспортными издержками, длительным временем переналадки оборудования, большими затратами на заработную плату высококвалифицированных рабочих. На этом уровне система *ЛТ* не внедряется. Технологическая форма специализации используется при выполнении предприятием разовых или мелких повторяющихся заказов.

Второй этап — организация так называемого *распределенного поточного производства*, что становится возможным при получении предприятием крупного заказа. Распределенное производство выступает в двух формах: а) попеременная работа нескольких одно-предметных поточных линий при изготовлении разных модификаций продукции; б) работа одной переналаживаемой многопредметной линии; изготовление партии изделий и переналадка линии на новую партию. На втором этапе достигаются все преимущества поточного производства (см. главу 12) и создаются условия для использования системы *ЛТ*. Отметим те преимущества поточных линий, которые особенно важны именно для системы *ЛТ*: 1) использование на всех операциях линии единого сопроводительного документа на партию (прототип карточки «канбан»); 2) сокращение резервных заделов до единого задела на всю линию; 3) минимизация или полное исключение межоперационных заделов.

Третий этап — организация многопредметных линий со *сплошным запуском*. Условиями этого являются минимизация времени или полное исключение переналадок, а также гибкая схема расстановки рабочих. В результате открывается возможность поштучного изготовления однотипных изделий как на многопредметных групповых потоках. Преимущества такой организации работы: отсутствие оборотных заделов на линиях, обеспечение непрерывности выпуска каждой модели конечной продукции и, тем самым, высокой гибкости производства, отсутствия страховых запасов продукции. Преимущества сплошного запуска перед распределенным производством иллюстрирует рис. 19.4. Из рисунка видно, что при организации распределенного производства обеспечивающие линии работают ритмично, но с предельно допустимым ритмом работы. К тому же при изменении структуры выпуска (количественного соотношения продукции разных типоразмеров) ритм работы линий будет изменяться, и на линиях возникнет проблема синхронизации операций. На сборочных линиях, где преобладает ручной труд, это не представляет проблемы, так как ручной труд — достаточно гибкий фактор производства. Однако на линиях механообработки это может вызвать серьезные затруднения.

Четвертый этап — сближение в пространстве и, по возможности, объединение разнородных технологических процессов; сокращение транспортных перемещений и соответствующих транспортных заделов, окончательное создание предпосылок внедрения карточек «канбан». Перемещение оборудования в пределах предприятия, перекомпоновка рабочих мест — достаточно сложный и радикальный шаг. Он оправдан поэтому только в случае уверенности высших

менеджеров в благоприятных рыночных перспективах выпускаемой в большом объеме продукции.

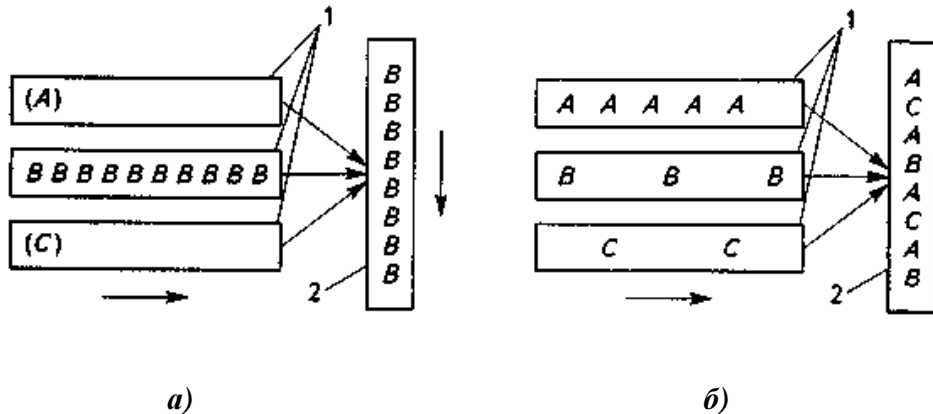


Рис. 19.4. Схемы организации двух типов потоков:

а - распределенное производство партии изделий S; б - сплошной запуск трех типоразмеров изделий; 1 - обеспечивающие линии; 2 - сборочная линия

Инженерная подготовка производства. Она в первую очередь предполагает обеспечение оперативной переналадки производства и возможности работы малыми партиями или поштучного изготовления продукции. Это второе необходимое условие использования системы JT для оперативного управления производством. Японские инженеры делят переналадку на две части: внутреннюю и внешнюю. Внешняя переналадка производится вне оборудования и совмещена с его работой над предыдущей партией. Внутренняя переналадка выполняется после завершения обработки предыдущей партии; ее время стремятся свести к минимуму. Ярким примером является переналадка прессов усилием от 40 до 100 тс. По отечественным нормативам она должна занимать четыре часа, по нормам концерна Toyota - четыре минуты. К задачам инженерной поддержки относятся также группирование изделий, унификация компонентов или разработка системы модулей, из которых можно собрать большое число модификаций готовой продукции, ресинхронизация операций на потоках при изменениях ритма их работы, организация и оснащение рабочих мест многостаночников и др. Инженерная поддержка предполагает постоянное совершенствование инженерами элементов производственного процесса непосредственно в цехах вместе с рабочими и мастерами.

Подготовка рабочих-универсалов и гибкая схема их расстановки. Эти меры нацелены на решение главной задачи — обеспечение гибкости производства при соблюдении условия рационального использования рабочей силы. Изменение ритма работы поточных линий, организация распределенного производства невозможны без постоянного перевода рабочих на новые рабочие места, без изменения структуры операций и методов их выполнения, без изменения норм многостаночного обслуживания. Непременными условиями этого являются подготовка рабочих-универсалов (многостаночников), повременная оплата их труда, рациональная планировка участков (поточных линий).

Обучение персонала работе на новых для него рабочих местах происхо-

дит вне времени основной работы, под руководством мастеров. Закрепление навыков многостаночников осуществляется в ходе *ротации кадров* в рамках участка. Ротация, т. е. смена рабочих мест, в нормальных условиях происходит по заранее составленному расписанию с циклом от двух часов (на интенсивных и монотонных работах) до двух недель. Кроме повышения квалификации рабочих-многостаночников ротация обеспечивает ряд других преимуществ: перемену труда, снижение его монотонности и утомляемости; уход от понятий «выгодные» и «невыгодные» работы; повышение ответственности за работу всего участка; ускорение передачи рабочими рациональных приемов труда.

Большая ответственность лежит на мастерах участков. Они нормируют новые операции и пересматривают нормы при внедрении новых средств или методов труда, при совершенствовании планировки рабочих мест. Для этого мастер должен владеть навыками работы на всех рабочих местах своего участка. Мастера меняют расстановку рабочих и нормы многостаночного обслуживания при изменениях ритма поточных линий обязательно с учетом уровня подготовки рабочих. Мастера участвуют в разработке карт трудового процесса, которые особенно важны для многостаночников, обучают новых рабочих, организуют ротацию кадров.

Особенно трудно обеспечить рациональное использование рабочих при колебаниях объема производства более чем на 10%. В этом случае приходится проводить ресинхронизацию, менять карты трудовых процессов и т. д. При росте объема выпуска в пределах 10% решение проще — организация сверхурочных работ. При сокращении объема выпуска в тех же пределах освободившееся время рабочие используют для технического обслуживания оборудования, освоения работы на соседних рабочих местах, уборки производственных помещений, участия в работе «кружков контроля качества». При необходимости дополнительная рабочая сила нанимается на временную работу. Хорошо зарекомендовавшие себя временные рабочие составляют резерв для комплектования постоянного штата рабочих. Перманентное увеличение производительности труда должно создавать избыток рабочих, который либо поглощается ростом объема производства продукции, либо укладывается в рамки естественной убыли кадров.

Важное значение в концерне Toyota придается политике в области подбора оборудования, устанавливаемого на рабочих местах. Основная тенденция в этой области — всемерное упрощение и удешевление оборудования, что позволяет основным рабочим самостоятельно следить за его техническим состоянием, принятым на работу быстро осваивать навыки его эксплуатации, концерну не нести больших потерь вследствие его простоев (что является платой за гибкость). В целом такая техническая политика, а также то, что оборудование не перегружается ни по режимам использования (нормы выработки выполняются рабочими строго на 100%), ни по срокам эксплуатации, обеспечивают условия, когда аварийные отказы оборудования практически отсутствуют. Это, в свою очередь, создает благоприятные условия для поддержания равномерной ритмичной работы производственных линий.

Дорогостоящие и сложные в эксплуатации автоматизированные и авто-

матические поточные линии используются концерном с большой осторожностью и только там, где они бесспорно доказывают свою экономическую или социальную необходимость. Примером служит комплексная автоматизация с использованием системы промышленных роботов сварочно-штамповочного производства корпусов автомобилей. Работа здесь отличается вредными и опасными для здоровья рабочих условиями, поэтому главным критерием целесообразности автоматизации явилось решение социальных вопросов. Для удобства работы многостаночников используется не линейная, а U-образная планировка поточных линий. Она сокращает переходы между отдельными единицами оборудования, улучшает его обзор. Более рациональный, казалось бы, вариант кругового расположения оборудования отвергается ввиду психологического давления замкнутого пространства на рабочего (так называемая птичья клетка).

«Выравнивание» производства. Это совокупность методов управления, с помощью которых повторяющееся производство, основанное на модульном принципе, приспособляется к изменениям спроса. Как уже отмечалось, «вытягивающие» системы ориентированы на работу с ритмом, изменяющимся в соответствии со спросом. Планирование такого производства рассматривается как «выравнивание» всего производственного процесса в соответствии с изменяющимся спросом. Это «выравнивание» осуществляется по объему и номенклатуре выпускаемой продукции. Наибольшую сложность представляет «выравнивание» по объему производства, которое выполняется в два этапа. На первом этапе проводится приспособление к изменению месячного спроса на протяжении года. Это достигается с помощью месячного укрупненного (агрегатного) планирования производства. В укрупненных планах установлены среднесуточные нормативные уровни выпуска в каждом производственном подразделении, являющиеся основой создания заделов незавершенного производства, определения необходимой численности рабочих и т. д. Расчеты на первой стадии базируются на трехмесячном и месячном прогнозах спроса, выполненных на основании информации, поступающей от сбытовых организаций (рис. 19.5).

На втором этапе осуществляется приспособление к ежедневным изменениям спроса в течение месяца. Здесь основную роль в оперативном управлении производством, реализуя принцип «выравнивания» производства, как по объему, так и по номенклатуре, играет система «канбан». Основой оперативного планирования является график сборки различных модификаций изделий на главном сборочном конвейере, построенный на основании ежедневных заказов сбытовых организаций (делаются за 2 дня). Система обеспечивает ритмичную работу остальных производственных подразделений и поставщиков, причем все возникающие изменения происходят за счет перехода к новому производственному ритму. «Выравнивание» производства на этом этапе затрагивает два показателя: усредненный общий объем производства готовых изделий за день и усредненный объем выпуска каждой отдельной модификации изделия. «Выравнивание» на втором этапе допускается только в пределах $\pm 10\%$ объема выпуска, к большим объемам производственная система в краткосрочном плане не готова.

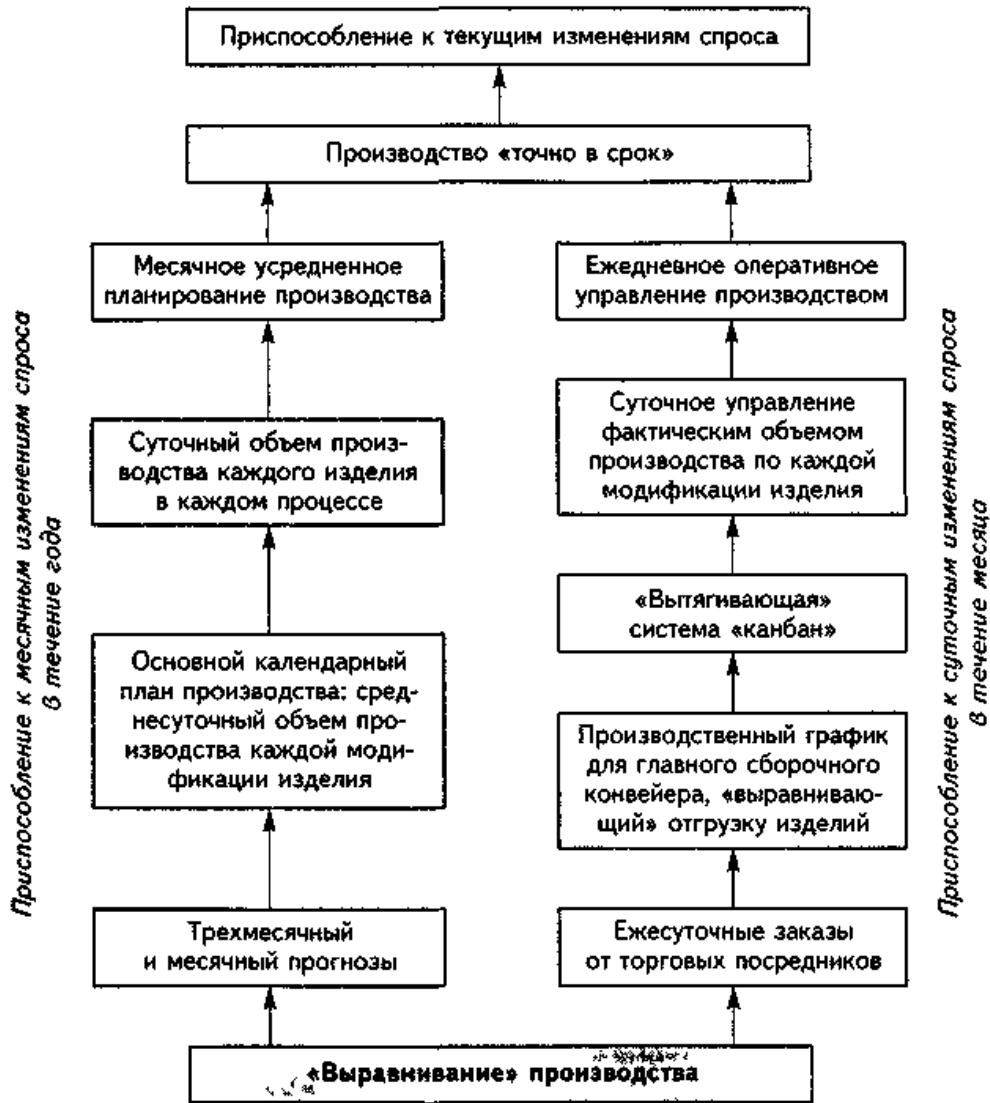


Рис. 19.5. Схема «выравнивания» объема производства в системе Toyota

Таким образом, суточные производственные графики, отражающие дневную потребность в продажах, составляются только для главного сборочного конвейера. Для других производственных звеньев, таких, как механическая обработка, литье или штамповка, определяется только ориентировочный месячный объем производства, который потребуется для обеспечения главного сборочного конвейера. На основании таких заранее вырабатываемых показателей руководители производственных участков могут наилучшим образом провести расстановку рабочих на текущий месяц и спланировать использование других производственных ресурсов, находящихся в их распоряжении.

При сборке автомобилей на главном конвейере рабочие получают требуемые количества нужных комплектующих изделий, которые изготовлены на предшествующих производственных участках. Эти участки, в свою очередь, изготавливают затем ровно столько продукции, сколько было у них «изъято» сборкой. Поэтому для любой технологической стадии, предшествующей конечной Сборке, не нужно заранее составлять суточный производственный график.

Другими словами, система «выравнивания», использующая информаци-

онную систему «канбан», функционирует таким образом, что производственные заказы «движутся» от конца производственного процесса, от последующей технологической стадии к предыдущей. Сами карточки «канбан» с имеющейся на них информацией о предмете труда могут использоваться на участках как элементы сменно-суточного задания.

Оперативное управление на основе концепции ЛТ. Оно основано на «вытягивании» из предыдущего производственного звена нужного количества изделий тогда, когда в них возникла потребность. Его цели — минимизация запасов и заделов всех видов, объема незавершенного производства, длительности производственного цикла; обеспечение «выравнивания» производства, т. е. сочетания поточных методов с достаточно частыми изменениями номенклатуры и объема выпуска продукции. Отметим, что «вытягивающая» система ЛТ— это, по существу, лишь средство устранения запасов, одинаково эффективное для применения как во внутрипроизводственной сфере, так и в сфере осуществления компаниями внешних связей (в каналах снабжения и распределения). Различия касаются только сложности внедрения системы ЛТ: во внутренней среде компании это сделать проще, чем во внешней. Именно для целей внутрипроизводственного использования она первоначально и была разработана концерном Toyota. При этом система ЛТ еще не рассматривалась как концепция, открывающая новые возможности регулирования выпуска товарной продукции в соответствии с колебаниями спроса. Эта возможность стала чрезвычайно актуальной в дальнейшем. Вначале перед системой ЛТ ставилась локальная цель — устранить производственные запасы, высвободив часть оборотных средств для развития производства.

Главная идея системы ЛТ— устранить запасы за счет такой организации поставок в технологической цепи, когда материалы поступают в требуемом объеме, в указанное место точно в срок. Благодаря синхронизации поставок с потребностью в них, задаваемой производственным расписанием, подразделения работают «с колес» без страховых запасов и с минимальными оборотными заделами. С развитием современных информационных технологий и телекоммуникационных сетей информационный обмен между поставщиками и потребителями стал доступным и экономичным средством, позволяющим компаниям эффективно управлять запасами (и заказами) не только в сфере собственного производства, но и в закупках, и в распределении.

Как уже отмечалось, система ЛТ имеет существенный недостаток: при колебаниях спроса выше +10% агрегатного плана система начинает давать сбои. Для компенсации колебаний спроса приходится использовать страховые запасы, что противоречит идеологии ЛТ и снижает эффективность ее применения. Поэтому широко практикуется совместное использование системы «канбан» с другими современными информационными системами, например, системой MRP. В значительной степени указанный недостаток «канбан» устранен в системе OPT (см. главу 20).

Всеобщее управление качеством. Это одно из важнейших необходимых условий нормальной работы системы ЛТ. Приоритетное обеспечение качества базируется на выполнении следующих принципов:

1) ответственность за качество продукции передается «вниз» тому производственному персоналу, который ее производит и передает «из рук в руки». Специальные службы контроля не создаются;

2) приоритет отдается методам предупредительного контроля и регулирования параметров производства;

3) обеспечивается «наглядность качества» за счет того, что заказчик или покупатель может ознакомиться не только с качеством готовой продукции, но и с процессом ее изготовления;

4) рабочий обязан остановить всю технологическую цепочку в случае обнаружения брака, который он не может исправить на месте;

5) широкое использование средств автоматического контроля;

6) всеобщность борьбы за качество. Привлечение к ней всего персонала предприятия — от рабочих до директора;

7) серьезное отношение к чистоте и порядку на рабочих местах. Более подробно этот вопрос рассмотрен в главе 15.

19.5. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАНБАН»

«Канбан» — это информационная система, обеспечивающая оперативное управление на всех стадиях производственного процесса и основанная на жестком выполнении правил движения карточек четырех видов. «Канбан» реализует механизм «вытягивания» продукции из предыдущего производственного звена на основе системы горизонтальных связей. Средством передачи информации в технологической цепи служат специальные карточки на бумажных, пластиковых (прикрепляемых к контейнеру), цифровых или иных носителях информации. Различают карточки заказа (производственные) и отбора (транспортные). *Карточки отбора* несут информацию о том, сколько и каких предметов нужно забрать со склада и доставить к месту потребления, *карточки заказа* — сколько и чего нужно изготовить в месте производства и доставить на склад. В свою очередь, карточки заказа и отбора бывают двух видов: карточки заказа, предназначенные для использования при изготовлении изделий мелкими и крупными партиями; карточки отбора внутренние (межоперационные и т. д.) и внешние (карточки поставщика, перевозчика и т. п.). Виды используемых при этом карточек показаны на рис. 19.6.

Для выполнения своих функций внутренние карточки отбора и карточки заказа имеют следующие реквизиты:

1) обозначение типоразмера детали или сборочной единицы;

2) номер производящего их участка или линии;

3) номер потребляющего их участка или линии (этот реквизит у карточек заказа отсутствует);

4) тип и вместимость тары в потоке деталей (сборочных единиц) данного типоразмера;

5) номер склада, где хранятся данные детали или сборочные единицы;

6) номера и расположение стеллажа и позиций для хранения;

- 7) номер карточки;
- 8) общее количество карточек в обороте.

Сигнальные карточки имеют дополнительные реквизиты: точку заказа и размер партии поставки. Эти карточки имеют треугольную форму и навешиваются на контейнер с мелкими деталями широкого использования (т. е. унифицированными деталями) на уровне точки заказа. Карточки поставщика содержат дополнительные реквизиты, указывающие на способ и периодичность доставки комплектующих изделий от фирм-производителей на головное предприятие. На фирме Toyota для внешних поставщиков обычно принят интервал доставки, равный четырем часам, тогда как внутри автосборочного завода интервал планирования составляет всего два часа.

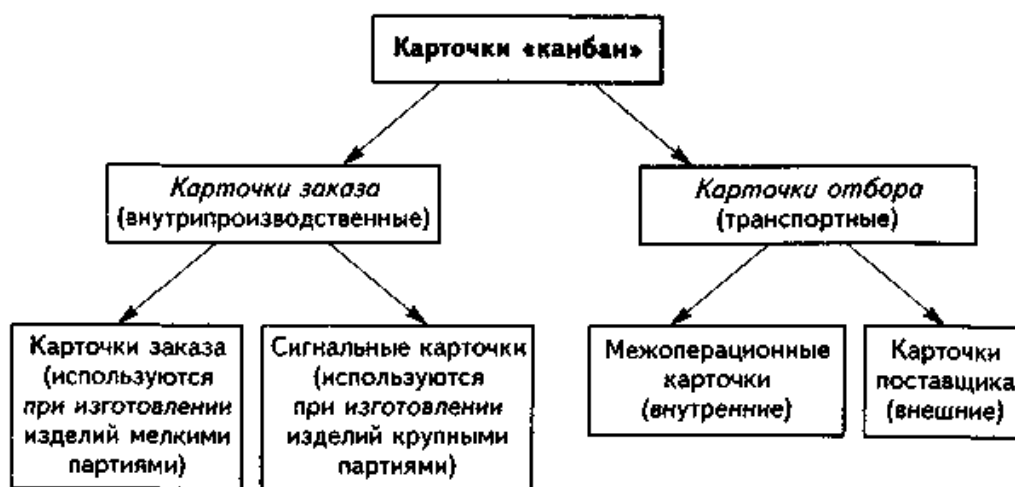


Рис. 19.6. Виды карточек «канбан»

Информационные системы, аналогичные «канбан», существуют в любой организации. Они определяют формы и правила обращения документов, сопровождающих движение материальных потоков в производстве. Однако информационная система «канбан» — принципиально новый шаг в этом направлении. Ее новизна определяется не столько формой и реквизитами карточек, сколько выполняемыми функциями и правилами обращения, вытекающими из них. Кроме того, новизна системы не имела бы смысла, если бы правила не выполнялись.

ПРАВИЛА ДВИЖЕНИЯ КАРТОЧЕК «КАНБАН»

1. Любое перемещение изделий без карточек запрещено.
2. Для перемещения используются только стандартные контейнеры фиксированной емкости.
3. Бракованная продукция не должна поступать на следующую операцию (находиться в контейнере).
4. На каждый контейнер приходится только одна карточка заказа и одна карточка отбора.
5. Любой отбор, превышающий указанное в карточке количество, запрещен.
6. Производство в больших количествах, чем указано в карточке, запрещено.
7. Число карточек, находящихся в обороте, должно быть минимальным.

8. Различные типоразмеры изделий производятся в последовательности, заданной порядком поступления карточек заказа на участок

В простейшем случае механизм «вытягивания» предметов обработки с помощью карточек «канбан» реализуется следующим образом (рис. 19.7). Пусть в технологической цепи произвольно выделена некоторая связанная пара «поставляющее звено — потребляющее звено», которые взаимодействуют между собой только через назначенный им буфер (склад, накопитель, зону хранения). Буфер предназначен для хранения оборотного и, если нужно, страхового задела предметов труда в контейнерах, а также для накопления пустых контейнеров. Каждый контейнер несет одну прикрепленную к нему карточку:

- карточку отбора — при движении от буфера к потребляющему звену, когда он заполнен, и от потребляющего звена к буферу, когда он пуст;
- карточку заказа — при движении от буфера к поставляющей позиции, когда он пуст, и от поставляющей позиции к буферу, когда он полон.

Смена на контейнере карточки заказа на карточку отбора, относящихся к одному типоразмеру деталей, может происходить только в буфере, где циклы оборота карточек пересекаются. Смена карточки на такую же, но относящуюся к другому типоразмеру деталей, может происходить только на потребляющей и поставляющей позициях через картотеки *I* несоответственно.

Работа механизма «вытягивания» включает три фазы:

1) потребляющее звено, получив заказ от последующего по ходу технологического процесса звена, определяет свою потребность в деталях, необходимых для выполнения данного заказа. Из картотеки *I* выбираются соответствующие карточки отбора (одна или несколько), которые по мере освобождения контейнеров по одной прикрепляются к ним и транспортируются в буфер;

2) в буфере на основании информации карточек отбора выбираются контейнеры, заполненные требуемыми деталями. С них снимаются карточки заказа и прикрепляются на поступившие пустые контейнеры, с которых, в свою очередь, карточки отбора перемещаются на отобранные заполненные контейнеры. Таким образом, на каждом отобранном контейнере с деталями карточка заказа заменяется на карточку отбора, на таком же количестве пустых контейнеров карточки отбора заменяются на карточки заказа. Заполненные контейнеры с карточками отбора отправляются к месту потребления. Пустые контейнеры с карточками заказа отправляются к месту производства;

3) поставляющее звено, получив из буфера пустые контейнеры с карточками заказа, планирует свою потребность в материалах и размещает соответствующие заказы в предыдущих (по ходу технологического процесса) звеньях. Поступившие с пустыми контейнерами карточки заказа служат основанием для запуска в производство именно таких и именно в таком количестве предметов труда, чтобы восполнить ими уменьшившийся запас в буфере. Если поставляющее звено еще занято выполнением предыдущих заказов, вновь прибывшие карточки ставятся в конец очереди на выполнение (в картотеку 2). Когда заказ выполнен и контейнеры заполнены, они с прикрепленными карточками заказа отправляются в буфер, где соответствующий запас восполняется до прежнего

уровня.

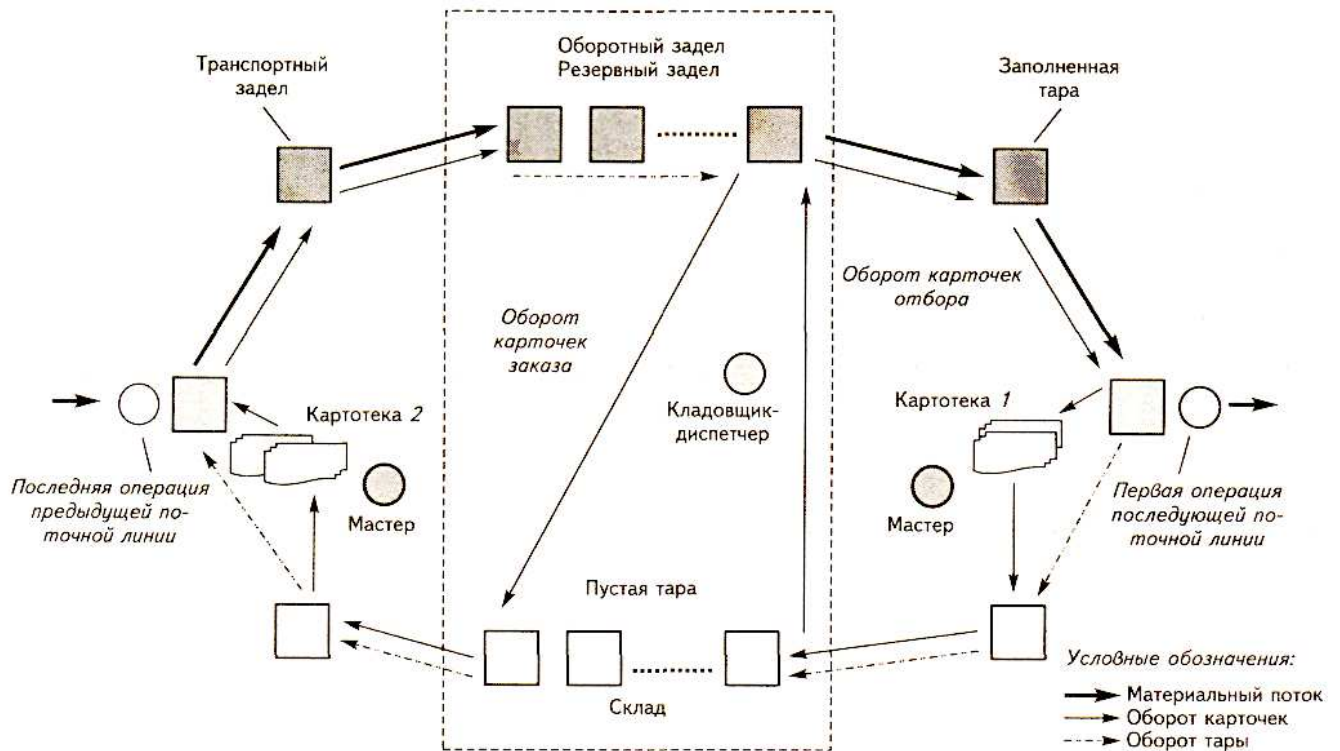


Рис. 19.7. Схема движения материального потока изделий и оборота сопровождающих их карточек в системе JIT

Приведенная схема движения материального потока показывает как бы одну «плоскость» процесса, обеспечивающую «вытягивание» и производство одного типоразмера деталей. Гибкость системы, т. е. быстрый переход в другую «плоскость» или к другому типоразмеру, поддерживается картотекой 1. А именно, когда контейнер с заготовками оказывается порожним, в картотеке выбирается карточка отбора со склада заготовок того типоразмера, который заказан этой линии следующим за ней производственным подразделением (например, сборочным конвейером). После чего действует та же схема, но применительно к другому типоразмеру деталей. При возникновении дефицита на складе в оборот запускаются срочные карточки с одной красной полосой, проходящие картотеку 2 вне очереди, или аварийные с двумя красными полосами, требующие снятия с линии очередной партии и запуска аварийной партии.

Общее число карточек, находящихся в обороте, призвано точно и адекватно отражать объем незавершенного производства. Действительно, так как межлинейная транспортировка и хранение на складе предметов труда разрешено только в стандартных контейнерах, а на каждый контейнер приходится по одной карточке каждого вида, то количества контейнеров и карточек каждого вида равны. Контроль числа карточек позволяет контролировать незавершенное производство. Стремление к его минимизации приводит к правилу минимального числа карточек, находящихся в обороте. Необходимое число карточек для некоторого изделия можно рассчитать, пользуясь методами теории управления запасами. Например, следующим образом:

$$Z = DT(1 + K)/Q,$$

где Z — общее число карточек (контейнеров), находящихся в обороте;
 D — среднеедневное потребление предметов труда, шт.;
 T — ожидаемое время пополнения запаса, дн.;
 Q — емкость контейнера, шт.;
 K — коэффициент страхового запаса.

Пути минимизации заделов показаны на рис. 19.8.

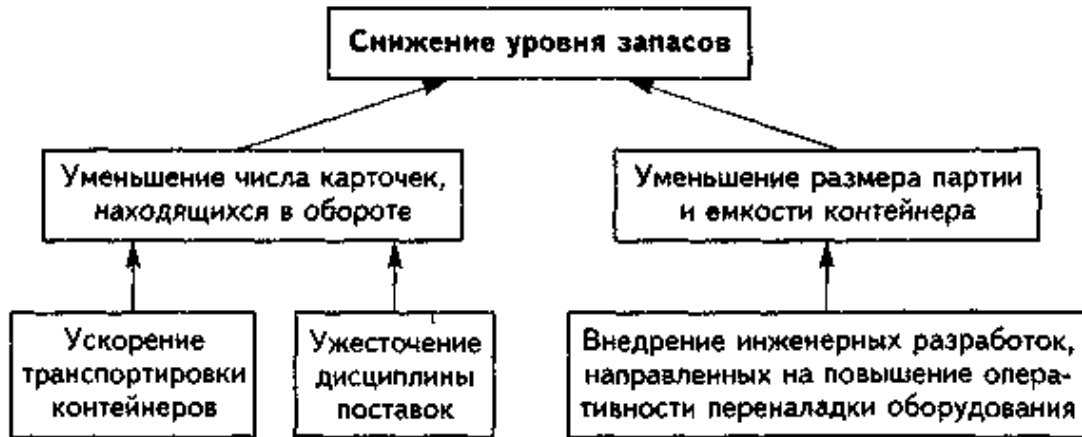


Рис. 19.8. Пути минимизации запасов и заделов незавершенного производства в системе ЛТ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы преимущества объединения в системе Toyota поточных методов производства и «вытягивающей» системы управления?
2. Почему система ЛТ не может работать без поддержки системы ТQM?
3. Совместимы ли централизованная система планирования с системой ЛТ? Если да, то на каком уровне планирования?
4. Каким является спрос на компоненты изделий в системе ЛТ, зависимым или независимым?
5. Какая модель управления запасами принята на промежуточных складах в системе ЛТ?
6. Целесообразно ли производить комплектующие изделия для концерна Toyota в Санкт-Петербурге? Почему?

ГЛАВА 20.

ПЛАНИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В КОМПОНЕНТАХ ИЗДЕЛИЙ

20.1. СУЩНОСТЬ «ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ» СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Модели запасов, рассмотренные в предыдущих главах, предполагали, что спрос на одно изделие не зависит от спроса на другие изделия. Например, спрос на холодильники, скорее всего, не зависит от спроса на кухонные электроплиты. Кроме того, спрос и на то, и на другое не зависит от воли менеджера предприятия, производящего эти бытовые приборы, и ему надо приложить большие усилия, чтобы хоть немного приблизиться к возможности управлять этим спросом. О таких возможностях будет подробнее рассказано в главе 22. Тем не менее спрос на разнообразные изделия вполне может быть зависимым. Под *зависимым спросом* понимается ситуация, при которой спрос на определенное изделие оказывает влияние на спрос на другое изделие. Например, рыночный спрос на автомобильные покрышки и холоднокатаную сталь в значительной степени зависит от производства автомобилей. Спрос на те или иные изделия зависим, когда могут быть достаточно четко определены связи между этими изделиями в процессе их производства либо при их потреблении. Поэтому, в частности, если менеджер может оценить спрос на конечный продукт, то количество всех потребных для изготовления компонентов этого продукта может быть точно подсчитано, потому что при определенном конструктивном составе готового изделия все его компоненты являются зависимыми от конечного продукта изделиями.

Таким образом, можно утверждать, что для любого товара все компоненты, входящие в него, представляют компоненты зависимого спроса. А если при производстве сложного изделия, состоящего из множества компонентов, точно установлены логика и количественные пропорции «входимости» компонентов нижнего уровня в изделия более высокого уровня и при этом известен рыночный спрос на готовую продукцию, то можно совершенно точно подсчитать, какие работы должны быть выполнены внутри системы для удовлетворения заданного спроса. Это справедливо для всех изготавливаемых деталей и сборочных единиц, а также покупных изделий и материалов, когда точно известно расписание их вхождения в изделие. Методы планирования производства, опирающиеся на описанные выше зависимости, когда они могут быть выявлены и использованы, существенно отличаются от моделей управления запасами, описанных в главах 17—19. Менеджеры получают возможность заранее расписать и спланировать работы по изготовлению каждого компонента. И если эти работы закрепить за определенными рабочими местами или группами рабочих мест (участками, линиями, цехами), то предприятие в целом и все его подразделения получают план производства готовой продукции со всеми входящими в ее состав

компонентами.

Выше была сформулирована основная идея «выталкивающей» системы централизованного управления производством при наличии зависимого спроса на компоненты готовой продукции. Целостность производственной системы достигается здесь менее рациональным способом, чем при использовании системы *ИТ*, а именно: объективные противоречия в работе смежных подразделений урегулируются за счет усиленной координирующей деятельности центра и использования системы вертикальных управленческих связей. В результате, если в течение планового периода изменяется спрос на готовые изделия или происходят сбои в технологической цепи, приводящие к изменениям потребностей отдельных технологических звеньев, требуется полное повторное планирование производства.

Учитывая сложность, длительность и высокую стоимость, а во многих случаях и невозможность повторного планирования, напрашивается простой выход: компенсировать изменение потребностей в технологической цепи за счет накопления и использования буферных запасов. Наличие запасов замедляет оборачиваемость оборотных средств, увеличивает себестоимость продукции, но обеспечивает такой производственной системе устойчивость. Уход от необходимости иметь большие запасы возможен только при сокращении планового периода (т. е. времени принятия новых управленческих решений) до величин, сопоставимых с периодичностью изменений спроса или возникновения внутрипроизводственных возмущений.

Классические системы «выталкивающего» типа до сих пор широко используются в условиях относительно стабильного спроса на продукцию либо, наоборот, при наличии разовых заказов, при длительных производственных циклах и многооперационных технологических процессах ее изготовления (особенно при производстве продукции с большим числом компонентов различного уровня и с использованием разнообразных исходных материалов). Объясняется это тем, что для подобных систем планирования, настроенных на работу с каждым отдельным изделием, партией или заказом, в принципе безразличны масштабы производства, частота сменяемости продукции и другие факторы, оказывающие негативное влияние на другие системы. Плата за это — высокая трудоемкость плановых расчетов.

20.2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Ввиду огромной трудоемкости централизованных плановых расчетов в первой половине XX в. применялась *упрощенная модель планирования*: расчеты выполнялись для комплектов изделий, «ведущих» изделий, изделий-представителей, а в целях резервирования создавались огромные запасы и заделы незавершенного производства. Разнообразие продукции, выпускаемой крупными сериями, было невелико, а плановые периоды текущего планирования, напротив, продолжительны — год, квартал, месяц, что также существенно

упрощало планирование. В отечественной промышленности такая модель планирования активно развивалась и к 1960—70-м гг. была доведена практически до совершенства.

Особенность советского планирования состояла в том, что независимый спрос на конечный продукт фиксировался планом экономического и социального развития на пятилетку (с разбивкой по годам) и становился зависимым от этого плана. Речь идет о зависимой версии независимого спроса. Противоречие, объективно заложенное в эту парадигму, постоянно приводило к конфликтам в системе. Внутризаводское планирование, наоборот, из-за технических трудностей ручного выполнения расчетов реализовывало для большинства компонентов продукции независимую версию зависимого спроса. Издержками такой практики являлось высокозатратное и, соответственно, неэффективное производство.

В начале 1930-х гг. российский ученый О. И. Непорент¹¹ предложил идею полномасштабного централизованного планирования, суть которой была изложена выше. В начале 1940-х гг. некоторые менеджеры в США также стали менять свои представления об управлении. С середины 1950-х гг. расчеты, соответствующие новой концепции, выполнялись вручную. Поскольку на нижнем уровне иерархии расчетов определяется потребность в закупках исходных материалов, этот подход за рубежом в середине 1960-х гг. получил название «*планирование потребности в материалах*» (*material requirements planning, MRP*), хотя точнее было бы назвать его «*планирование потребности в компонентах изделий*». В 1970-е гг., когда началось массовое внедрение в производство средств вычислительной техники, соответствующий программный продукт стал доступен широкому кругу пользователей в США и Западной Европе, где его применение стало повсеместным. Использование современных информационных технологий и вычислительной техники является необходимым условием успешного внедрения системы *MRP*, так как позволяет оперативно выполнять объемные расчеты при повторном планировании производства.

20.3. МЕХАНИЗМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В КОМПОНЕНТАХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ЗАВИСИМОМ СПРОСЕ

Система MRP — система централизованного управления «выталкивающего» типа, планирующая наличие необходимых компонентов продукции в нужном месте в установленном время и в требуемом количестве для наиболее полного удовлетворения зависимого спроса на них, а следовательно, и независимого рыночного спроса на готовую продукцию. Принципиальная структура системы *MRP* представлена на рис. 20.1. В качестве исходной информации система *MRP* использует: а) спрос на конечную продукцию предприятия, будь то прогноз или заявки покупателей, т. е. независимый спрос; б) величину заделов

¹¹ Непорент О. И. Технические основы календарного движения производства./ Под ред. И. З. Ершина и А. А. Вейсмана. Л.- М.: Гос. изд-во «Стандартизация и рационализация», 1933.

незавершенного производства на местах и количество изделий, запущенных в производство; в) размер складских запасов и заявки на их пополнение; г) четко определенную структуру (конструкторский состав) производимых изделий. В результате работы системы *MRP* формируются потребности в новых запусках в изготовление компонентов изделий и в новых закупках материалов, или графики удовлетворения зависимого спроса.

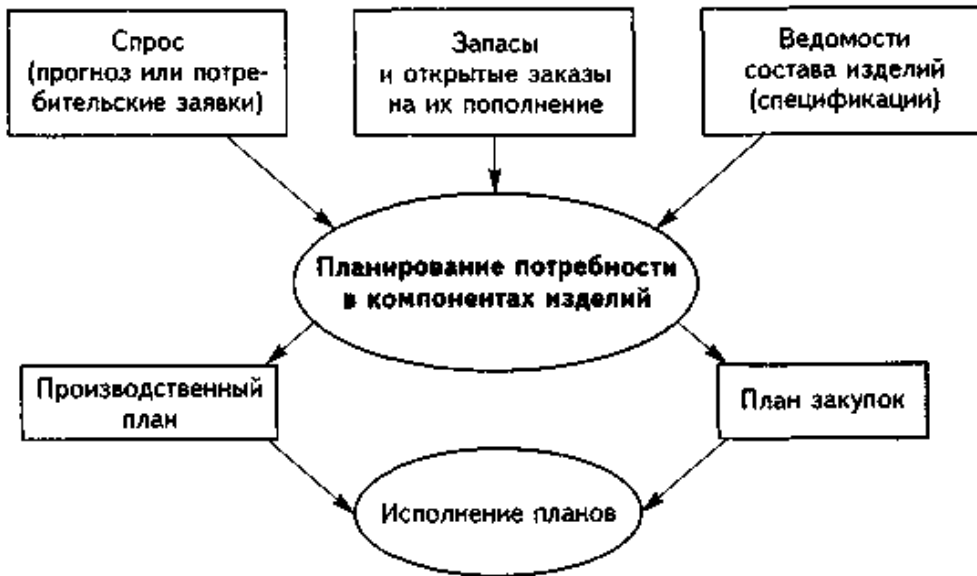


Рис. 20 1. Принципиальная структура системы *MRP*

Механизм действия системы *MRP* можно проиллюстрировать на примере. Из теории управления запасами известно, что *свободный остаток запаса* на складе используется для принятия решения о пополнении запасов («когда заказывать» — при фиксированной партии поставки, «сколько заказывать» — при фиксированном ритме поставки). Расчет свободного остатка выполняется следующим образом:

$$\text{Свободный остаток запаса} = \text{Текущий запас} - \text{Полная потребность (распределенные ресурсы)} + \text{Заказанные ранее партии}$$

MRP-расчет также основан на использовании этого соотношения, но в отличие от системы управления запасами — в динамике. Ожидаемый свободный остаток запаса период за периодом совершенно точно рассчитывается (без элементов прогноза) из этого соотношения. Это главная рабочая процедура в системе *MRP*. Она уже самодостаточна для планирования, так как известный свободный или, другими словами, доступный для использования остаток запаса ресурса на складе — это главный параметр *MRP*-расчета. Очередная заказываемая партия должна быть получена к моменту, когда свободный остаток запаса оказывается меньше резерва. На основе свободного остатка рассчитывается и чистая потребность в компоненте:

$$\begin{array}{rcccl}
 \text{Чистая} & = & \text{Резерв} & - & \text{Свободный} & = & \text{Полная} & - \\
 \text{потребность} & & & & \text{остаток запаса} & & \text{потребность} & \\
 \\
 \text{Текущий запас} & & \text{Ожидаемое получение} & & & & & \\
 - \text{ предыдущего} & - & \text{ заказанных} & & & + & \text{Резерв} & \\
 \text{периода} & & \text{ ранее партий} & & & & &
 \end{array}$$

Если чистая потребность отрицательна, то она приравнивается к нулю, и заказ на изготовление новой партии не открывается, если потребность существует, то должен быть спланирован новый заказ для ее удовлетворения. Чистые потребности играют ключевую роль в МЛР-процедуре, так как разработка плана производства, удовлетворяющего чистые потребности, есть ее главная задача.

Главное различие двух сравниваемых систем управления состоит в том, что управление запасами ориентировано на независимый спрос или независимую версию зависимого спроса, в то время как система *MRP* учитывает только зависимый спрос или зависимую версию независимого спроса. Также отсутствует ключевой параметр модели управления с фиксированной партией поставки — *точка заказа*. Момент получения нового заказа определяется условием, когда свободный остаток окажется меньше резервного запаса или нуля, если резерв не планируется. Если рассчитанная чистая потребность будет при этом превышать размер партии поставки, то заказывается одновременно несколько партий (при этом предполагается, что время поставки/изготовления не увеличится):

Рассмотрим процедуру *MRP* расчета по неделям (табл. 20.1). Резервный запас равен 5 ед., заказ (фиксированная партия поставки) EOQ - 20 ед., время выполнения заказа (срок поставки) - 4 недели, начальный свободный остаток запаса - 38 ед.

Изменение ожидаемого свободного остатка происходит только за счет использования запаса компонента для удовлетворения спроса на него (уменьшение) и получения новых партий (рост).

$$22\text{-я неделя: } 38 - 10 = 28;$$

$$23\text{-я неделя: } 28 - 15 = 13;$$

$$24\text{-я неделя: } 13 - 20 + 20 = 13 \text{ (получение поступившего ранее заказа);}$$

$$25\text{-я неделя: } 13 - 0 = 13;$$

$$26\text{-я неделя: } 13 - 5 = 8;$$

27-я неделя: $8 - 10 + 20 = 18$ (первоначально ожидаемый остаток в размере —2 ед. меньше резерва на 7 ед., это и есть чистая потребность; для исключения дефицита должно быть запланировано получение партии фиксированной величины 20 ед. - а значит, и заказ этой партии четырьмя неделями ранее);

28-я неделя: $18 - 15 + 20 = 23$ (первоначально ожидаемый остаток в размере 3 ед. меньше резерва на 2 ед., это и есть чистая потребность; для восполнения резерва должно быть запланировано получение партии фиксированной величины в 20 ед. — а значит, и заказ этой партии четырьмя неделями ранее);

$$29\text{-я неделя: } 23 - 10 = 13.$$

Таблица 20.1

Процедура MRP-расчета (вариант 1)

Показатели		Недели							
		22	23	24	25	26	27	28	29
Зависимый спрос на компоненты разной «входимости»:									
в изделие А		2	5	10		5	5	4	9
в изделие Б		4	4	2			5	1	1
в изделие В		4	6	8				10	
Итого (полная потребность):		10	15	20	0	5	10	15	10
Ожидаемое получение оформленных ранее заказов				20					
Свободный остаток запаса без учета нового заказа	38	28	13	13	13	8	-2 (< 5)	3(<5)	13
Свободный остаток запаса	38	28	13	13	13	8	18	23	13
Чистая потребность			0	0	0	0	5 - (-2) = 7	5 - 3 = 2	0
Планируемое получение заказываемой партии							20	20	
Планируемое поступление нового заказа партии			20	20					

MRP-расчет показывает, когда и сколько следует получить, когда и какие заказы следует сделать, причем заказы не только на изготовление компонента, но и на его закупку (закупку сырья или материала) при необходимости. В последнем случае для расчета используется не время изготовления партии, а срок ее поставки. Кроме того, результаты MRP-расчета дают информацию для планирования производственной мощности, для установления приоритетов при составлении расписаний изготовления партий различных компонентов в цехах и на участках, для управления закупками. Для закупаемого на стороне изделия расчет был бы завершен, но для изготавливаемого изделия аналогичный плановый расчет должен быть сделан применительно ко всем входящим в него компонентам, что определяет иерархичность MRP-расчета. Причем сроки, когда возникнет потребность в этих компонентах, указаны стрелками в последней строке табл. 20.1. Данные о структуре изделия и «входимости» в него компонентов - это нормативная конструкторская информация, поступающая на вход *MRP-расчета*. К параметрам входа в *MRP-расчет* также относят:

- 1) спрос или главный план-график производства;
- 2) ведомость состава каждого конечного изделия;
- 3) свободный остаток запаса каждого компонента;
- 4) открытые ранее заказы на изготовление или закупку;
- 5) стратегия планирования пополнения запаса (политика заказа);
- 6) параметры планирования (например, размер партий, резервные запасы и сроки поставки/изготовления партий);

Параметры выхода из MRP-расчета включают:

- а) новые заказы на изготовление или закупку;

б) рекомендации по принятию решений об изменении сроков исполнения открытых ранее заказов или их аннулировании.

Продолжим рассмотрение механизма МЯР-расчета, проведем анализ ряда входящих в него элементов.

20.4. ГЛАВНЫЙ ПЛАН-ГРАФИК ПРОИЗВОДСТВА

Главный план-график производства (ГПП) определяет, что должно быть сделано и когда в терминах: 1) единиц конечной продукции (как правило, на предприятиях, работающих «на склад»); 2) индивидуальных заказов покупателя (для предприятий с единичным производством); 3) числа модулей в заделах (для массового производства многообразных модификаций готовой продукции).

График должен быть согласован с *планом производства и реализации* продукции. Производственный план использует множество входных данных, включая финансовые планы, потребительский спрос, пропускную возможность инженерных служб, возможности трудовых ресурсов, колебания запасов, оценку поставщиков и др. Менеджер должен быть уверен, что принял лучший план, осуществляя который производственная система наиболее рациональным образом удовлетворит спрос на конечную продукцию по номенклатуре и в заданные сроки. В то же время план должен быть реализуем. Это может быть проверено путем грубой оценки производственной мощности. Для этого для каждой производимой единицы продукции составляется ведомость ключевых ресурсов, нехватка которых может поставить под сомнение стопроцентное выполнение плана. В ведомости отражается разбалансировка ресурсов и возможное компенсирование ее путем сдвига времени использования ресурса на более ранние сроки. Постоянное отслеживание общей потребности в ключевых ресурсах с учетом фактического изготовления продукции и сравнение ее с доступными ресурсами системы позволяет принять меры для обеспечения выполнимости главного плана-графика. Таким образом, в системе планирования появляется контур обратной связи. Более подробно эти связи рассматриваются в главе 21.

Поскольку производственный план и график производства отражают разные типы спроса, между ними неизбежно должен существовать некий переходный период. Действительно, производственный план отражает рыночный спрос и в конечном счете он не может быть однозначно зафиксирован в разрезе номенклатуры и объема выпускаемой продукции. А график производства для того, чтобы он мог выполняться на рабочих местах, должен быть четко фиксирован. Только в этом случае можно говорить о формировании зависимого спроса на компоненты конечной продукции, зафиксированные в ГПП. Для создания такого переходного периода горизонт планирования главного плана-графика производства условно делится на три интервала.

Первый интервал — от текущего момента времени до некоторой точки «фиксированного спроса» на оси времени. Практика показывает, что продолжительность этого интервала приблизительно равна четверти длительности

цикла изготовления конечной продукции. Задачей планирования на этом интервале является удержание по возможности неизменными всех плановых заданий с тем, чтобы дать исполнителям возможность нормально работать. Здесь информацию ГПП, используемую в МЛР-расчетах в качестве исходной, можно отнести к категории постоянной и, как правило, стопроцентно точной. Третий интервал — за пределами некоторой точки «планируемого спроса». Практика показывает, что эта точка отстоит от текущего момента ориентировочно на время, необходимое для изготовления всех компонентов конечного продукта. Здесь задания главного плана-графика рассматриваются еще как текущие, изменяемые. Второй интервал— между двумя отмеченными выше точками — относится к области регулирования и поиска баланса между планом производства и ключевыми ресурсами. Здесь какие-то задания могут сдвигаться во времени, а, значит, исходная информация в этом интервале переменна и не совсем точна. Таким образом, чем дальше уходить от текущего момента, тем менее определенным и более динамичным становится главный план-график производства. В качестве примера в табл. 20.2 представлен первый, фиксированный интервал главного плана-графика производства некоторого конечного изделия *A*.

Таблица 20.2

Главный план-график производства (первый интервал горизонта планирования)

Неделя План	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Выпуск продукции, шт.	50	-	100	47	60	-	110	75	—

Для успешного практического применения системы важно, чтобы люди, работающие с ней, доверяли результатам расчетов. Чтобы добиться допустимой точности результатов, следует установить требования к точности исходной информации, используемой системой. Любые изменения, вносимые в конструкцию изделия, в технологию и временные характеристики его изготовления, связанные с параметрами оборудования и процессов, и многие другие, должны оперативно отражаться в нормативной базе. Вопрос состоит в том, какой уровень точности исходной информации является минимально необходимым и как часто следует вносить изменения, уточняющие исходные данные.

Известно, что уровень точности выходных данных (вероятность отсутствия в них ошибок) определяется произведением вероятностей отсутствия ошибок во всех исходных данных. И если высокую точность прогноза независимого спроса получить сложно, то точность данных, используемых в М&Р-процедуре (учета запасов, открытых заказов, отслеживания изменений в составе изделий), находится в непосредственном ведении внутреннего производственного менеджмента. При обычной для многих предприятий точности учета примерно в 60% теоретическая точность результатов составит менее 8%. То есть каждые 11 из 12 результирующих данных, вероятно, будут ошибочны. Очевидно, что этот вариант неприемлем. Для получения на выходе MRP-расчета точности, превы-

шающей 90%, необходимо, чтобы точность исходных данных была на уровне 96-98 %.

Разработанный на основе MRP-процедуры план потребности в компонентах не постоянен. Со временем появляются изменения в конструкции изделия, технологических процессах и графиках его изготовления. Так, исключение из структуры изделия ставших ненужными компонентов, срыв сроков поставок, поломки оборудования и многие другие причины вносят изменения в план потребности. Не касаясь причин появления этих изменений, можно утверждать, что модель *MRP* должна обладать способностью к адаптации для оперативного отражения всех возникших изменений. И если в результате такой адаптации расписание после начала изготовления всех элементов отражает реальное состояние дел, то это означает, что производственное расписание удовлетворительно. Проведение корректировок расписания в результате возникающих изменений является громоздким и трудоемким процессом, если его делать вручную, кроме того, это может привести к появлению ошибок. Но обычно Л/ЛР-процедуры компьютеризированы и представляют собой эффективный инструмент планирования.

Таким образом, центральным достоинством системы *MRP* является способность точно и своевременно (скажем, один раз в неделю) осуществлять повторное планирование. Эта способность известна под названием «*восстанавливающее планирование потребности в компонентах*». В системе *MRP* используется целый комплекс программ повторного планирования, позволяющих получить новый план чистых потребностей. При этом текущий пересчет охватывает только те компоненты, которых коснулись изменения.

Иногда высказывается мнение, что для повышения степени доверия исполнителей к результатам MRP-расчетов необходимо чаще выполнять процедуры повторного планирования. Это, в свою очередь, потребует разработки более совершенных компьютерных программ с меньшим временем расчетов. Однако несмотря на то, что возможность частого и быстрого пересчета представляется как технически вполне выполнимая и весьма привлекательная характеристика системы *MRP*, многие фирмы обнаруживают, что они не хотели бы часто реагировать на незначительные изменения, хотя и осознают важность этого. В частности, ранее уже шла речь о «замораживании» заданий ГПП на первом, самом близком по времени интервале планирования. В противном случае спрос трудно было бы признать зависимым, а выполняемые MRP-расчеты — правомерными. То же можно сказать и о конструктивном составе изделий. Внесение частых изменений в планы потребности носит название «*нервозность*» планирования. «Нервозность» может привести к хаосу в отделах снабжения и производственного планирования. Следовательно, даже если техническая возможность частого отражения текущих изменений существует, *MRP*-менеджеры стремятся понизить «нервозность» путем оценки необходимости и целесообразности таких действий прежде, чем распространять сообщения о них в другие отделы. С помощью восстанавливающего планирования потребности в компонентах *MRP*-менеджеры могут реагировать на динамично меняющийся реальный мир. Однако частота изменений текущих планов предприятия должна

быть подтверждена профессиональным анализом. Более того, если «нервозность» вызывается на первый взгляд неизбежными причинами (поломка оборудования, срыв поставок и др.), то соответствующая реакция производственного менеджмента может принять форму исследования степени «неизбежности» их возникновения, а не подстраивания к ним управления производством с помощью широких возможностей системы *MRP*.

20.5. ВЕДОМОСТЬ СОСТАВА ИЗДЕЛИЯ

Как только новый продукт выбирается предприятием для выпуска на рынок, он должен быть однозначно определен. Сначала товар (услуга) определяется в терминах его функций, т. е. определяется, что он должен делать или какую потребность удовлетворять. Затем товар проектируется, т. е. определяется, как эти функции будут выполняться. Конструкции новых изделий обязательно документируются. В соответствии с системой российских стандартов полную информацию о конструкции любого изделия дает рабочая конструкторская документация, в частности:

- чертежи оригинальных деталей;
- сборочные чертежи и спецификации сборочных единиц;
- ведомости спецификаций (ведомости состава изделий).

Ведомость состава изделия (bill of material, BOM) представляет собой перечень определенных количеств компонентов и материалов, необходимых для того, чтобы произвести готовое изделие, а также иерархию вхождения компонентов нижнего уровня в компоненты верхнего. Чертеж дает всю необходимую информацию для того, чтобы изготовить один компонент изделия. Для сложных товаров ведомость состава изделия является иерархической структурой, ссылается на другие ведомости. Элементы выше данного уровня называются «родителями»; элементы ниже данного уровня называются компонентами, или «детьми». Изменения или модификации конструкции оформляются извещениями на изменение. Обычное для многих предприятий большое число конструктивных изменений их товаров существенно затрудняет процесс планирования, приводит к возникновению ошибок.

Каждой организации требуются документы для определения их продуктов. Это верно для любых продуктов (начиная от сыра, компьютера, самолета и вплоть до медицинских процедур, банковских услуг и т. п.). Очевидно, что форма записи структуры услуг и ряда товаров может быть отлична от указанной выше. Чтобы убедиться в этом, достаточно ознакомиться, например, с составом изделия «масло растительное». Для чего пройти на кухню, взять в руку пластиковую упаковку масла и прочитать этикетку на нем. Ведомость состава изделия полностью определяет структуру изделия. Рассмотрим, как рассчитывается зависимая потребность для каждого отдельного компонента.

Пример 20.1

Пусть спрос на изделие *A* составляет 50 ед. Каждая единица *A* требует две единицы *B* и три единицы *C*. Каждая единица *B* требует две единицы *D* и три единицы *E*. Далее каждая

единица *Стребует* одну единицу *£* и две единицы *F*. И каждая единица *F* требует одну единицу *С* и две единицы *D*. Имея эту информацию, можно графически представить структуру изделия (рис. 20.2).

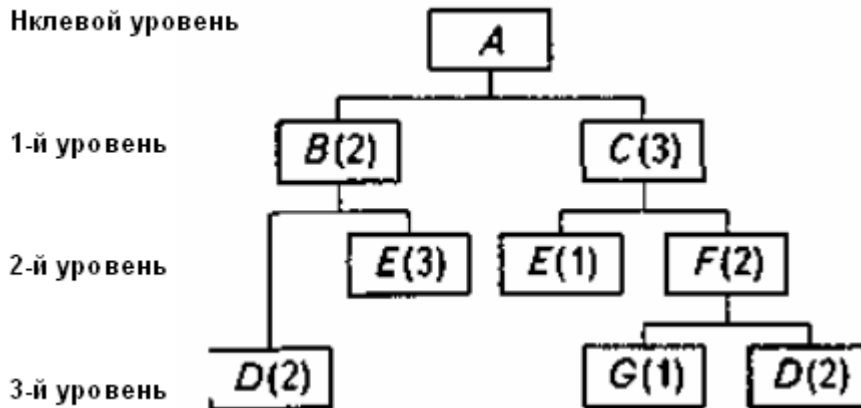


Рис. 20.2. Структура изделия с количественными данными о «входимости» компонентов

Структура имеет четыре уровня «входимости». В изделии четыре «родителя»: *A*, *B*, *C* и *F*. Каждая единица-родитель имеет, по крайней мере, один уровень ниже нее. Единицы *B*, *C*, *D*, *E*, *F* и *G* являются компонентами, потому что каждая из них имеет, по крайней мере, один уровень выше нее. В этой структуре *B*, *C* и *F* являются и «родителями», и компонентами. Числа в скобках указывают, какое количество соответствующих компонентов необходимо, чтобы изготовить одну единицу «родителя». Так, *B(2)* означает, что требуются две единицы *B* для изготовления каждой единицы *A*. Имея развернутую структуру изделия, можно определить количество единиц каждого компонента, требующееся для удовлетворения спроса. Эта информация показана в табл. 20.3.

Таблица 20.3

Компоненты	Расчет потребности	Результат
<i>B</i>	2×50	100
<i>C</i>	3×50	150
<i>D</i>	$2 \times 100 + 2 \times 300$	800
<i>E</i>	$3 \times 100 + 1 \times 150$	450
<i>F</i>	2×150	300
<i>G</i>	1×300	300

Таким образом, ведомость и расчет наглядно показывают, что потребность в компонентах *B*, *C*, *D*, *E*, *F* и *G* полностью зависит от спроса на *A*.

Ведомости состава изделия могут быть также использованы при производстве *модулей*. Модули не являются конечной продукцией предприятия и не предназначены для реализации в качестве товара. Они являются лишь компонентами, которые могут быть произведены, а затем в разных комбинациях собраны в различные модификации изделия. Ведомости состава изделия для них называются *ведомостями состава модулей*. Ведомости состава конечной продукции тогда составляются как модульные потому, что графики производства модулей часто более важны для процесса планирования и изготовления изде-

лий, организуя процесс относительно небольшого числа модулей, а не относительно множества готовых изделий.

Например, предприятие может изготавливать 13 800 различных конечных продуктов, но имеет только 40 модулей, из которых в различных комбинациях собираются эти изделия. Предприятие прогнозирует потребности в конечных изделиях, составляет ведомости состава модулей и производственный график для изготовления 40 модулей, а не 13 800 различных конфигураций конечных изделий. При получении заказа 40 модулей могут быть быстро собраны в необходимом сочетании, чтобы удовлетворить спрос на конечную продукцию.

Существуют и иные формы ведомости состава изделия: ведомости планирования и временные ведомости. *Ведомости планирования* создаются для того, чтобы назначать «искусственного родителя». Это бывает необходимо в двух случаях: 1) если необходимо так сгруппировать предметы труда, чтобы уменьшилось число единиц, включаемых в расписание; 2) если целесообразнее выпускать комплекты унифицированных компонентов широкого использования для производственного отдела. Например, неэффективно выпускать шпонки, число которых огромно, персонально для каждой сборочной единицы, поэтому вся потребность в шпонках называется «комплект» и готовится ведомость планирования для таких комплектов. Ведомость планирования специфицирует комплект, подлежащий выпуску. Ведомость планирования известна также под названием псевдоведомость, или «номер комплекта».

Временные ведомости состава изделия являются ведомостями состава компонентов, обычно сборочных единиц, которые существуют только временно и предназначены непосредственно для новой сборки. Они кодируются, чтобы получить специальную обработку; время на обработку — нулевое. Они трактуются как составная часть их «родительской» единицы, никогда не складываются и не входят в заделы.

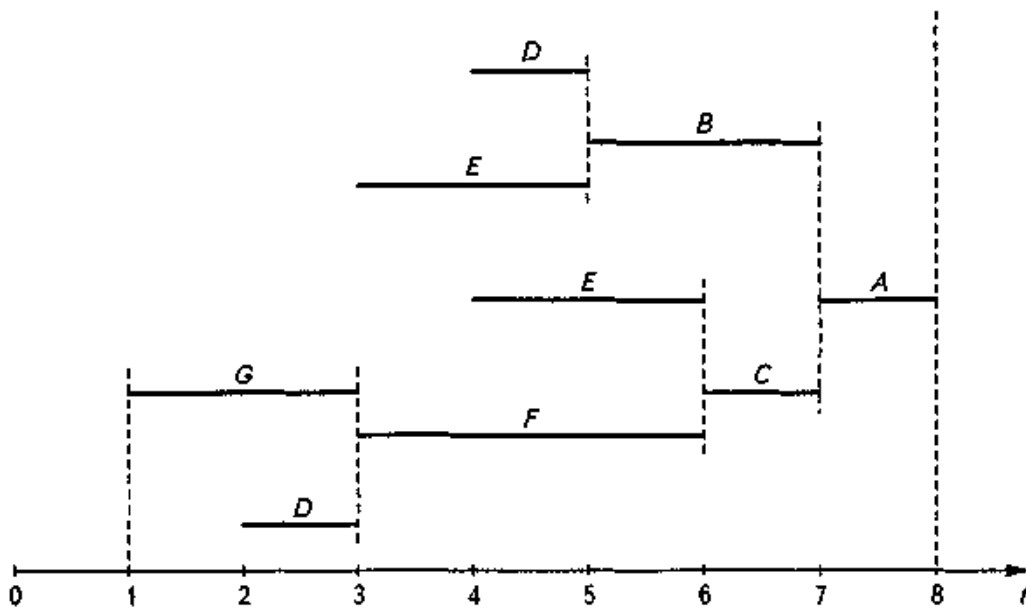
При документировании структуры изделия актуальна проблема *кодирования* компонентов, так как коды должны однозначно идентифицировать каждую составную часть изделия. При этом используется *принцип кодирования по нижнему уровню* вхождения компонента в изделие. Использование этого подхода становится необходимым, когда идентичные компоненты существуют на различных уровнях ведомости состава изделия. Принцип кодирования по нижнему уровню означает, что единица кодируется по самому нижнему уровню, на котором она встречается. Например, компонент *DB* в примере 20.1 мог бы кодироваться как составная часть *B*, и тогда бы он кодировался по второму уровню. Но поскольку *D* является также и частью *F*, а *F* сам кодируется уровнем 2, то компонент *D* кодируется уровнем 3. Принцип кодирования по нижнему уровню — прием, позволяющий легко компьютеризировать расчет потребности в каждом конкретном компоненте изделия. Когда ведомость состава изделия имеет тысячи единиц «входимости», когда потребности часто пересчитываются, легкость и быстрота компьютерных расчетов становятся важными факторами.

Для производственного менеджмента важнейшим параметром организации производственного процесса является *время*. Определяется время изготовления компонентов изделия и изделия в целом, время пролеживания, время пе-

реналадки, очередность во времени запуска компонентов в изготовление и т. д. Когда известна ведомость состава изделия и задано время изготовления всех компонентов, можно перейти к временной структуре изделия или, другими словами, к *цикловому графику изготовления изделия*. График может быть также дополнен циклами доставки материалов от поставщиков. Для примера 20.1 структура изделия показана на рис. 20.2, время изготовления компонентов в табл. 20.4, цикловой график изготовления на рис. 20.3. Из циклового графика видно, что полная длительность цикла изготовления изделия *A* составляет 7 недель. Очевидным также становится удобство использования этого подхода для планирования изготовления всех компонентов и изделия в целом.

Таблица 20.4

<i>Компоненты</i>	<i>Время изготовления или поставки, нед.</i>	<i>Компоненты</i>	<i>Время изготовления или поставки, нед.</i>
<i>A</i>	1	<i>E</i>	2
<i>B</i>	2	<i>F</i>	3
<i>C</i>	1	<i>G</i>	2
<i>D</i>	1		

Рис. 20.3. Цикловый график изготовления (временная структура) изделия *A*

Пример 20.2

Продолжим рассмотрение ситуации, показанной в примере 20.1. Пусть предприятие производит все элементы изделия *A*, структура которого показана на рис. 20.2, кроме компонента *E*. Компонент *E* — это покупное изделие, партия поставки которого фиксирована на уровне 200 единиц.

Будем считать, что к началу периода планирования на рабочих местах существовали текущие запасы (заделы незавершенного производства), размеры которых приведены в табл. 20.5, а резервные заделы на рабочих местах не предусмотрены.

Таблица 20.5

<i>Единица</i>	<i>Размер текущего запаса</i>	<i>Единица</i>	<i>Размер текущего запаса</i>
<i>A</i>	10	<i>E</i>	10
<i>B</i>	15	<i>F</i>	0
<i>C</i>	20	<i>G</i>	0
<i>D</i>	400		

На второй неделе планируется поступление 5 штук изделия /заказанных ранее собственному производственному подразделению. Используя эту информацию, необходимо построить:

1) план полной потребности в компонентах для покрытия спроса в изделиях *A* на восьмой неделе;

2) график изготовления к окончанию восьмой недели 50 штук изделия *A* и всех его компонентов в количествах, обеспечивающих заданный выпуск готовой продукции, или, другими словами, план покрытия чистых потребностей.

Также следует отследить динамику заделов на рабочих местах. Для планирования всех компонентов (кроме *E*) используем самую простую и логичную (но не всегда экономичную) политику заказов «партия за партией». Подробнее все возможные варианты политики заказов будут рассмотрены в разделе 20.6. Результаты расчетов показаны в табл. 20.6 и 20.7.

Таблица 20.6

Процедура MRP-расчета (вариант 2)

<i>Единица</i>	<i>Показатели планирования</i>	<i>Недели</i>								<i>Время изготовления, нед.</i>
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	
<i>A</i>	Полная потребность Планируемое поступление нового заказа							50	50	1
<i>B</i>	Полная потребность Планируемое поступление нового заказа					100		100		2
<i>C</i>	Полная потребность Планируемое поступление нового заказа						150	150		1
<i>D</i>	Полная потребность Планируемое поступление нового заказа		600	600	200	200				1
<i>E</i>	Полная потребность Планируемое поступление нового заказа			400	200	300	150			2
<i>F</i>	Полная потребность Планируемое поступление нового заказа			300			300			3
<i>G</i>	Полная потребность Планируемое поступление нового заказа	300		300						2

Интерпретация составления плана производства изделия *A* (табл. 20.7) со всеми вхо-

дьящими в него компонентами следующая. Если на восьмой неделе необходимо выпустить 50 изделий *A*, то следует начать их сборку на седьмой неделе. С другой стороны, 50 штук - это полная потребность, а мы исходим из того, что на складе готовой продукции уже имеется запас в 10 изделий *A*. Отсюда планируется производство *A* только в объеме необходимой или чистой потребности в 40 штук, что позволяет избежать появления излишних запасов. Это оказывает влияние также на планы полной и чистой потребности в компонентах *B* и *C*. Для обеспечения непрерывности производственного цикла возникает необходимость иметь на седьмой неделе 80 компонентов *B* и 120 компонентов *C*. Изготовление этих компонентов потребует соответственно двух недель и одной недели. Тогда производство изделий *B* должно быть начато на пятой неделе в объеме чистой потребности 65 штук, а производство изделий *C* - на шестой неделе в объеме чистой потребности 100 штук. Планируя так производство в обратном направлении относительно хода технологического процесса, можно получить количество и сроки запуска и выпуска всех остальных компонентов.

Выполненный МЯР-расчет показывает, что если на рабочих местах или складах имеются запасы «родительских» элементов, то потребность и в них самих, и компонентах более низкого уровня уменьшается (табл. 20.6 и 20.7).

Таблица 20 7

Процедура MRP-расчета (вариант 3)

Единица	Нижний уровень	Время изготовления	Показатели планирования	Недели										
				1	2	3	4	5	6	7	8			
A	0	1	Полная потребность										50	
			Ожидаемое получение оформленных ранее заказов											0
			Текущий запас	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
			Чистая потребность											40
			Планируемое получение заказываемой партии											40
			Планируемое поступление нового заказа партии									40		
B	1	2	Полная потребность									80 ^A		
			Ожидаемое получение оформленных ранее заказов											0
			Текущий запас	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	0
			Чистая потребность											65
			Планируемое получение заказываемой партии											65
			Планируемое поступление нового заказа партии							65				
C	1	1	Полная потребность										120 ^A	
			Ожидаемое получение оформленных ранее заказов											0
			Текущий запас	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	0
			Чистая потребность											100
			Планируемое получение заказываемой партии											100
			Планируемое поступление нового заказа партии									100		

Окончание табл. 20.7

E	2	2	Полная потребность					195 ^B	100 ^C			
			Ожидаемое получение оформленных ранее заказов									
			Текущий запас	10	10	10	10	15	115	115	115	
			Чистая потребность					185	85			
			Планируемое получение заказываемой партии					200	200			
			Планируемое поступление нового заказа партии			200	200					
F	2	3	Полная потребность						200 ^C			
			Ожидаемое получение оформленных ранее заказов		5							
			Текущий запас	0	5	5	5	5	0	0	0	
			Чистая потребность						195			
			Планируемое получение заказываемой партии						195			
			Планируемое поступление нового заказа партии			195						
D	3	1	Полная потребность					390 ^F	130 ^B			
			Ожидаемое получение оформленных ранее заказов									
			Текущий запас	400	400	10	10	0	0	0	0	
			Чистая потребность			0		120				
			Планируемое получение заказываемой партии					120				
			Планируемое поступление нового заказа партии			120						
G	3	2	Полная потребность					195 ^F				
			Ожидаемое получение оформленных ранее заказов									
			Текущий запас	0	0	0	0	0	0	0	0	
			Чистая потребность					195				
			Планируемое получение заказываемой партии					195				
			Планируемое поступление нового заказа партии			195						

20.6. ВЫБОР ПОЛИТИКИ ЗАКАЗОВ

Политика заказов позволяет формировать в динамике для каждого компонента изделия размеры партий, заказываемых для изготовления в собственном производстве или для закупки у поставщиков и обеспечивающих удовлетворение чистых потребностей. Известны несколько вариантов политики заказов, среди которых выделяют четыре базовых. Исходная информация для расчетов по алгоритмам, соответствующим каждой модели, практически одинакова и была представлена ранее. Это чистые потребности и текущий остаток запаса компонента.

1. *Политика «партия за партией»*. В соответствии с этим вариантом политики размер и срок изготовления партии полностью соответствуют величине чистой потребности и сроку возникновения потребности. При такой политике

запасы данного компонента не создаются. Политику можно считать приемлемой и рациональной для дорогостоящих компонентов, хранение в запасах которых связано для предприятия со значительными издержками (включая альтернативные), в то время как затраты на переналадку при переходе к их изготовлению (затраты на поставку — при закупке) невелики. Эта политика обеспечивает планирование производства по своим параметрам ближе всего подходящее к параметрам системы *ЛТ*. Степень ее рациональности может быть оценена через отклонение размеров формируемых партий от рассчитанных экономически оптимальных. Также такая политика оправдана, если конечное изделие, куда входит данный компонент, изготавливается на заказ и неизвестно, будут ли повторения этого заказа в будущем, а сам компонент не является модулем достаточно широкого применения.

2. *Политика «экономически оптимальной партии заказа» (EOQ)*. В соответствии с этой политикой всегда генерируется фиксированный по величине заказ, равный экономически оптимальному. Это приводит к изготовлению/поставке лишнего количества компонентов, которое формирует запас. Эта политика наиболее приемлема при работе с дешевыми изделиями и материалами и/или в ситуациях, когда затраты на переналадку велики, а сам компонент является модулем достаточно широкого применения.

3. *Политика «постоянных интервалов»*. В соответствии с этой политикой генерируются партии разной величины, покрывающие суммарную чистую потребность в компоненте на интервалах времени одинаковой продолжительности. Причем по окончании интервала новый заказ не поступает до тех пор, пока не возникнет следующая чистая потребность. Поэтому между интервалами появляются перерывы. Запасы в этом случае формируются в начале ин-

тервалов, а к их концу снижаются до уровня страховых. Такая политика подходит для компонентов, спрос на которые прерывист и изменчив по величине.

4. *Политика «фиксированного ритма заказа»*. Является разновидностью предыдущего варианта политики при условии, что между интервалами не делаются перерывы. Таким образом, заказы разной величины открываются ритмично, а ритм равен установленной длине интервала. Этот вариант наиболее приемлем, наоборот, для компонентов, спрос на которые постоянен и устойчив. Обе модификации последнего варианта политики используются преимущественно для заказа дорогостоящих компонентов, так как средний запас в этом случае невелик.

Эти четыре варианта политики приводят к формированию совершенно различных последовательностей заказов одного и того же компонента, сопряженных с различными суммарными затратами. Таким образом, выбор политики, наиболее соответствующей каждому компоненту изделия, можно считать критичным решением производственного менеджмента на предприятии, использующем для планирования процедуру *MRP*. Второй и четвертый варианты политики внешне напоминают модели управления запасами с фиксированной партией и фиксированным ритмом поставки. Однако при всей внешней схожести они различны по существу: в управлении запасами механизм формирования

нового заказа ориентирован на избежание дефицита при возникновении наилучших внешних условий, не определенных и не зависящих от воли менеджеров предприятия, в то время как в МЛР-процедуре чистая потребность на компоненты изделия известна и решение принимается менеджером в условиях определенности. К тому же модели формирования заказов в МЛР-процедуре намного проще.

Существуют и другие известные варианты политики заказов, из которых выделим *метод последовательного балансирования по отдельным периодам* и *алгоритм Вагнера—Витина*. Последний построен на использовании метода динамического программирования и сопряжен со значительными вычислительными затратами, поэтому на практике применяется реже. Выбор лучшего из пяти вариантов политики заказов по критерию минимизации затрат рассмотрен в следующем примере.

Пример 20.3

Требуется рассчитать суммарные затраты предприятия, обусловленные различными вариантами политики формирования заказов на один из компонентов выпускаемых им изделий, и выбрать лучшую для данного случая политику по критерию минимума затрат. В расчет приняты две составляющие: затраты на заказ (на переналадку оборудования) и затраты на хранение задела незавершенного производства. Калькуляция затрат дала следующие результаты: затраты на одну переналадку составляют 100 руб., затраты хранения одного изделия - 1 руб. в неделю. График полной потребности в компоненте на планируемый период задан. Страховые заделы этого компонента не создаются; заказов, оформленных до начала периода планирования и еще не полученных, нет; текущий запас на начало периода составляет 35 шт.; время изготовления партии любого размера — одна неделя. Рассчитана средняя потребность в компоненте - 27 шт. в неделю и общая — 270 шт. за период. Все выполненные расчеты сведены в табл 20.8-20.14.

Использование политики «экономически оптимальной партии заказа» требует предварительного расчета размера партии. Методика такого расчета была представлена в главе 18:

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2 \times 270 \times 100}{10}} = 73,4 \approx 73 \text{ шт.}$$

где 270 шт. — суммарная потребность в компоненте за период;
10 руб./нед. - затраты на хранение единицы в течение периода планирования.

Применение политики «постоянных интервалов» связано с расчетом продолжительности такого интервала. Примем его равным ритму заказа, соответствующему оптимальной партии:

$$R_{\text{опт}} = 73,4/27 = 2,72 \approx 3 \text{ нед.},$$

где 27 шт./нед. - средненедельная интенсивность потребления компонента из запаса.

При реализации политики «фиксированного ритма» в расчетах используем тот же ритм/период заказа, но без пропуска отдельных недель.

Последовательное балансирование по отдельным периодам (part period balancing, PPB) представляет собой более динамичный подход к выравниванию затрат переналадки и хранения. В политике *PPB* делается попытка сбалансировать затраты переналадки на основе данных о потребности. Для этого вводится

понятие «экономичная партия за период» (*EPP*), величина которой измеряется отношением затрат на переналадку к затратам на хранение. В нашем примере $EPP = 100$ шт. Другими словами, хранение 100 шт. изделий в течение одного периода потребует точно таких же затрат, что и одна переналадка, то же - хранение 50 шт. в течение двух периодов. Политика *PPB*, следуя предложенному подходу, будет стремиться к некоторому увеличению заказа так, чтобы суммарная по периодам потребность приближалась к *EPP*. Результаты расчетов по методу «последовательного балансирования по отдельным периодам» сведены в табл. 20.12 и 20.13.

Таблица 20.8

Политика «партия за партией»

Показатели планирования	Недели									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полная потребность	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Ожидаемое получение оформленных ранее заказов										
Текущий запас	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Чистая потребность	0	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Планируемое поступление нового заказа партии		30	40		10	40			30	
Планируемое получение заказываемой партии	30	40		10	40	30	30	30	55	55

Примечание. Затраты на хранение запасов равны нулю; семь переналадок вызывают суммарные затраты в 700 руб.

Таблица 20.9

Политика «экономически оптимальной партии заказа»

Показатели планирования	Недели									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полная потребность	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Ожидаемое получение оформленных ранее заказов										
Текущий запас	0	43	3	3	66	26	69	69	39	57
Чистая потребность	0	30	0	0	7	0	4	0	0	16
Планируемое поступление нового заказа партии		73			73		73			73
Планируемое получение заказываемой партии	73			73		73			73	

Примечание. Затраты на четыре переналадки равны 400 руб.; затраты на текущее хранение 375 шт. (по 1 руб. за неделю) равны 375 руб.; итого 775 руб.

Таблица 20.10

Политика «постоянных интервалов»

Показатели планирования	Недели									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полная потребность	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Ожидаемое получение оформленных заказов ранее	← →		← →				← →			
Текущий запас	0	40	0	0	70	30	0	0	55	0
Чистая потребность	0	30	0	0	10	0	0	0	30	0
Планируемое поступление нового заказа партии		70			80				85	
Планируемое получение заказываемой партии	70			80				85		

Примечание. Затраты на три переналадки равны 300 руб.; затраты на текущее хранение 195 шт. (по 1 руб. за неделю) равны 195 руб.; итого 495 руб.

Таблица 20.11

Политика «фиксированного ритма заказа»

Показатели планирования	Недели									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полная потребность	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Ожидаемое получение оформленных заказов ранее	← →		← →				← →			
Текущий запас	0	40	0	0	70	30	0	85	55	0
Чистая потребность	0	30	0	0	10	0	0	0	0	0
Планируемое поступление нового заказа партии		70			80			85		
Планируемое получение заказываемой партии	70			80			85			

Примечание. Затраты на три переналадки равны 300 руб.; затраты на текущее хранение 280 шт. (по 1 руб. за неделю) равны 280 руб.; итого 580 руб.

Таблица 20.12

Расчет объема заказа по методу РРВ

Объединяемые периоды	Совокупная потребность	Накопленная сумма хранящихся изделий с учетом периодов хранения	Затраты		
			на переналадку	на хранение	всего
2	30	0			
2,3	70	$40 = 40 \times 1$			
2,3,4	70	40			
2, 3, 4, 5	80	$70 = 40 \times 1 + 10 \times 3$	100	1×70	170
2, 3, 4, 5, 6	120	$230 = 0 \times 1 + 10 \times 3 + 40 \times 4$			

Окончание табл. 20.12

Объединяемые периоды	Совокупная потребность	Накопленная сумма хранящихся изделий с учетом периодов хранения	Затраты		
При объединении периодов со 2 по 5 значение 70 ближе всего к $ERP = 100$					
6	40	0			
6,7	70	30			
6,7,8	70	30			
6, 7, 8, 9	100	$120 = 30 \times 1 + 30 \times 3$	100	1×120	220
При объединении периодов с 6 по 9 значение 120 ближе всего к $ERP = 100$					
10	55	0	100	100	100
Итого					490

Таблица 20.13

Политика «последовательного балансирования по отдельным периодам»

Показатели планирования	Недели									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полная потребность	35	30	40	0	10	40	30	0	30	55
Ожидаемое получение оформленных ранее заказов										
Текущий запас	0	50	10	10	0	60	30	30	0	0
Чистая потребность	0	30	0	0	0	40	0	0	0	55
Планируемое поступление нового заказа партии		80				100				55
Планируемое получение заказываемой партии	80				100				55	

Таблица 20.14

Политика	Суммарные затраты, руб.
«Партия за партией»	700
«Экономически оптимальной партии»	775
«Постоянных интервалов»	495
«Фиксированного ритма заказа»	580
«Последовательного балансирования по отдельным периодам»	490

Вывод по размерно-объемным расчетам. Сравнение затрат по вариантам политики заказов приводится в табл. 20.14. Лучшим можно признать последний вариант. Однако эти расчеты не должны подталкивать менеджеров к поспешным выводам относительно предпочтительной политики заказов. Существует множество факторов, которые не были учтены и которые могут повлиять на окончательный выбор. Делая такой выбор, необходимо проявлять осторожность и предварительно тщательно взвешивать любое намечаемое изменение размера партии, потому что это может нарушить тот минимально необходимый уровень запасов, на котором строится иерархия планов системы *MRP*.

Отметим, что при планировании различных компонентов могут быть ис-

пользованы разные варианты политики заказов. В целом можно дать такие практические рекомендации. Там, где затраты переналадки значительны и спрос более или менее постоянен, последовательное балансирование по периодам, алгоритм Вагнера—Витина или даже использование оптимальной партии обеспечивают удовлетворительные результаты. Обычно использование метода «партия за партией» должно рассматриваться как наиболее приемлемое.

Таким образом, MRP-расчеты предназначены для расчета плана потребности в материалах, комплектующих, деталях и сборочных единицах на производственную программу конечных изделий. Для расчета используются нормы расхода материалов или «входимости» компонентов в изделие; так определяется их полная потребность. Из полной потребности вычитается то количество материалов или компонентов, которое имеется в запасах и не должно заказываться для производства или закупок; так формируется чистая потребность на программу изделий. На основе известных норм времени на выполнение технологических операций с учетом принятых схем организации производственного процесса внутри цехов и/или участков строятся производственные расписания удовлетворения чистой потребности для всей цепочки технологически взаимосвязанных производственных и снабженческих подразделений. При этом имеется возможность решать задачи расчета и оптимизации загрузки производственных мощностей. Планы производства и снабжения в системе MRP согласуются в среднесрочной перспективе, обеспечиваются также текущее регулирование и контроль использования производственных запасов. Формализация принятия решений производится с помощью методов исследования операций.

Концепция планирования потребности в компонентах изделий нацелена:

- на улучшение покупательского сервиса с учетом возможности частых изменений рыночного спроса;
- на точное и своевременное удовлетворение потребностей в цепи снабжения и производства;
- на улучшение использования оборудования и труда;
- на улучшение планирования запасов и контроля их движения.

Применение системы MRP имеет в то же время ряд недостатков и ограничений:

- она ориентирована в первую очередь на решение задач материального учета и расчета потребности в материалах и компонентах изделий, не обеспечивая вместе с тем решения задач применительно к другим факторам производства (ресурсам);
- она требует значительного объема вычислений, подготовки первичных данных и обеспечения их высокой точности, что увеличивает процедурное время и эксплуатационные расходы;
- она имеет большое число отказов из-за сложности программного и информационного обеспечения и большой размерности задач, что делает непривлекательным вложение средств в эти дорогостоящие комплексы;
- она практически не имеет возможности реагировать на частые и кратковременные изменения спроса, что не позволяет работать без запасов.

Эти и другие недостатки системы MRP обусловили необходимость ее

дальнейшего совершенствования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Сформулируйте все различия между системами *ЛТ* и *MRP*. 1. Как влияет на эффективность использования системы *MRP* изменение горизонта планирования?

3. Позволяет ли система *MRP* планировать внешние поставки (например, сырья и материалов) или она рассчитана только на «внутреннее потребление»?

4. В чем состоит принцип кодирования по нижнему уровню «входимости» компонентов изделия?

5. Выполните полный *MRP*-расчет плана производства изделия *B* и его компонентов, если известно, что спрос на изделия составляет 20 шт., его структура представлена на рис. 20.4, время изготовления и имеющиеся заделы на рабочих местах в табл. 20.15. Поступления ранее открытых заказов не планируются. Используйте для разных компонентов различные варианты политики заказов партий.

Таблица 20.15

Единица	Время изготовления, нед.	Размер текущего запаса, шт.
<i>B</i>	1	5
<i>K</i>	3	30
<i>L</i>	1	10
<i>M</i>	2	0
<i>N</i>	1	40
<i>O</i>	1	100
<i>P</i>	3	5

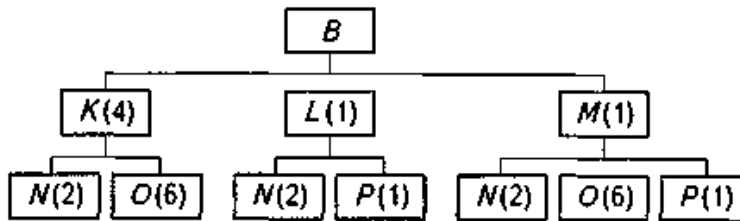


Рис. 20.4. Структура изделия с данными о «входимости» компонентов

ЧАСТЬ VII. КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ

ГЛАВА 21. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ

21.1. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В последние годы в мире информационных технологий управления произошла революция. Получили широкое распространение системы *управления ресурсами предприятия (enterprise resource planning, ERP)*. Первые такие системы появились более 30 лет назад, практически с того момента, как компьютеры стали использоваться для решения задач организационно-экономического управления предприятиями. В СССР такого рода системы назывались *интегрированными автоматизированными системами управления производством (ИАСУП)*.

Огромный опыт создания и развития информационных технологий управления предприятиями накоплен за рубежом. В своем развитии они прошли путь от систем *MRP* в 1960—70-е гг. до стандарта нового поколения — системы *MRPII (manufacturing resource planning)*, которая в последние годы является одним из наиболее распространенных в мире методов управления производством и распределением. Эта система разработана в США и поддерживается Американским обществом контроля производства и запасов (APICS). Организация APICS регулярно издает документ *MRP II Standard System*, в котором описываются основные требования к интегрированным информационным системам автоматизированного управления производством.

Три главных отличия современных систем *ERP*, полностью воплощенных в стандарте *MRPII*, - это интегрированность, гибкость (т. е. легкая приспособляемость к особенностям любого предприятия) и наличие технологий поэтапного внедрения. *Интегрированность* означает, что в системах *ERP* реально достигнута тесная связь между подсистемами. Это поднимает их на качественно более высокий уровень по сравнению с ИАСУП, которые собирались из нескольких узкофункциональных пакетов, слабо связанных между собой. Очевидно, что раздробленность таких систем приводила к дублированию информации, возникновению ошибок, снижению оперативности управления, а в конечном счете — к невозможности составления общей картины деятельности предприятия и эффективного управления им.

Рациональное управление строится на упорядочении информационных

потоков между всеми подсистемами предприятия (включая вспомогательные, от которых также в значительной степени зависит эффективность производства), на предоставлении доступа к данным менеджерам всех уровней для принятия управленческих решений, на накоплении информации для обобщения и анализа. Интегрированная система автоматизации управления предприятием — это, по сути, «операционная среда», которая способна предоставить актуальную и достоверную, полную и при необходимости обобщенную информацию руководителям о всех процессах, протекающих на предприятии. В этой среде реализуется полный рыночный цикл управления им - от планирования до анализа результатов деятельности и последующей корректировки планов.

Гибкость систем *ERP* основана на модульном принципе их построения. Современные системы такого класса состоят из ряда подсистем, которые могут компоноваться вместе в зависимости от конкретных потребностей предприятий. Минимальная комбинация включает следующие подсистемы: «Производство», «Финансы», «Сбыт, снабжение, склады», «Транспорт» и «Информационная система руководителя». В целом стандарт *MRPII Standard System* содержит описание 16 групп функций системы, которые и компонуются в ее подсистемы:

- 1) планирование производства и продаж;
- 2) управление спросом;
- 3) составление главного плана-графика производства;
- 4) планирование потребностей в компонентах изделий (*MRP*);
- 5) спецификация конечной продукции (модулей);
- 6) управление складскими запасами и незавершенным производством;
- 7) управление запланированными поставками;
- 8) управление цеховыми материальными потоками;
- 9) планирование потребности в производственных мощностях;
- 10) контроль входа/выхода системы, т. е. контроль использования производственных мощностей;
- 11) управление закупками и снабжением;
- 12) планирование распределения ресурсов;
- 13) планирование и управление инструментальным обеспечением производства;
- 14) планирование и управление финансами;
- 15) моделирование процессов производства;
- 16) оценка результатов деятельности предприятия.

Система постоянно развивается и совершенствуется. С накоплением опыта автоматизированного планирования и управления производственной и сервисной деятельностью формализуемые понятия системы уточняются, охватывая постепенно все больше функций. Наличие *технологий поэтапного внедрения* играет важную роль по двум причинам: процесс внедрения длителен, трудоемок и дорогостоящ; к тому же он зависит от особенностей предприятия, на котором система внедряется. Технология внедрения включает ряд шагов, для каждого из которых прописано его содержание, набор разрабатываемых документов и принимаемых решений, ответственные за каждую работу и решение. Методология внедрения поддерживается программными средствами, которые

помогают правильно спланировать этот процесс. Внедрение системы ERP затрагивает практически все стороны деятельности предприятия. Поэтому методология внедрения предусматривает рациональное соотношение усилий специалистов и менеджеров предприятия с усилиями внешних консультантов внедряющей фирмы. Процесс занимает от 6 до 24 месяцев, и для его успеха необходимо активное непосредственное, повседневное участие высших менеджеров предприятия, с задачи которых входит:

- а) разъяснение целей внедрения всем работникам предприятия;
- б) раскрытие преимуществ, которые они получают в результате внедрения;
- в) помощь им в освоении нового;
- г) помощь в преодолении сложившиеся в коллективе стереотипов;
- д) материальное стимулирование и компенсация временных трудностей и дополнительных работ;
- е) кадровые перемещения в связи с изменением выполняемых функций;
- ж) освоение новых методик выполнения управленческих процедур.

Важна постепенность внедрения. Средства настройки, имеющиеся в системе ERP, позволяют сначала установить систему в сложившейся структуре управления предприятием при ее минимальной модификации, а затем в ходе внедрения и эксплуатации эволюционно, без резкой ломки удалять и перестраивать нерациональные элементы.

Основной целью информационных систем класса *MRP II* является *оптимальное формирование потоков предметов производства: материалов (сырья), комплектующих изделий, полуфабрикатов (находящихся в производстве) и готовых изделий*. Кроме этого, система *MRP II* имеет целью интеграцию (в процессе планирования и контроля выполнения плана) всех процессов, реализуемых предприятием: закупок, хранения запасов, производства, продаж и распределения, учета затрат, бюджетирования, учета основных средств, технического обслуживания оборудования, обеспечения производства технологической оснасткой и пр. Задачи использования интегрированных систем класса *MRP II*:

- 1) среднесрочное и оперативное, укрупненное и детальное планирование деятельности предприятия с возможностью корректировки плановых данных на основе оперативной информации;
- 2) контроль всего цикла производства с возможностью влияния на него в целях достижения высокой эффективности использования производственных мощностей, всех видов ресурсов и удовлетворения потребностей заказчиков;
- 3) получение оперативной информации (отчетов) о текущих результатах деятельности предприятия, как в целом, так и с полной детализацией по отдельным заказам, видам ресурсов, выполнению планов;
- 4) оптимизация движения производственных потоков за счет повышения их непрерывности, пропорциональности и параллельности;
- 5) сокращение длительности производственных циклов и запасов (заделов) материальных ресурсов на складах;
- 6) автоматизация работ договорного отдела с полным контролем платежей, отгрузки продукции и сроков выполнения договорных обязательств;
- 7) финансовое отражение деятельности предприятия в целом;

8) значительное сокращение непроизводственных затрат. Таким образом, система *MRPII* рассматривается как инструмент,

способный помочь предприятию избавиться от определенных признаков хаоса (поднять уровень организации производства), обеспечить быстрый возврат вложенных средств, помочь в планировании и управлении, особенно «критическими» ресурсами: людьми, оборудованием, финансами.

21.2. ЛОГИКА ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ *MRP II*

Развитие концепции *MRP* и создание на ее основе интегрированных информационных систем класса *MRPII* связано с использованием общего представления о цикле управления (рис. 21.1).

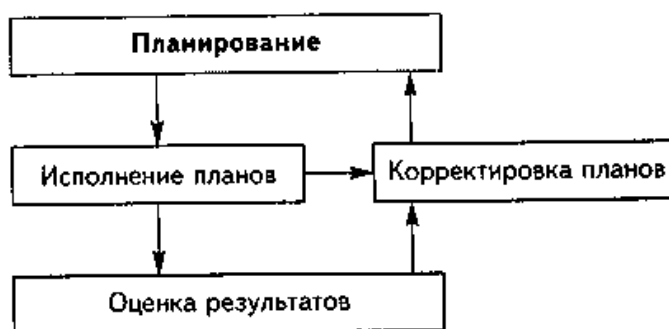


Рис. 21.1. Общая схема цикла управления

В соответствии с общей концепцией управления первой фазой достижения стоящих перед предприятием целей является разработка плана действий. Затем следует исполнение плана, а при невозможности исполнения — его корректировка. Следующая фаза — оценка результатов сделанного — представляет собой реализацию принципа обратной связи: на основе оценки результатов в планы должны быть внесены корректирующие изменения. Корректировка происходит с учетом состояния выполнения плана и данных об имеющихся в системе ресурсах. Так цикл за циклом происходит движение системы к достижению стоящих перед ней целей.

Рассмотрим этапы формирования на базе концепции *MRP* представления о системе более высокого уровня — *MRPII* (рис. 21.2). Концепция *MRP* фактически работает в условиях наличия неограниченных производственных мощностей. Планирование производства компонентов изделий в системе *MRP* не сопровождается планированием мощностей, необходимых для производства. Поэтому исторически первым приложением, развивающим концепцию *MRP*, была система планирования потребности в производственных мощностях (*capacity requirements planning, CRP*). Она позволяет рассчитать на цеховом уровне суммарную загрузку на основе плана производства, разработанного на базе *MRP*, и сопоставить ее с имеющимися производственными мощностями. Это позволяет производственному менеджеру уже на этапе предварительного анализа увидеть

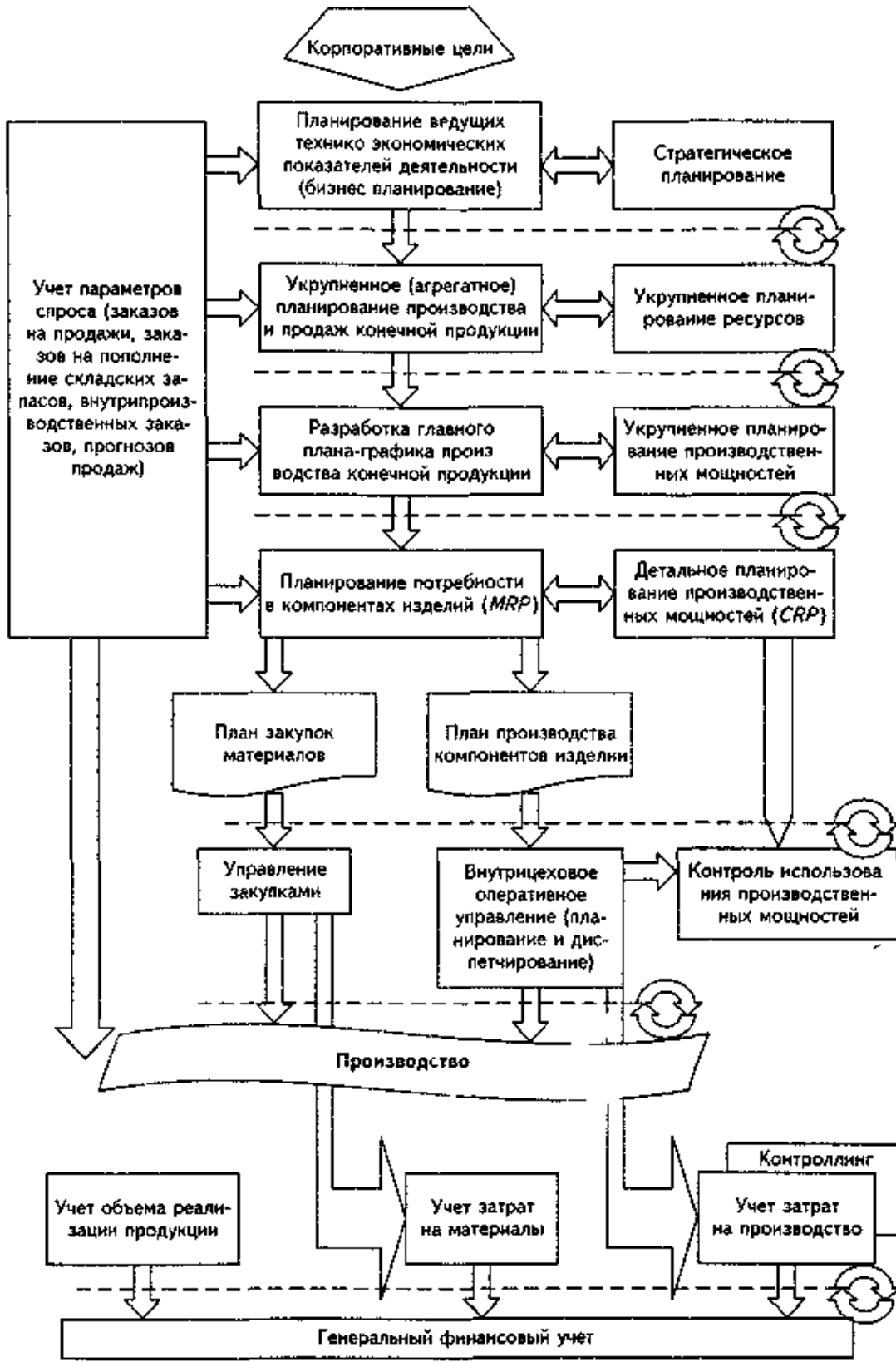
разбалансировку плана (необеспеченность плана наличными производственными мощностями) и определенными способами добиться выполнения плановых заданий, т. е. избежать срыва выполнения плана. Далее развитие концепции *MRP* связано с разработкой *главного плана-графика производства*, который был рассмотрен в главе 20.

Следующим этапом развития системы *MRP* была разработка укрупненного (агрегатного) производственного плана, или *плана производства и продаж*. Он разрабатывается на уровне продуктовых групп или семейств изделий и позволяет сопоставить данные маркетинговых исследований рынка и возможностей производства. Балансировка возможностей и потребностей производится по схеме, аналогичной рассмотренной выше, но в более укрупненном виде. Подробному рассмотрению содержания и методов агрегатного планирования посвящена глава 22. Планирование производства и продаж — конкретная область приложения бизнес-планирования, которое, в свою очередь, является продолжением стратегического планирования. Рациональное выполнение этих планов осуществляется в виде *управления закупками, управления производством и контроля использования производственных мощностей* (рис. 21.2).

Таким образом складывается целостная иерархия планов, разрабатываемых на всех уровнях управления. Планы нижних уровней зависят от планов более высоких уровней, т. е. план верхнего уровня предоставляет входные данные (намечаемые показатели и/или ограничения) для планов нижнего уровня. В то же время эти планы связаны между собой таким образом, что результаты планирования на нижнем уровне оказывают обратное воздействие на планы более высокого уровня. Если выполнение плана нереалистично, то этот план и планы более высокого уровня должны быть пересмотрены. Так, можно проводить координацию спроса и наличных ресурсов на каждом уровне планирования, оценивая исполнимость планов и корректируя их в случае получения отрицательного ответа на этот вопрос. Налицо обычная процедура использования механизма обратной связи в планировании, но этот механизм органически введен в автоматизированные процедуры системы *MRPII*. На рис. 21.2 показаны шесть циклов обратной связи между семью уровнями иерархии управления системой.

Контроль исполнения планов всех уровней дополняется еще одним важным элементом системы *MRPII* - *контролем затрат*. Включение в систему нескольких контуров обратной связи (например, контуров анализа исполнения планов различного уровня, контроля использования производственных мощностей и ресурсов, в первую очередь финансовых), т. е. перевод ее в разряд замкнутых систем — это одно из важнейших качественных отличий системы *MRPII* от *MRP*.

В *финансовом учете* регистрируются сроки и объемы поступления и списания средств, изменение цен, тарифов. Здесь также важно установить подходящий набор показателей и допустимые границы их изменения, регулярно производить учет и (например, ежемесячно) доводить до сведения соответствующего руководства показатели выполнения планов. Финансовый учет и контроль (учет затрат) использовался всегда и был компьютеризирован задолго до создания рассматриваемой системы.



Условное обозначение


 Циклы обратной связи

Рис. 21.2. Принципиальная схема системы планирования и управления производством, используемая в системе MRP II

Однако его интеграция в систему *MRP* создает дополнительные возможности совершенствования управления производством и повышения его экономической результативности. В частности, накопленная в системе учета статистика затрат позволяет рассчитать нормативные затраты на производство. А сравнение с ними фактических затрат позволяет осуществлять управление по отклонениям (метод нормативного учета). С другой стороны, более точный учет затрат в системе и соотнесение их с центрами затрат - это характерная черта *производственного учета* и основа *контроллинга*.

Обобщенные затраты используются для расчета и анализа финансово-экономических результатов работы предприятия в сравнении с соответствующими плановыми показателями. Анализ показателей является той обратной связью, которая снабжает информацией более высокие уровни руководства. Причем целью здесь является не общее знакомство со статистикой, а выделение наиболее важных показателей и фокусирование внимания на них. Этому способствует агрегирование отчетной информации по мере передачи ее на более высокие уровни руководства. Простое увеличение объема получаемой менеджерами информации вряд ли целесообразно. Общее требование - число показателей, контролируемых в каждом цикле *MRP II*, должно быть управляемым и должно стремиться к минимуму, обеспечивая при этом полноту, достоверность и актуальность информации. Полученная стройная многоуровневая система планирования и учета завершает процесс преобразования системы *MRP* в *MRP II* - в комплексную автоматизированную систему планирования и управления ресурсами предприятия и видами его деятельности. На практике этот процесс занял около 10 лет и, по сути, активно продолжается до сих пор, так как управление производством содержит много нерешенных проблем.

21.3. ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ *MRP II* НА СТАДИИ ПЛАНИРОВАНИЯ

Стратегическое планирование. Это долгосрочное планирование с горизонтом до 5 лет. Оно основано на прогнозах изменения макроэкономических показателей, таких, как общие показатели развития экономики, достижения научно-технического прогресса, развитие технологий, состояние рынка и конкуренции в конкретных рыночных сегментах. Стратегическое планирование не входит в задачи, решаемые системой *MRP II*, но прямо определяет содержание всех остальных планов, разрабатываемых и контролируемых в рамках этой системы.

Бизнес-планирование. Развиваются и конкретизируются стратегические планы в ходе бизнес-планирования, которое относится к среднесрочному (тактическому) планированию. Обычно бизнес-план - это план на 1—2 года (с разбивкой по кварталам), хотя иногда он пересматривается в течение этого срока неоднократно. Как правило, в него сводятся планы продаж, дохода, получения прибыли, инвестиций в развитие основных средств, планируемые показатели оборота средств, численности персонала и т. п. Бизнес-план разрабатывается в

основном в стоимостных показателях прихода и расхода средств организации, поэтому он составляет основу бюджетирования. В свою очередь, он определяет показатели планов более низкого уровня, в первую очередь — плана продаж и производства.

Планирование объема продаж и производства. Если бизнес-план содержит сводные данные по объему продаж в стоимостном выражении, то планирование продаж и производства переводит эту информацию в натуральные показатели и представляет в виде плана по 10-15 ассортиментным группам. В результате получают укрупненный план обычно на год с разбивкой по кварталам, который ежемесячно пересматривается с учетом выполнения плана предыдущего месяца и достигнутых реальных результатов выполнения бизнес-плана.

План продаж и производства обычно включает следующие позиции (рис. 21.3). Из них объемы продаж и отгрузки носят в основном прогнозный характер, выступают как внешние параметры, не поддающиеся прямому контролю со стороны менеджеров предприятия. Объем производства планируется на предприятии; это внутренний показатель, поддающийся прямому контролю. Планы изменения уровня запасов и объема незавершенного производства контролируются косвенно путем планирования изменения темпов производства с учетом прогнозов объема продаж и отгрузки продукции. Объемы запасов и незавершенного производства зависят от характера производства и реализации продукции.



Рис. 21.3. Позиции плана продаж и производства

Плановый объем запасов - это ведущий параметр для предприятий, которые производят продукцию «на склад». Плановый объем незавершенного производства является важнейшим фактором для тех предприятий, которые производят продукцию «на заказ».

Фокусом планирования объема продаж и производства является план производства, который должен быть увязан с наличием необходимого объема ключевых ресурсов предприятия. Так, если отдел маркетинга планирует увеличение продаж определенного ассортимента продукции, инженерные службы должны обеспечить наличие необходимого количества оборудования (производственных мощностей), отдел снабжения - дополнительные поставки материалов (найти новых поставщиков и заключить с ними договоры), отдел кадров — наличие дополнительных рабочих и т. п. Все это требует вложения дополнительных финансовых средств в развитие предприятия.

Укрупненное планирование ресурсов. План производства, как уже от-

мечалось, должен быть обеспечен наличием необходимого объема ресурсов. Планирование ресурсов - это среднесрочное планирование, которое позволяет оценить необходимый для выполнения плана производства наличный объем ключевых ресурсов, таких, как рабочая сила, оборудование, здания и сооружения. Если возникнет потребность в дополнительных ресурсах, то это может потребовать пересмотра бизнес-плана, так как затрагивается финансовое состояние предприятия. Ресурс считается ключевым, если его стоимость достаточно велика или если срок его поставки достаточно длителен, или если от него зависят другие ресурсы. Ресурсы могут быть внешними (поставщики и др.) и внутренними (оборудование, складские площади, финансы и др.).

Главный план-график производства. Задача менеджеров отдела планирования состоит в переводе плана производства в специфицированный *главный план-график производства* (ГПП). Это план производства, дезагрегированный (детализированный) и наложенный на шкалу времени. Главный план-график производства показывает, что будет производиться, когда и в каком объеме. Планирование ведется в терминах единиц конечной продукции, в том числе запасных частей и комплектующих изделий для реализации на рынке. В зависимости от типа и объема выпускаемой продукции ГПП можно разбить на недельные, дневные и даже сменные планы. В целом горизонт планирования ГПП должен быть не меньше, чем суммарное время изготовления продукции, и быть при этом достаточным для того, чтобы выявить, учесть и получить все ключевые ресурсы. Одна из основных целей ГПП - обеспечение буфера между прогнозируемыми потребностями рынка, представляющими рыночный спрос и планируемыми на основе зависимого спроса потребностями в компонентах изделий. Так, например, в соответствии с ГПП возможно производство продукции «на склад» в тот период, когда сезонный спрос на нее невысок.

Укрупненное планирование производственных мощностей. Как и планирование ресурсов, общее планирование производственных мощностей является среднесрочным и ведется только по ключевым позициям. Этот процесс использует данные ГПП, а не данные производственного плана. Так, если ГПП выражен в объемных и временных характеристиках, то общее планирование мощностей используется для создания более детализированного плана, который может быть полезен при оценке средних потребностей в производственных мощностях предприятия в целом, а также для оценки исполнения ГПП. Выявление нехватки производственных мощностей может привести к пересмотру ГПП.

Планирование потребности в компонентах изделий. Исторически система *MRP* предназначалась для оперативного планирования, которое обеспечивает контроль запасов и их пополнения. В рамках *MRPII* его использование расширено за счет совмещения планирования производства и потребностей в мощностях, выделения приоритетов на нижнем уровне планирования, замыкания всей цепочки планирования несколькими контурами обратной связи.

Детальное планирование производственных мощностей. Планирование ресурсов, или общее планирование мощностей, используется для планирования таких ресурсов, как технологическое оборудование, производственные

площади и т. п. В отличие от укрупненного планирования *планирование потребности в производственных мощностях (CRP)* является более детализированным, учитывающим текущие изменения рыночного спроса, т. е. изменения в краткосрочном периоде. На этапе разработки агрегатных планов осуществляется укрупненный анализ их обеспеченности ключевыми ресурсами. Однако проблемы могут возникнуть при детальном анализе имеющихся производственных мощностей на следующих шагах планирования. Система *CRP* применяется для разработки детализированных планов использования мощностей, необходимых для выполнения детализированных производственных планов, разработанных на основе *MRP*-процедуры.

Загрузка рабочих мест рассчитывается на основе технологических процессов, требующих задействования определенных производственных мощностей. Различают максимальную и действительную производственную мощность. Действительная мощность, определяемая коэффициентом загрузки, бывает существенно меньше максимально возможной. Перед системой *CRP* ставится задача сбалансировать загрузку и мощность. Основа такого балансирования — построение модели процесса, детально отслеживающей период за периодом производственные мощности, необходимые для выполнения каждого заказа (рис. 21.4).

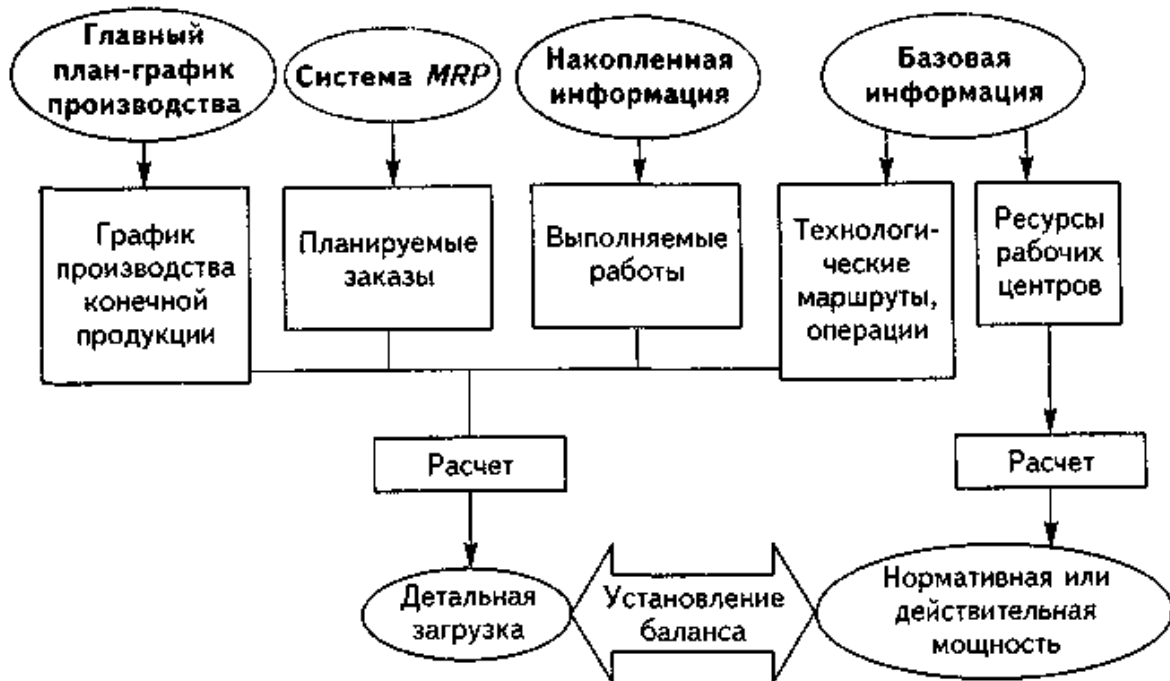


Рис. 21.4. Схема планирования потребности в производственных мощностях

Если загрузка не балансируется с производственной мощностью, то следует изменить загрузку или мощность. Увеличение мощности обычно достигается за счет распараллеливания потоков и привлечения дополнительного числа рабочих и количества оборудования, сверхурочных работ, организации вторых и третьих смен и соответствующего увеличения численности рабочих, передачи

части работ субподрядчикам, интенсификации процессов и сокращения времени выполнения работ. Уменьшение загрузки, как правило, связано с отказом в поставке продукции, сдвигами в выполнении работ, а значит, удовлетворением запросов заказчиков в более поздние сроки, с использованием альтернативных маршрутов прохождения заказов, переадресацией работ в альтернативные рабочие центры, что в общем случае может представлять более затратный вариант производства. Выбор лучшего варианта в зависимости от сложившихся условий — задача производственного менеджмента.

Отметим, что и логика, и техника систем *MRP* и *CRP* близки и взаимосвязаны. Эти системы пользуются одной базой данных или результирующая информация одной является исходной для другой. Они в конечном счете решают одну задачу - детализировать на нижнем уровне управления и обеспечить выполнение главного плана-графика производства. Работа систем *MRP* и *CRP* завершает планирующую стадию функционирования системы *MRP II*.

21.4. ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ *MRP II* НА СТАДИИ ИСПОЛНЕНИЯ ПЛАНОВ

После разработки планов и их увязки с производственными мощностями основное внимание должно уделяться исполнению планов как по срокам, так и с учетом требования минимизации производственных издержек. Выделяют три этапа, или главные составные части управления исполнением планов (см. рис. 21.2): 1) внутрицеховое оперативное управление — разработка и контроль исполнения расписаний; 2) управление закупками; 3) учет (управление затратами на производство).

Внутрицеховое оперативное управление. Суть этого этапа состоит в преобразовании открытых, например, системой *MRP* заказов в продукцию, необходимую в заданное время и в указанном месте. Эта область производственного менеджмента традиционно является самой сложной. Дело в том, что на нижнем уровне управления действует много возмущающих внешних и внутренних факторов, а требования к оперативности принятия и исполнения управленческих решений самые жесткие. Производственное окружение рабочих центров кажется хаотичным, приоритеты партий противоречивыми, постоянно следуют сообщения о браке, возникает масса неясностей с планируемой работой. На цеховом уровне обычно выполняется одновременно множество заказов, находящихся на разных стадиях готовности, время, необходимое на завершение каждого из них также различно. Задача менеджера — взять под контроль производственную среду и на этой основе определить четкие приоритеты выполнения работ и получения ресурсов.

Формирование *расписания работ* на нижнем уровне управления является завершающим этапом общей системы планирования. Здесь же выполняется *диспетчирование* — оперативное внесение корректировок в исполнение работ в целях устранения отрицательного воздействия на ход производства различных возмущающих факторов. Схема работ на нижнем уровне управления показана

на рис. 21.5. После анализа заказы, поступившие на нижний уровень управления, могут быть оставлены в прежнем виде либо в них могут быть вручную внесены изменения, необходимые для покрытия брака или изготовления некоторого дополнительного количества продукции, не запланированной в системе *MRP*.

Как только заказы выполнены, меняется их статус с планируемых на выполненные и оформляется соответствующая цеховая документация; калькулируются фактические затраты для их последующего сравнения с ожидаемыми или нормативными затратами по заказам. При этом обозначение компонента может быть изменено.

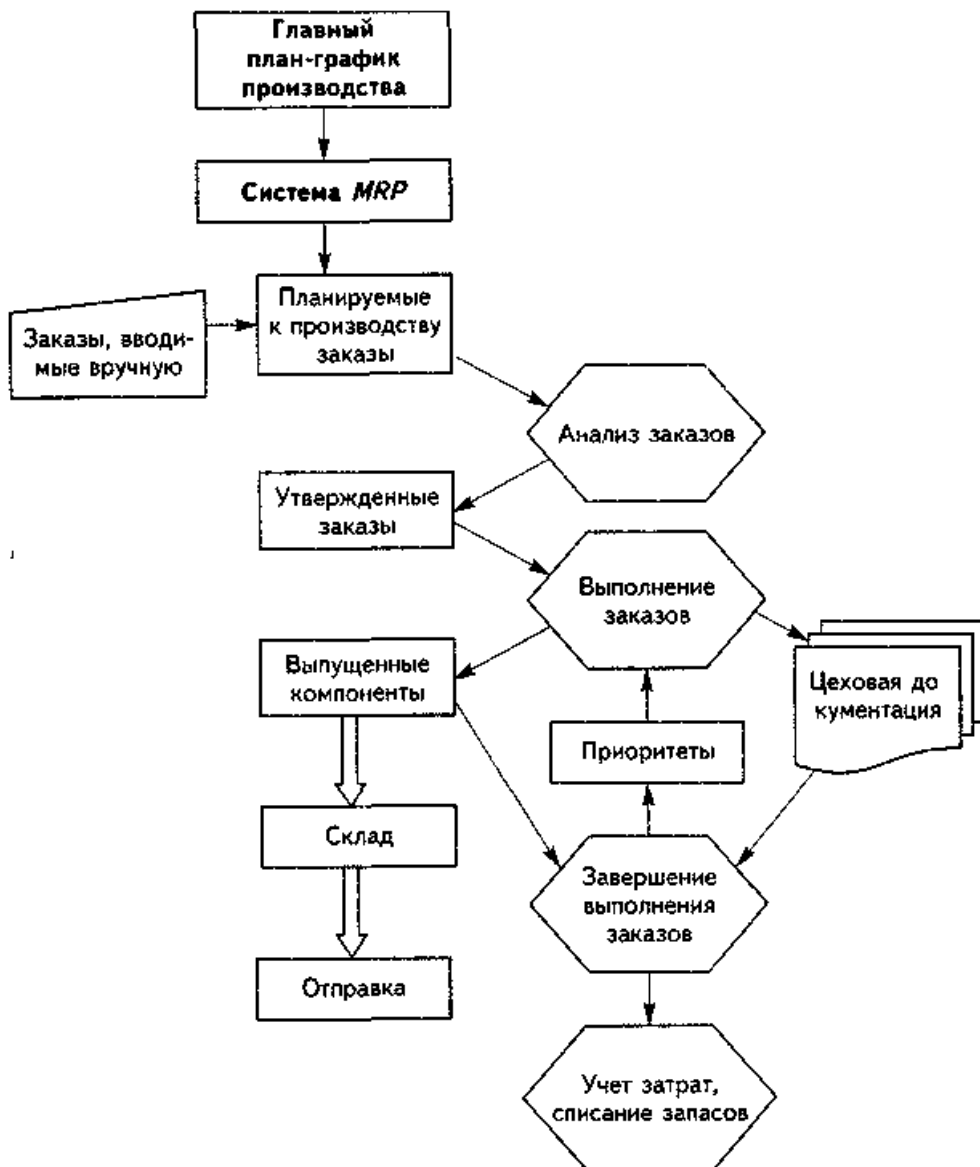


Рис. 21.5. Схема управления производственным процессом на внутрицеховом уровне

Контроль использования мощностей является еще одним механизмом мониторинга материальных потоков в производственной системе и оценки вы-

полнения планов использования производственных мощностей. О движении производственных потоков можно судить, контролируя вход и выход системы, что является одной из функций системы *MRPII*. Именно цеховой уровень управления связан с возникновением и обработкой большей части управленческой информации: о состоянии выполнения работ и возникающих отклонениях, о нарастании затрат, поломках оборудования и резервах рабочей силы, возникновении брака, путях транспортировки предметов труда и др. Огромную роль здесь играет обеспечение оперативности, достоверности и точности собираемой информации обратной связи, так как именно на ней основано принятие последующих управленческих решений и именно от нее зависит качество управления. В главе 23 будет продолжено рассмотрение вопросов разработки расписаний и управления производственными потоками ввиду их высокой сложности и особой значимости для эффективного функционирования производства.

Управление закупками. *Закупочный менеджмент* — это управлениекупаемыми партиями материалов и компонентов изделий, полностью согласующееся с планами производства продукции. В настоящее время затраты на обеспечение закупок на большинстве предприятий достаточно велики. Их уменьшение даже на несколько процентов может внести существенный вклад в сокращение сроков окупаемости вложений в такую капиталоемкую систему, как *MRPII*. Без использования современных систем автоматизированного управления закупками основное время «снабженцев» (в традиционном русском понимании этого слова) тратилось на чисто технические работы, а именно: на оформление документов, отслеживание прохождения оплаты заказов, контроль и экспедирование грузов и т. д. Использование компьютеризированной процедуры управления закупками в системе *MRPII* позволяет перенести центр тяжести работ на поиск лучших поставщиков, проведение переговоров с ними с целью улучшения соотношения «цена - качество» закупаемых материалов и компонентов производимых изделий, выбор оптимальных маршрутов и средств доставки грузов и т. д.

Содержание функции закупок заключается в превращении заявок, сформированных, например, в системе *MRP*, в запасы требуемого состава, количества и качества, в заданные сроки и с минимальными затратами. Главный план-график производства определяет работу системы *MRP*, которая, в свою очередь, формирует заявки на все необходимое для производства. В заявку вручную могут быть добавлены позиции, не являющиеся расшифровкой

Одновременно подбираются комплекты компонентов изделий для их дальнейшей обработки (сборки). Таким образом, статус заказов находится под постоянным контролем по мере продвижения компонентов по операциям производственного процесса. Информация, сопровождающая заказы, может располагаться как на бумажных носителях, так и быть записанной в память ПЭВМ единой системы управления производством. При обозначении компонентов последнее время все чаще используется штрих-кодирование. Наличие штрих-кодов позволяет быстро переходить от одной формы записи информации к другой.

Контроль использования мощностей является еще одним механизмом

мониторинга материальных потоков в производственной системе и оценки выполнения планов использования производственных мощностей. О движении производственных потоков можно судить, контролируя вход и выход системы MRP II. Именно цеховой уровень управления связан возникновением и обработкой большей части управленческой информации: о состоянии выполнения работ и возникающих отклонениях, о нарастании затрат, поломках оборудования и резервах рабочей силы, возникновении брака, путях транспортировки предметов труда и др. Огромную роль играет здесь обеспечение оперативности, достоверности и точности собираемой информации обратной связи, так как именно на ней основано принятие последующих управленческих решений и именно от нее зависит качество управления. В главе 23 будет продолжено рассмотрение вопросов разработки расписаний и управления производственными потоками ввиду их высокой эффективности и особой значимости для эффективного функционирования производства.

Управление закупками. *Закупочный менеджмент* – это управлениекупаемыми партиями материалов и компонентов изделий, полностью согласующееся с планами производства продукции. В настоящее время затраты на обеспечение закупок на большинстве предприятий достаточно велики. Их уменьшение даже на несколько процентов может внести существенный вклад в сокращение сроков окупаемости вложений в такую капиталоемкую систему, как MRP II. Без использования современных систем автоматизированного управления закупками основное время «снабженцев» (в традиционном понимании этого слова) тратилось на чисто технические работы, а именно: на оформление документов, отслеживание прохождения оплаты заказов, контроль и экспедирование грузов и т.д. Использование компьютеризированной процедуры управления закупками в системе MRP II позволяет перенести центр тяжести работ на поиск лучших поставщиков, проведение переговоров с ними с целью улучшения соотношения «цена – качество» покупаемых материалов и компонентов производимых изделий, выбор оптимальных маршрутов и средств доставки грузов и т.д.

Содержание функции закупок заключается в превращении заявок, сформированных, например, в системе MRP, в запасы требуемого состава, количества и качества, в заданные сроки и с минимальными затратами. Главный план-график производства определяет работу системы MRP, которая, в свою очередь, формирует заявки на все необходимое для производства. В заявку вручную могут быть добавлены позиции, не являющиеся расшифровкой плана производства (рис. 21.6).

В целях точного управления поставками база данных *MRPII* должна содержать полную информацию по поставщикам. Это важно, чтобы иметь возможность выбора, так как один и тот же материал или компонент могут поставлять разные производители (продавцы) на разных условиях (цены, сроки, условия поставки). Информация о поставщиках должна содержать сведения как о материалах и покупных компонентах изделий, так и о самих поставщиках, их обобщенных характеристиках и возможностях. Базируясь на этих данных можно вести активную *политику закупок*.

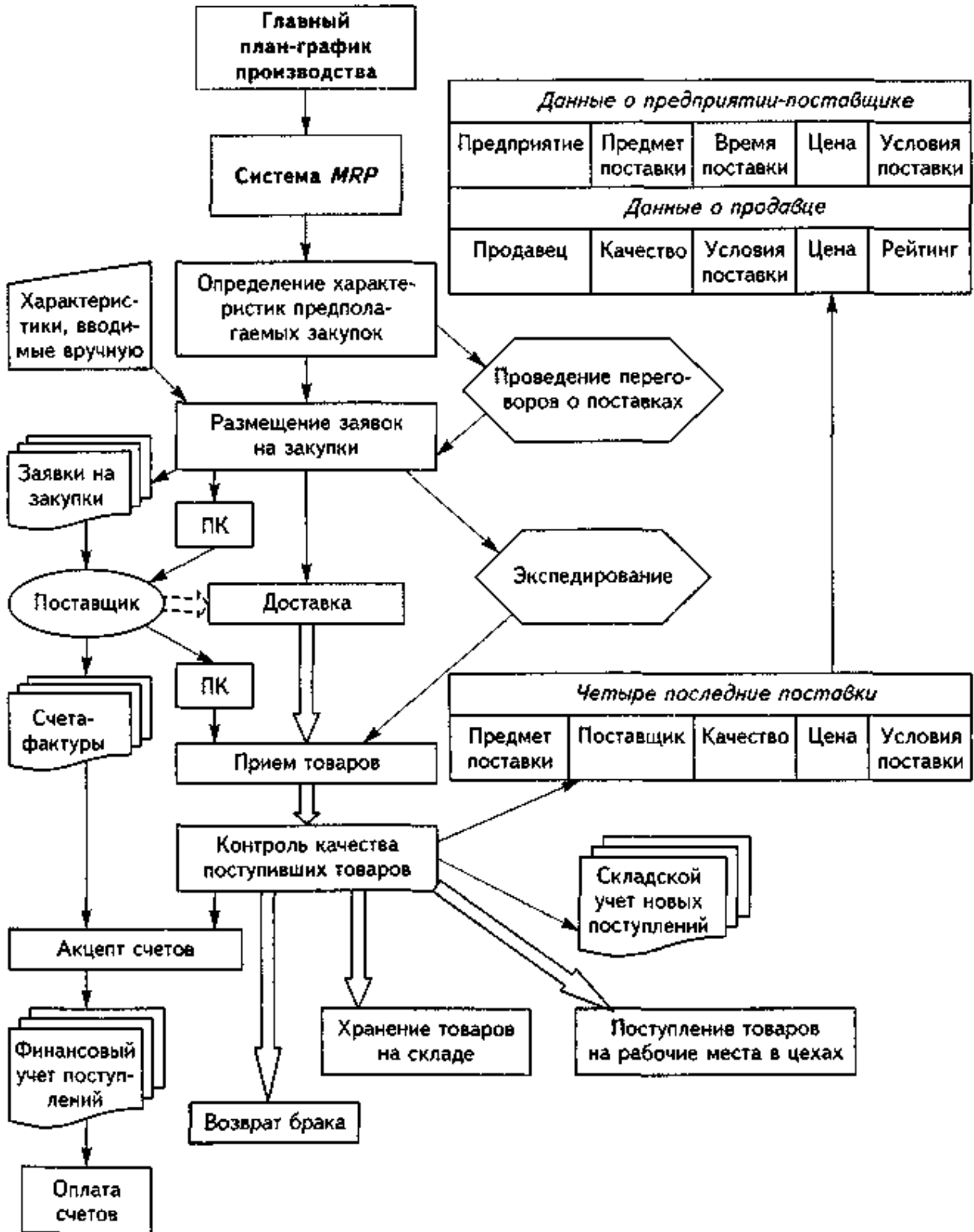


Рис 21 б. Схема функционирования закупочного менеджмента

Поступившие товары проходят *общий контроль поступления и контроль качества*. Качеству закупок уделяется особое внимание, так как брак не должен попадать на склады предприятия. В последние годы все большее распространение получает система сертификатов качества: товар от надежного поставщика, имеющий такой сертификат, может избежать входного контроля на складе, а в

идеале он может поступать прямо в цехи на рабочие места. По прибытии товара счета-фактуры, поступающие в бумажном или электронном виде, вместе с документами, подтверждающими качество товарной партии, передаются на вход системы *финансового контроля* для их оплаты в согласованные с поставщиком сроки. Переход на предприятии к планированию закупок на основе системы *MRPII* делает его закупочную политику более устойчивой, предсказуемой, что, несомненно, сказывается на связях с поставщиками. Отношения «поставщик — покупатель» становятся более гибкими в плане соотношения «цена — качество», сроков и условий поставки, а связи предприятия с поставщиками — более стабильными.

Управление затратами. Деятельность компании развивается так, как этого требует ее бизнес-план, и оценивается финансово-экономическими показателями. Если затраты на выполнение планов не контролируются и не регулируются со стороны производственного менеджмента, то достижения поставленных бизнес-планом целей ожидать сложно. Базовая информация, используемая в *MRPII*, обеспечивает производимые компоненты изделий необходимым стоимостным сопровождением так, что в любой момент можно рассчитать и сводные, и подетальные стоимостные показатели.

Начиная с нижнего уровня, т. е. с затрат на закупку исходных материалов и компонентов, и добавляя к ним прямые материальные затраты, затраты на оплату труда, затраты рабочих центров и другие косвенные расходы, двигаясь тем самым вверх по структурной схеме изделия, можно получить затраты на конечный продукт. Причем сохранять сводную калькуляцию затрат можно на каждом уровне иерархии состава изделия. Полученные таким образом данные могут использоваться в качестве основы финансового планирования на будущий период. Они могут также применяться для оценки переходящих запасов на будущий период.

Учитывая то, что уровни иерархии учета затрат полностью соответствуют уровням иерархии планирования и управления производством, а принципы интегрирования стоимостных показателей соответствуют принципам интегрирования управленческой информации, можно утверждать, что подходы к управлению затратами и управлению производством практически совпадают. Основной результат такого совпадения - управление по отклонениям. Поэтому финансовый блок легко вписывается в систему *MRPII*. В частности, в системе *MRP* ведутся три известные главные книги: по закупкам^ по продажам и главная бухгалтерская книга. Основным источником информации - счета-фактуры на закупаемые материалы и компоненты, а также на отгружаемую продукцию, данные из которых после сличения с фактическим поступлением или отправкой заносятся во все главные книги. Все затраты изготовления накапливаются на счетах производственного учета в главной бухгалтерской книге.

21.5. СРАВНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ *MRP II* И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ТОЧНО В СРОК»

Система *JIT* не является интегрированной частью *MRP II*. Она не показана в структуре *MRP II* (рис. 21.2), однако вполне вписывается в данную систему. Причиной этого является единство целей двух систем управления производством и концептуальное единство подходов к достижению целей (табл. 21.1). Расхождение наблюдается лишь в средствах и условиях их достижения. Из таблицы видно, что первый этап - укрупненное (усредненное) планирование - имеет место в обеих системах, так же как и второй этап.

Таблица 21.1

Концептуальное единство подходов к управлению систем *MRP II* и *JIT*

Система <i>MRP II</i>	Система <i>JIT</i>
Агрегатное планирование на 3-18 месяцев, составление плана в укрупненных позициях для балансировки спроса и ресурсов предприятия	«Выравнивание» (усреднение) производства по объему и номенклатуре на 1-3 месяца, определение ориентировочных потребностей в ресурсах предприятия
Составление главного плана-графика производства конечной продукции на срок от одного дня до трех месяцев	Ежедневное составление графика выпуска готовой продукции сборочным конвейером
<i>MRP</i> -процедура для доведения оперативных планов до исполнителей (принцип «выталкивания» при централизованном планировании)	Работа системы «канбан» для оперативного планирования и регулирования хода производства (принцип «вытягивания» в системе горизонтальных связей предприятия)
Диспетчирование - оперативное регулирование хода производства	

Различие лишь в том, что в системе *JIT* принят существенно меньший горизонт планирования. Принципиальное различие подходов возникает лишь на третьем этапе — при исполнении планов.

Идеология *JIT* основывается на использовании только того количества оборудования, которое необходимо для выполнения работ, на оптимальной численности рабочих, минимальном размере партий, а также на высвобождении производственных помещений, уменьшении числа используемых контейнеров, повсеместном специализированном контроле. В результате планирование процессов может быть сведено к минимуму, а при исполнении планов система позволяет минимизировать потери, задержки во времени на каждом этапе продвижения материальных потоков - от получения исходных материалов до доставки продукции конечным потребителям.

В то же время *MRP II* представляет инструмент адаптивного планирования для реализации стратегических целей фирмы в маркетинге, производстве, логистике и финансах. Современная микропроцессорная техника и программное обеспечение позволили осуществить функционирование систем *MRP II* в режиме реального времени с ежедневным обновлением баз данных, что значительно повысило эффективность планирования. Однако оперативное управле-

ние процессами (этап исполнения планов) в неупорядоченной внутренней среде предприятия представляет существенные сложности.

Таким образом, система *MRP II* в большей степени ориентирована на планирование процессов, в то время как система *JIT* — на оперативное управление процессами производства. Это, в частности, означает, что они не замещают друг друга, а могут выступать как альтернативные подходы к процессу управления производством, естественно с учетом имеющихся между ними различий. С другой стороны, это позволяет в ряде случаев рассматривать их как взаимодополняющие системы.

По мере того, как *JIT* из системы оперативного управления производством, разработанной компанией Toyota, переросла в логистическую концепцию, используемую во всех сферах бизнеса по всему миру, изменилось первоначальное представление о «канбан» лишь как о системе информационной поддержки системы *JIT*. В настоящее время «канбан» отождествляют с системой *JIT* в ее изначальном виде и развивают, модифицируют ее как систему оперативного управления ходом поставок. В последние годы во многих странах предприняты попытки создать комбинированные системы *MRP II* - «канбан» для взаимного устранения недостатков, присущих каждой из них в отдельности. Обычно в таких комбинированных системах *MRP II* используют для прогнозирования, долго- и среднесрочного планирования спроса, сбыта, производства и закупок, а систему «канбан» — для оперативного управления ходом производства и поставок в сети. Такую интегрированную систему иногда называют *MRP III*.

21.6. СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ

Когда какие-то изделия или их компоненты передаются от поставщика к потребителю, они проходят по *цепи поставок* (рыночному каналу). В цепи поставок может быть два и более уровней производственных и/или дистрибуторских подразделений или организаций. Эти организации (подразделения) могут находиться в различной зависимости друг от друга; определяющим моментом является то, что одно подразделение может поставить продукцию другому подразделению. Если представить это графически, то цепь поставок представляет собой материальный поток, количественно определяемый величиной спроса и предложения, между поставщиком и заказчиком, между поставщиком и конечными покупателями или между различными подразделениями одного предприятия. Например, предприятие производит товары на территории одного подразделения, а продает их с отдельного склада продаж. Другое предприятие может иметь центральную службу распределения, которая поставляет продукцию на склады региональных отделений. Третье предприятие может располагать производственными мощностями в двух городах.

Автоматизированная *система планирования потребностей в распределении* (*distribution requirements planning, DRP*) является аналогом системы MRP в сфере распределения. Система *DRP* — это «выталкивающая» система планиро-

вания, к числу важнейших функций которой относится контроль за состоянием запасов в распределительной сети, координация спроса и предложения подразделений одного или нескольких предприятий, формирование связей по поставкам в сферах производства, снабжения и сбыта с использованием информационно-технического комплекса систем *MRP* и *MRPII*. Хотя системы *DRP* и *MRP* имеют много общего, они существенно различаются. В системе *MRP* главную роль играет производственное расписание, которое регламентируется и контролируется производителем. Функционирование *DRP* в основном базируется на учете потребительского спроса, который не контролируется производителем. Если система *MRP* контролирует запасы внутри производственных подразделений предприятия, то система *DRP* планирует и регулирует уровень запасов на его базах и складах, в собственной товаропроводящей сети сбыта или у оптовых торговых посредников. Поэтому система *DRP*, в отличие от системы *MRP*, работает в условиях большей неопределенности внешней среды, что накладывает дополнительные требования и ограничения в управлении товарными запасами в распределительных сетях.

Основу системы *DRP* составляет производственное расписание, которое координирует процесс поставок и пополнения товарных запасов в распределительной сети. Производственное расписание формируется для каждой единицы хранения и каждого звена логистической цепи, связанного с созданием запасов в канале распределения. Формирование расписания происходит на базе теории управления запасами. Графики пополнения и расходования запасов интегрируются в общее требование для пополнения товарных запасов на складах фирмы или оптовых посредников. Системы управления сбытом, основанные на *DRP*, позволяют фирмам получать определенные преимущества:

- повышение качества обслуживания потребителей, более полное удовлетворение их запросов за счет сокращения сроков исполнения заказов и поддержания на необходимом уровне товарных запасов в распределительной сети;
- поддержание работы распределительной сети с минимальным уровнем запасов;
- ускоренное продвижение через распределительную сеть новых товаров;
- сокращение издержек хранения и управления запасами за счет улучшения координации в цепи поставок;
- снижение уровня запасов за счет точного планирования и контроля размера и сроков поставок, оптимального выбора поставщиков;
- уменьшение потребности в складских площадях за счет уменьшения уровня запасов;
- сокращение транспортных издержек за счет эффективной обратной связи с клиентами.

Существуют определенные ограничения и недостатки в применении системы *DRP*. Ее работа требует:

- точного и скоординированного прогноза спроса для пополнения запаса в каждом центре и канале распределения товаропроводящей сети, что практически невозможно, и потому повсеместно используются излишние страховые запасы на случай ошибки в прогнозе;

- высокой надежности выполнения и скоординированности действий всех участников логистической цепи поставок, так как любые сбои в каком-либо звене цепи немедленно сказываются на эффективности работы распределительной сети, обесценивая усилия на подготовку управленческих решений;

- внесения частых изменений в производственное расписание, что негативно сказывается на работе производственных подразделений, приводит к колебаниям в загрузке производственных мощностей, неопределенности в затратах производства.

С начала 1990-х гг. в США и Западной Европе применяется расширенная версия системы *DRP*. Это система *планирования ресурсов в распределении (distribution resource planning, DRPII)*, в которой используются современные модели и алгоритмы программирования, рассчитанные на локальные сети персональных компьютеров и телекоммуникационные электронные каналы, работающие в режиме *online*. В отличие от системы *DRP* управление запасами и планирование потребностей в распределительной сети может быть средне- и долгосрочным; осуществляется также разработка комплексных средне- и долгосрочных планов загрузки распределительных сетей, транспорта и складов, использования трудовых, финансовых ресурсов и др. Система *DRPII* может служить базой для интегрального планирования логистических и маркетинговых операций, позволяет прогнозировать рыночную конъюнктуру, оптимизировать совокупные издержки производства, снабжения и сбыта, планировать поставки и запасы на различных уровнях (центральный склад — региональные склады), составлять и корректировать в реальном масштабе времени графики перевозок, выполнять расчеты потребности в услугах транспорта.

21.7. ДРУГИЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПЛАНИРОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА

Оптимизированная производственная технология. *Оптимизированная производственная технология (optimised production technology, OPT)* — это «вытягивающая» система организации и оперативного управления производством (снабжением), известная также под названием «израильский канбан». Разработана израильскими и американскими специалистами, широко применяется с начала 1980-х гг. в США и западноевропейских странах. Фактически представляет собой полностью компьютеризированный вариант системы «канбан» с той существенной разницей, что *OPT* позволяет не только эффективно устранять «узкие места» в цепи поставок как «канбан», но и предотвращать их возникновение. Основным принципом системы *OPT* является выявление в производстве «узких мест» или «критических ресурсов». В качестве «критических ресурсов» (их может быть не более пяти) в системе *OPT* могут выступать запасы сырья и материалов, средства технологического оснащения, технологические процессы, персонал. От эффективности использования «критических ресурсов» зависит эффективность системы в целом, в то время как интенсификация использования остальных ресурсов, называемых «некритическими», на ре-

зультатах работы системы практически не сказывается (подробнее см. главу 23).

Системы *MRP* и *OPT* имеют некоторые общие черты, что позволяет в ряде случаев использовать их совместно. Например, *MRP*-процедура создает базу компьютерно ориентированных расписаний для ее дальнейшего анализа на наличие «узких мест» с помощью ОРГ-правил. Сравнительный анализ двух этих систем представлен в табл. 21.2.

Таблица 21.2

Сравнительный анализ систем *OPT* и *MRP*

№ пп	Система <i>OPT</i>	Система <i>MRP</i>
1	Балансирует потоки, а не мощности	Балансирует мощности, поддерживая движение потоков
2	Задействование и рациональное использование ресурса не считаются тождественными понятиями	Задействование и рациональное использование ресурса считаются тождественными понятиями
3	Расписание составляется с учетом всех ограничений системы одновременно, использование рабочих центров, не являющихся «узким местом», ставится в зависимость от других ограничений в системе	Регулирование производственной мощности осуществляется заранее; «узкие места» не выделяются и не анализируются отдельно
4	Час, потерянный в «узком месте», считается потерянным и для всей системы; час, сэкономленный не в «узком месте», считается потерянным для системы	Система лимитируется «узкими местами»
5	Считается, что именно «узкие места» создают запасы	Основное внимание уделяется не запасам, а производительности
6	Размеры транспортных и операционных партий устанавливаются не эквивалентными	Не допускается расщепление операционной партии при транспортировке
7	Считается, что размер партии должен быть величиной переменной, при необходимости партия должна дробиться	Считается, что партии должны иметь фиксированный размер
8	Считается, что штучное время может меняться	Размер партий, приоритет расписания predeterminedляются неизменным расчетным штучным временем

Q-контроль. Это система составления расписаний, имеющая некоторое сходство с системой *OPT*. Она дает хорошие результаты в условиях сложного цехового окружения, позволяет моделировать работу цеха (рабочего центра) в конце каждого рабочего дня, чтобы определять места, которые наиболее вероятно превратятся в «узкие» на следующий день. Затем составляется расписание, которое максимизирует рабочий поток через операции, являющиеся «узким местом». Конкретный алгоритм в настоящее время недоступен для анализа, так как закрыт для коммерческого использования.

Система *LP*. Система *LP* (*lean production* - буквально «тощее производство», или «производство без излишков») — это система организации «своевременного» производства и снабжения «без запасов», позволяющая гибко и оперативно реагировать на изменения спроса и потребностей распределительной сети. Она является развитием подхода «точно в срок» на новой технологи-

ческой базе применительно к условиям современного рынка, включает такие элементы, как «канбан» и *MRPII*. Система *LP* требует гораздо меньше ресурсов, чем традиционное производство: уменьшает запасы, затраты живого труда, потери от брака, себестоимость продукции. И все это — при большей гибкости и адаптивности производства к изменениям спроса, как по объему, так и по номенклатуре выпуска. Система *LP* соединяет преимущества массового производства (поточные методы — низкая себестоимость) и работы мелкими сериями (разнообразие продукции - индивидуализация в удовлетворении спроса). Система *LP* имеет целью обеспечить:

- быструю реакцию на изменения спроса;
- высокое качество продукции;
- короткий производственный цикл;
- низкий уровень запасов;
- малые производственные издержки.

Достижение этих целей основывается на интегрированном использовании в системе *LP* современных производственных и информационных технологий, высококачественных материалов и комплектующих, высокопроизводительного гибкого оборудования, высококвалифицированного персонала, комплексных систем подготовки и обслуживания производства. Организационная поддержка данной системы включает комплекс мер, направленных на формирование адекватной ее целям и задачам производственной среды, а также системного окружения производства. Основные элементы системы *LP* во многом повторяют известные элементы системы Toyota. Сокращение размера партий и производственных циклов, совместное применение систем «канбан» и *MRPII* позволяет в системе *LP* поднять на качественно новый уровень производственное планирование и диспетчирование, обеспечивая минимизацию запасов в производственном процессе. Этому способствует также сотрудничество с надежными поставщиками. Уменьшение запасов и производственных циклов позволяет значительно повысить гибкость производственного процесса, оперативно реагировать на изменения рыночного спроса.

Система «отсрочки». В соответствии с требованиями рынка и связанной с этим диверсификацией производства номенклатура выпускаемых предприятием изделий должна быть очень широкой, сами изделия включают большое число деталей и сборочных единиц, а длительность их производственного цикла значительно превосходит допустимые сроки поставки. Однако время поставки можно использовать для того, чтобы из ограниченного числа основных компонентов (модулей высокой степени готовности), заранее произведенных, собрать конечное изделие, необходимое клиенту. Это метод, основанный на наиболее позднем специфицировании конечного изделия на заказ, обозначается как *система «отсрочки» (postponement)*.

Общий потоковый процесс в производстве последовательно расчленяется на два замкнутых цикла (подпроцесса): долгосрочный и краткосрочный. Долгосрочный цикл основывается на прогнозе сбыта и включает такие долгосрочно планируемые процессы, как закупка материалов, получение заготовок, изготовление деталей и предварительная (узловая) сборка. Работа осуществляется в со-

ответствии с производственной программой и программой закупок. Компоненты (модули), являющиеся результатом долгосрочного процесса, находятся в складском запасе на так называемом *логистическом предварительном уровне*.

При поступлении заказа конкретного клиента конечное изделие специфицируется компонентами этого уровня, имеющимися в наличии на центральном складе модулей. При необходимости возможно срочное (приоритетное) изготовление или закупка недостающего компонента. Нужное изделие собирается в кратчайшие сроки. Таково содержание краткосрочного цикла. Ориентация долгосрочного процесса на внутреннюю оптимизацию производственной программы позволяет предъявлять менее строгие требования к гибкости производства, планирования и управления по сравнению с краткосрочным процессом, ориентированным на конкретные заказы потребителей.

Необходимым условием реализации системы «отсрочки» является высокий уровень унификации и типизации компонентов, а также блочно-модульная конструкция конечных изделий. Пригодность таких компонентов проверяется тем, какова их применяемость и степень удовлетворения потребностей клиентов при сборке конечных изделий. Предпосылкой для внедрения системы «отсрочки» служит создание на предприятии гибкой конструкторско-технологической службы. Расчленение общего потокового процесса в производстве на две последовательные составляющие — долгосрочный и краткосрочный процессы — позволяет предъявлять к ним разные требования и использовать разные средства и методы производства, которые требуют соответственно разных затрат на реализацию. Такой подход позволяет предприятию сочетать достижение максимальных рыночных результатов с наилучшими технико-экономическими показателями производства.

Планирование ресурсов, синхронизированное с потребителем. Производственная эффективность, на достижение которой в основном ориентированы такие системы, как *JIT* и *MRPII*, дала общественному производству в последние два десятилетия XX в. наиболее быстрый и предсказуемый путь улучшения низких производственных показателей — уменьшение стоимости продукта путем сокращения издержек или преобразования производства. Но в то же время производственная эффективность может дать только краткосрочную выгоду, а в долгосрочном плане производственные методы и технологии могут быть повторены конкурентами. Динамика конкуренции изменилась. Производственная эффективность больше не определяет успех на рынке: качество достигнуто, а конкуренты продолжают снижать цены, в результате ценовое преимущество исчезает. Чтобы конкурировать в будущем, производственная эффективность будет необходима, но ее будет явно не достаточно. Сложная задача для производителей XXI в. заключается в том, чтобы с прибылью для себя предоставить покупателям широкий выбор товаров, которые смогут изменяться так же быстро, как и предпочтения покупателей. Следовательно, конкурентное преимущество не будет продиктовано только производственной эффективностью, а скорее должно быть продиктовано рынком и покупателями, каждым конкретным потребителем.

Предприятия, которые будут иметь преимущество в следующих десяти-

летиях, — это предприятия, предоставляющие потребителю новую покупательскую ценность, а не просто качественный продукт. От победителя будет требоваться создание покупательской ценности товаров и услуг, которая соответствовала бы определенной потребности каждого уникального покупателя, а не абстрактному требованию обобщенного рынка. Решающим фактором станет способность производителей совместить индивидуальные покупательские предпочтения с эффективным производством и рациональной системой планирования. Всем этим требованиям полностью отвечает современная концепция менеджмента — концепция *маркетингового управления*, или *интегрированного маркетинга*. «Маркетинг слишком важен, чтобы отдавать его на откуп отделу маркетинга», — выдвигает основной принцип этой концепции экономист Д. Паккард. Согласно этому принципу, анализ и учет потребительских запросов должны стать основной задачей всех подразделений предприятия.

Критическая информация о покупателе и рынке удалена от основной системы планирования бизнеса и изолирована в различных подразделениях организации. Многие из подразделений проводят значительное время, взаимодействуя с покупателями, но в большинстве традиционных организаций эти подразделения тратят мало времени на взаимодействие с плановыми или производственными отделами. Здесь требуются новые инструменты. Новая модель бизнеса — *планирование ресурсов, синхронизированное с потребителем*, (*customer synchronized resource planning, CSRP*) будет определять деятельность организаций по созданию товаров и дифференцированию рынков в ближайшие десятилетия. Система *CSRP* — это первая бизнес-методология, которая интегрирует деятельность, сфокусированную на покупателе, в систему управления бизнесом. Система *CSRP* переопределяет практику бизнеса, акцентируя ее на рыночной активности, а не на производственной деятельности. Все бизнес-процессы при этом синхронизируются с запросами покупателей.

Система *CSRP* развивает идеи и методы системы *ERP*: с одной стороны, системы интегрированного управления производством *MRP II*, с другой - управления в цепях поставок *DRP II*. Система *CSRP* ориентирована также на комбинированное использование систем *MRP* и *JIT*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Почему так важно внедрять систему *ERP* поэтапно, постепенно? Действует ли такое требование при внедрении системы *JIT*?
2. Является ли снабжение производства объектом планирования для системы *MRP II*?
3. Какова связь планирования производства и финансового учета в системе *MRP II*?
4. Назовите полную последовательность этапов планирования мощности предприятия, укажите содержание каждого этапа.
5. Что общего и что отличает системы *MRP II* и *JIT*?
6. Какие требования предъявляет к системе *DRP* характер спроса?

ГЛАВА 22. АГРЕГАТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

22.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЦЕЛИ АГРЕГАТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Агрегатный план производства и продаж конечной продукции представляет второй уровень иерархии планов, разрабатываемых на предприятии. Он позволяет сопоставить данные маркетинговых исследований рынка и возможностей производства в среднесрочном периоде, четко определяет в терминах продуктовых групп и семейств изделий, что должно быть изготовлено и реализовано для того, чтобы был выполнен бизнес-план предприятия. Агрегатный план производства и продаж относится к среднесрочным планам. Горизонт планирования здесь должен быть достаточен для того, чтобы осуществлять планирование ключевых ресурсов, необходимых для его выполнения. Обычно это срок от 3 до 8 месяцев. Отметим, что для планирования многих ресурсов естественен годичный цикл. Это персонал предприятия, закупки сельскохозяйственной продукции, добыча ресурсов и др. Поэтому горизонт планирования для плана производства и продаж тоже тяготеет обычно к одному году.

Как правило, ежемесячно отделы маркетинга и продаж детализируют общий план продаж, а службы производственного планирования - общий план производства (т. е. обе составные части плана производства и продаж), опираясь на наличные ресурсы и преодолевая «узкие места» производства. Балансировка возможностей и потребностей производится в укрупненном виде. Термин «агрегирование» означает здесь укрупнение соответствующих показателей планов и ресурсов в общие, объединяющие отдельные позиции, показатели. Укрупненные данные прогнозируемого спроса и наличных ресурсов, таких, как производственные мощности, запасы, численность рабочих и пр., используются разработчиками плана для определения темпа выпуска предприятием продукции в течение планового периода в разрезе укрупненных позиций.

Например, возьмем, предприятие, производящее в качестве основного продукта различные типы персональных компьютеров, такие, как переносные, настольные офисные, многоиерационные с высокоскоростными элементами, домашние игровые ПЭВМ. Агрегатный план трех кварталов для такого предприятия может быть представлен следующими объемом выпуска (штук) всего семейства компьютеров (табл. 22.1).

Таблица 22.1

I квартал			II квартал			III квартал		
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
1500	1200	1100	1000	1300	1500	1800	1500	1400

Применительно к организации, ориентированной на сервис, которая

обеспечивает обучение менеджеров работе на компьютерах, можно рассмотреть следующий пример. Фирма предлагает обучение работе с несколькими компьютерными языками и нанимает на работу нужное число преподавателей, чтобы удовлетворить спрос на обучение. Спрос имеет тенденцию к снижению в праздничные дни и летом, когда начинаются отпуска. Отреагировать на изменения спроса фирма может увольнением преподавателей, проведением рекламных кампаний с целью увеличения спроса в «затишающие» сезоны, снижением цены или, наоборот, наймом дополнительных работников, заключением подрядов на работу с другими обучающими агентствами во время пиковых периодов. В то же время снижение цены ведет к потере части доходов, а подряды могут «открыть дверь» конкурентам и усилят риск потерять клиентов. Отметим, что в любом случае планирующий процесс менеджер принимает решение в терминах среднесрочной мощности/пропускной способности, не входя в детали конкретных изучаемых компьютерных языков или состава учащихся.

Совместное рассмотрение и обсуждение плана производства и плана реализации верхним эшелоном руководителей предприятия позволяет выработать тактику ведения бизнеса. Очевидно, что это достаточно сложный и неформальный процесс, требующий многократного обсуждения и согласования с различными службами и отделами управления предприятия. Согласованный план производства утверждается руководством предприятия, после чего он вступает в законную силу. Тем самым подтверждается, что он соответствует маркетинговой политике предприятия, доступным объемам финансирования, целям оптимального использования производственных возможностей и разработанных инженерных решений и в конечном счете — бизнес-плану предприятия.

План производства показывает, сколько изделий каждой группы должно быть изготовлено для того, чтобы удовлетворить спрос, поддерживать плановый уровень запасов с учетом поступивших и незакрытых заказов. Решающим действием на этом уровне является определение тех ключевых ресурсов, которые, возможно, будут ограничивать выполнение плана производства. Для определения объемов и сроков их приобретения должен составляться перечень ресурсов, необходимых для изготовления каждой группы изделий, и выполняться расчет потребности на основе нормативов расхода на одно усредненное изделие группы. Показатели плана производства и продаж должны постоянно сопоставляться и сравниваться с *бизнес-планом*. С другой стороны, после утверждения они рассматриваются как задание для следующего уровня планирования - разработки *главного плана-графика производства*, т. е. для определения того, сколько единиц специфицированной конечной продукции и когда должно быть сделано.

Таким образом, разрабатывая агрегатный план, менеджеры верхнего уровня пытаются выбрать наилучший способ удовлетворения прогнозируемого спроса путем увязки его с наличными ресурсами. Главной целью является минимизация затрат в течение всего среднесрочного периода, а методами балансировки - регулирование темпов производства и уровня использования трудовых ресурсов, уровня запасов и привлечения субподрядных организаций, а также ряда других поддающихся контролю параметров. Агрегатное планирова-

ние является частью общей системы производственного планирования. Поэтому для занимающихся им менеджеров важно понимать интерфейс (связи) между планами разных уровней, характер влияния на планы многих внутренних и внешних факторов. Рассмотрим подробнее сущность решений в агрегатном планировании.

22.2. СТРАТЕГИИ АГРЕГАТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Существует несколько вопросов, на которые менеджер должен ответить, когда он приступает к разработке агрегатного плана:

- 1) должны ли использоваться запасы (заделы), чтобы отреагировать на изменения спроса в течение планового периода?
- 2) должны ли изменения спроса сопровождаться изменениями в численности работников путем их приема и увольнения?
- 3) должны ли применяться сверхурочные работы либо, наоборот, в период снижения спроса допустимы простои?
- 4) должны ли использоваться субподрядчики в период пика спроса с тем, чтобы сохранить без изменений основную численность работников?
- 5) должны ли меняться цены или применяться другие способы стимулирования спроса?

Все эти стратегии планирования доступны для менеджмента. Они включают манипулирование запасами (заделами), темпом производства, уровнем использования труда, производственными мощностями и другими управляющими параметрами. Когда во времени изменяется только один параметр, имеет место так называемая *чистая стратегия*. Обычно используется комбинация стратегий для того, чтобы достичь лучших результатов планирования. Тогда речь идет о *смешанной стратегии*. Рассмотрим подробнее восемь чистых стратегий. Первые пять из них называются *пассивными стратегиями*, так как они не предусматривают воздействия на спрос, а только реагируют на его изменения, управляя внутренними ресурсами предприятия. Последние три являются *активными стратегиями*, прибегая к которым предприятия пытаются воздействовать на характер спроса на протяжении планового периода.

ЧИСТЫЕ СТРАТЕГИИ

1. *Управление уровнем запасов (заделов)*. Можно увеличивать незавершенное производство и запасы готовой продукции в периоды снижения спроса, чтобы встретить ими высокий спрос в будущие периоды. Если принять эту чистую стратегию, то придется смириться с тем, что затраты на хранение и страхование продукции, потери от ее старения и порчи, а также капитальные вложения в складские объекты увеличатся. С другой стороны, когда предприятие входит в период высокого спроса, нехватка продукции на складах приведет к потере объема продаж и потенциальных покупателей в будущем.

2. *Варьирование численности работников путем их найма или увольне-*

ния. Один из путей отслеживания спроса — это наем или увольнение производственных рабочих для выравнивания темпа производства в соответствии с изменением спроса. Но часто новые рабочие нуждаются в обучении, требуется время для овладения навыками работы, поэтому средняя производительность временно падает. Ожидаемые увольнения снижают моральный дух рабочих и могут также привести к снижению производительности труда. Кроме того, высокая текучесть кадров не способствует развитию корпоративной культуры, что в целом отрицательно влияет на организацию.

3. *Варьирование темпов производства путем использования сверхурочного времени или времени простоев.* Иногда оказывается возможным сохранять постоянную численность рабочих, изменяя продолжительность рабочего времени. Этот способ удобен, но имеет ограниченное применение, особенно в тех случаях, когда спрос возрастает быстро и значительно. К тому же затраты на оплату сверхурочной работы увеличиваются, а длительные сверхурочные работы утомляют рабочих, что в итоге проявляется в снижении производительности труда. Сверхурочная работа связана также с необходимостью содержать производственное оборудование в постоянной готовности, что приводит к дополнительным затратам.

4. *Субподряд.* Предприятие может временно «приобретать» дополнительные производственные мощности, заключая субподряд на выполнение отдельных работ в пиковые периоды спроса. Субподряд, однако, имеет несколько негативных моментов. Во-первых, это недешево, во-вторых, это риск «открыть дверь» конкуренту и потерять клиентов и, в-третьих, трудно найти совершенную подрядную организацию, выполняющую работы качественно и точно в срок.

5. *Использование временно нанимаемых рабочих.* Временные рабочие особенно в секторе обслуживания могут закрыть лишь потребность в неквалифицированном труде. Это очевидно для ресторанов быстрого обслуживания, хранилищ розничных товаров и супермаркетов.

6. *Воздействие на спрос.* Когда спрос низкий, предприятие может попробовать воздействовать на него, прибегая к рекламе, приемам продвижения товаров на рынок (в частности, увеличивая персональные продажи и снижая цены). Авиакомпании и отели объявляют о снижении цен на длительный отдых и постоянным клиентам, проводят сезонные снижения цен; телефонные компании снижают тарифы на ночные переговоры; кондиционеры не так дороги зимой, как летом, и т. д. Однако эти приемы не всегда способны установить баланс между спросом и имеющейся производственной мощностью предприятия.

7. *Задержка выполнения заказа в период высокого спроса.* Задержанные заказы — это заказы на товары или услуги, которые принимаются фирмой, но не могут быть (с какой-либо целью или случайно) выполнены в установленный срок. Если покупатели согласны ждать, не изменяя своего мнения о фирме и не снимая заказа, задержка заказов является вполне приемлемой стратегией. Но это не всегда так. Поэтому данный прием малоприменим для производителей большинства товаров.

8. *Производство разносезонных изделий.* Стратегия, широко используе-

мая, позволяющая сгладить резкие колебания результатов производственно-хозяйственной деятельности предприятий. Примерами могут служить предприятия, которые изготавливают одновременно обогревающие печи и кондиционеры или лодочные моторы, легкие мопеды и снегоходы. Такие компании подвергаются только одной опасности: если, следуя этой стратегии, они приступят к оказанию услуг или производству товаров, находящихся далеко за пределами их профессиональной компетенции и поэтому несоответствующих требованиям рынка.

Преимущества и недостатки восьми указанных стратегий показаны в табл. 22.2.

Таблица 22.2

Преимущества и недостатки стратегий агрегатного планирования

<i>Стратегии</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Примечания</i>
1. Изменение уровня запасов (заделов). Производство запасов в периоды спада уровня спроса в расчете на его будущий рост	Изменение численности рабочих практически отсутствует; выравнивания производственного процесса не требуется	Рост затрат на содержание запасов, связывание оборотных средств, возможные потери; при неожиданном увеличении спроса - возникновение дефицита	Стратегия может быть использована на производстве, если продукт не скоропортящийся, но не в сервисе, где создать запас услуг невозможно
2. Изменение численности рабочих (их прием и увольнение) в соответствии с колебаниями спроса	Позволяет приспособиться практически к любым колебаниям спроса с небольшой задержкой на адаптацию работников	Значительны затраты, связанные с приемом и увольнением, и затраты на обучение рабочих	Используется там, где требуется низкоквалифицированный труд, а в регионе есть свободные трудовые ресурсы
3. Использование сверхурочных работ или времени простоев	Позволяет приспособиться к небольшим колебаниям спроса и избежать затрат на прием и увольнение рабочих	Дополнительные выплаты за сверхурочную работу, снижение производительности и потеря качества из-за усталости рабочих	Используется в ограниченных масштабах, возможно возникновение социальных конфликтов в коллективе
4. Субподряд	Обеспечивает практически неограниченную гибкость	Потеря контроля качества и сроков, снижение выручки и возможные потери заказчиков в будущем	Используется главным образом в производственной сфере
5. Использование временных рабочих	Требует меньших затрат и более гибко по сравнению с использованием постоянных рабочих	Высокие затраты на прием, увольнение и обучение новых рабочих; возможное снижение качества работ	Годится для низкоквалифицированных работ и территорий с избыточной рабочей силой
6. Варьирование спроса с помощью рекламы, цен и пр.	Выравнивает во времени интенсивность потока покупателей	Ненадежность в обеспечении спроса: трудно добиться точного согласования величины спроса и возможностей его удовлетворения	Укрепляет идеи рынка; требует наличия на предприятии эффективной службы маркетинга

Окончание табл. 22.2

<i>Стратегии</i>	<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Примечания</i>
7. Задержка в выполнении заявок в периоды высокого спроса (создание очереди заказчиков)	Позволяет избежать многих проблем и поддерживать производственные мощности на постоянном уровне	Опасность потери заказчиков, так как они могут обратиться к конкурентам	Требует установления регламента обслуживания очереди
8. Сочетание разносезонных продуктов (сервиса)	Более полное использование ресурсов, возможность избежать однообразия и монотонности труда рабочих	Может потребовать более высокой квалификации рабочих или использования более разнообразных ресурсов	Сложность нахождения продуктов, противоположных по сезону использования, близких по условиям производства и обеспечивающих примерно одинаковый объем выпуска

СМЕШАННЫЕ СТРАТЕГИИ

Хотя каждая из чистых стратегий может привести к рациональному агрегатному плану, комбинация их (называемая смешанной

стратегией) часто срабатывает лучше, приводит к получению плана, более соответствующего действительности. Например, предприятие может использовать в качестве стратегии следующую комбинацию подходов: сверхурочное время, субподряд и управление уровнем запасов. Очевидно, что существует множество различных возможных комбинаций стратегий, анализ которых представляет для менеджера важнейшую профессиональную задачу. Тем более что отыскание так называемого оптимального агрегатного плана не всегда очевидно и гарантировано.

Выбор смешанной стратегии будет иным для сервисных фирм, так как они не могут создавать запасы. Субконтракт, как отмечалось, может привести к усилению позиций конкурентов. Поэтому сервисные фирмы обычно строят агрегатные планы, основанные на изменении численности и/или расстановки персонала. Они осуществляют это с помощью перекрестного многопрофильного обучения и ротации персонала, изменяя рабочее расписание, а также используя временный персонал.

Планирование уровня производственных мощностей является одной из важных смешанных стратегий. В соответствии с ней предприятия ориентируются на агрегатные планы, в которых дневные мощности из месяца в месяц одинаковы. В результате производственные системы поддерживаются на одинаковых нормативных уровнях, а товарные запасы меняются, выравнивая разницу в месячном спросе и объеме производства. В то же время частичный баланс достигается за счет частых и оперативных перемещений работников по рабочим местам внутри предприятия. Философия этих предприятий такова: постоянная занятость обеспечивает требуемое качество продукции, уменьшает число невыходов на работу, текучесть кадров, а также вовлекает большее число работающих в сотрудничество с фирмой для достижения общего выигрыша.

Планирование уровня производственных мощностей обеспечивает снижение затрат на производство в большей степени, чем другие стратегии: отмечается прямая связь этого подхода с повышением квалификации рабочих, снижаются затраты на прием и увольнение, оплата сверхурочных работ. Общая концепция этой стратегии используется в системе Toyota. В частности, она находит отражение в процедуре «выравнивания» на ее первом среднесрочном этапе (см. главу 19).

22.3. МЕТОДЫ АГРЕГАТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Рассмотрим несколько методов, которыми пользуются менеджеры при агрегатном планировании. Это интуитивный метод, графический и табличный методы, математические методы (линейного программирования, линейных правил принятия решений, управляющих коэффициентов, компьютерное моделирование).

Интуитивный метод. Это, пожалуй, самый привычный и удобный для менеджера не количественный, а качественный подход к планированию. Он основан на опыте и интуиции принимающего решения и позволяет ему учесть множество факторов, чего практически невозможно достичь при использовании какого-либо количественного метода. В то же время обоснованность результатов при этом подходе обычно вызывает сомнения. Как правило, любая организация «пронизана» множеством факторов, большинство которых противоречивы по своему действию. Конфликты среди различных подразделений в большой организации не так уж редки. Например, производственные менеджеры мечтают иметь систему поточных линий, используя которые можно производить большое количество однородной дешевой продукции, а в периоды колебания спроса продавать ее со складов, обеспечивая, тем самым, высокий уровень покупательского сервиса. Финансовые менеджеры предпочитают минимизировать складские запасы (заделы), чтобы снизить вложения в оборотные фонды предприятия. Маркетологи, заботящиеся об удовлетворении меняющегося покупательского спроса, знают, что огромные запасы одинаковой продукции на складе могут никогда не востребоваться. Зная о различиях целей отдельных служб, можно предвидеть, что полученные с помощью интуитивного подхода планы окажутся в значительной степени субъективными и далеко не оптимальными.

Многие предприятия, которые не пользуются формализацией процесса агрегатного планирования, используют один и тот же план из года в год, внося в него поправки, увеличивающие или уменьшающие объем производства по отдельным укрупненным позициям номенклатуры, достаточные на их взгляд, чтобы отреагировать на изменения спроса. Если старый план был неоптимален, фирма обрекает себя на принятие множества расточительных распорядительских решений, чтобы выйти из постоянно возникающих при исполнении такого плана осложнений, но часто не имеет в этом успеха.

Графический и табличный методы. Графический и табличный подходы

популярны потому, что они наглядны, легки для понимания и использования. В их основе — рассмотрение в динамике нескольких переменных одновременно, что позволяет менеджеру сравнивать планируемую мощность с существующей. В основе здесь лежит метод «проб и ошибок». Он не гарантирует получения оптимального плана, но прост в использовании и позволяет за ограниченное число шагов получить приемлемые результаты. Графический метод обычно включает пять шагов:

- 1) определение спроса для каждого планового периода;
- 2) формирование перечня альтернативных путей, обеспечивающих необходимую в каждом периоде производственную мощность (например, за счет рабочего времени, использования сверхурочных работ, заключения субподряда и т. д.);
- 3) определение соответствующих затрат на оплату труда, прием и увольнение кадров, хранение запасов;
- 4) составление альтернативных планов, включая анализ всех изменяемых параметров. Расчет затрат, обусловленных принятием каждого из альтернативных вариантов;
- 5) сравнение альтернатив и выбор лучшего варианта по критерию минимума затрат.

Возможность невыхода в результате этой процедуры на оптимальный план объясняется просто: нельзя учесть и формализовать действие всех факторов и сложно рассмотреть все возможные альтернативы. Работу этого алгоритма проиллюстрируем на примере.

Пример 22.1

Фирма, снабжающая легкими и компактными газобетонными блоками разных размеров и конфигураций строителей загородных коттеджей, в ночь под Рождество составила прогноз потребности в своей продукции на ближайшие полгода. Он приведен в табл. 22.3. Здесь же показан среднедневной спрос для каждого месяца планируемого периода, рассчитанный делением величины прогнозируемого месячного спроса на число рабочих дней в месяце.

Таблица 22.3

<i>Месяц</i>	<i>Ожидаемый спрос, м³</i>	<i>Число рабочих дней</i>	<i>Среднедневной спрос, м³/дн.</i>
Январь	900	22	41
Февраль	700	18	39
Март	800	21	38
Апрель	1200	21	57
Май	1500	22	68
Июнь	1100	20	55
Итого	6200	124	

Для наглядности эти данные представлены и в графическом виде (рис. 22.1). На графике пунктиром показан также среднедневной спрос за весь период, рассчитанный как отношение общего ожидаемого спроса за период к числу рабочих дней в этом периоде.

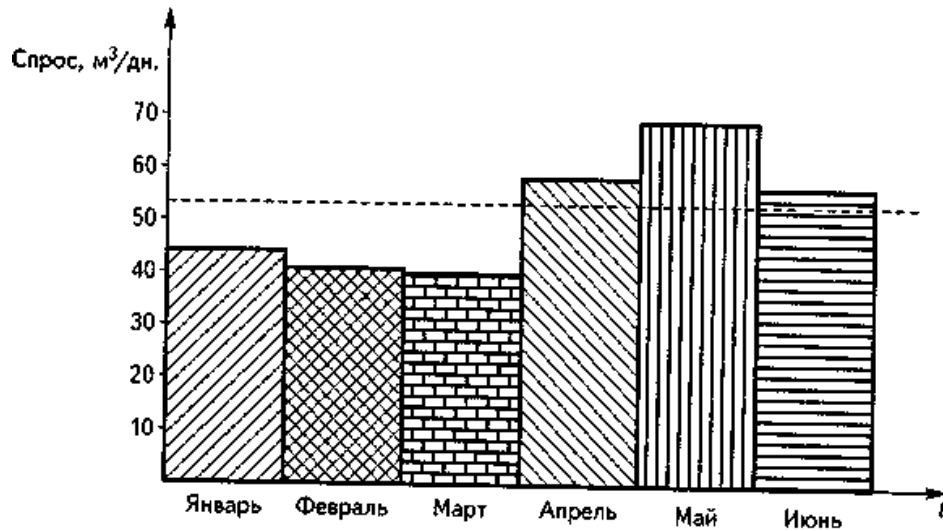


Рис. 22.1. Гистограмма распределения спроса

Гистограмма (рис. 22.1) показывает, что темпы снабжения потребителей продукцией в каждом месяце должны быть разными и при этом существенно отличаться от средних за период. Разрабатывая агрегатный план производства, фирма может придерживаться различных стратегий. Далее в качестве альтернатив рассмотрены три стратегии.

План 1. Поддержание постоянной численности рабочих и темпа производства, ориентированного на средний за период спрос. Реагирование на постоянные изменения спроса путем накопления и расходования запаса готовой продукции. (Это типичный пример внутреннеориентированного планирования.)

План 2. Поддержание постоянного темпа производства, скажем, на минимальном уровне, равном 38 м^3 в день, и заключение субконтракта, чтобы удовлетворять возрастающий спрос в другие месяцы, кроме марта.

План 3. Изменение численности работающих путем приема и увольнения в соответствии с необходимыми изменениями темпа производства для удовлетворения меняющегося спроса.

В табл. 22.4 дана необходимая для анализа информация о затратах.

Таблица 22.4

Составляющие затрат	Затраты
1. Текущие затраты, связанные со складированием (на месяц), руб./м ³	50
2. Затраты по субконтракту (предельные затраты на единицу сверх собственных производственных затрат), руб./м ³	100
3. Средняя заработная плата рабочего, руб./ч	50 (400 руб./дн.)
4. Оплата сверхурочной работы (свыше 8 ч), руб./ч	70
5. Трудоемкость единицы продукции, ч/м ³	1,6
6. Затраты на прием и обучение новых рабочих (в расчете на одну дополнительную единицу продукции), руб./м ³	100
7. Затраты на увольнение рабочих (то же), руб./м ³	150

Анализ плана 1. Анализируя этот подход, который предусматривает выпуск 50 м^3 в день, отмечаем, что он базируется на использовании постоянной численности рабочих, в нем отсутствует сверхурочное время и не используется время простоев (рабочее время не уплотняется), не используются страховые запасы и не привлекаются субподрядчики. Фирма накапливает запасы готовой продукции в период спада спроса - с января по март и расходует их в период высокого спроса - с апреля по июнь. Принимаем начальные запасы равными нулю и планируем конечные запасы также равными нулю. Изменение запасов готовой продукции показано в табл. 22.5. Другие стратегии в этом плане не используются, поэтому при расчете общих затрат (табл. 22.6), сопряженных с данной альтернативой, учитываются только затраты на хранение продукции и обычный заработок рабочих.

Таблица 22.5

<i>Месяц</i>	<i>Объем производства (с постоянным темпом по $50 \text{ м}^3/\text{дн.}$), м^3</i>	<i>Прогноз спроса, м^3</i>	<i>Изменение запаса в течение месяца, м^3</i>	<i>Динамика запаса, м^3</i>
Январь	1100	900	+200	200
Февраль	900	700	+200	400
Март	1050	800	+250	650
Апрель	1050	1200	-150	500
Май	1100	1500	-400	100
Июнь	1000	1100	-100	0
Итого				1850

Таблица 22.6

<i>Вид затрат</i>	<i>Величина затрат</i>
1. Текущие затраты на складирование	$1850 \text{ м}^3/\text{мес} \times 50 \text{ руб.}/\text{м}^3 = 92\,500 \text{ руб.}$
2. Оплата основного рабочего времени	$10 \text{ чел} \times 400 \text{ руб.}/\text{дн.} \times 124 \text{ дн.} = 496\,000 \text{ руб.}$
3. Другие затраты (сверхурочная работа, прием и увольнение рабочих, субконтракт)	0
Общие затраты	588 500 руб.

Общий объем хранения текущего запаса за период - $1850 \text{ м}^3/\text{мес}$. Для производства $50 \text{ м}^3/\text{день}$ необходимо 10 рабочих, поскольку 1 м^3 требует для производства 1,6 рабочих часов, и каждый рабочий может произвести 5 м^3 продукции за 8-часовой рабочий день.

Анализ плана 2. Постоянная численность рабочих также сохраняется и в плане 2, но находится на уровне, достаточном только для удовлетворения спроса в марте. Чтобы произвести $38 \text{ м}^3/\text{день}$, фирма должна иметь 7,6 рабочих (можно принять семь рабочих на полный рабочий день и одного - на неполный день). Остальной спрос будет удовлетворен по субконтракту, который требуется заключать каждый месяц (кроме марта). Затраты на складирование и хранение в этом плане отсутствуют.

Поскольку в течение периода агрегатного планирования потребность составляет 6200 м^3 , нужно подсчитать, сколько кубометров продукции можно произвести на фирме и сколько — заказать по субконтракту:

$$38 \text{ м}^3/\text{день} \times 124 \text{ дня} = 4712 \text{ м}^3 \text{ (на фирме);}$$

$$6200 - 4712 = 1488 \text{ м}^3 \text{ (по субконтракту).}$$

Расчет затрат по плану 2 сведен в табл. 22.7.

Таблица 22.7

<i>Вид затрат</i>	<i>Величина затрат</i>
1. Оплата основного рабочего времени	$7,6 \text{ чел.} \times 400 \text{ руб./дн.} \times 124 \text{ дн.} = 376 \text{ 960 руб.}$
2. Субконтракт	$1488 \text{ М}^3 \times 100 \text{ руб./М}^3 = 148 \text{ 800 руб.}$
Общие затраты	525 760 руб.

Анализ плана 3. Заключительная стратегия, или план 3 включает варьирование численности рабочих путем их приема и увольнения, когда это необходимо. Темп производства равен спросу. Таблица 22.8 представляет калькуляцию затрат, соответствующих плану 3. Напомним, что снижение производства на единицу по сравнению с уровнем предыдущего месяца повышает затраты на 150 руб., а увеличение производства — повышает затраты на 100 руб.

Заключительным шагом этого метода является процедура сравнения затрат, соответствующих рассматриваемым планам, и выбор лучшего из них по критерию минимизации затрат. Результирующий анализ представлен в табл. 22.9.

Таблица 22.8

<i>Месяц</i>	<i>Прогноз спроса, м³</i>	<i>Оплата основного рабочего времени (спрос \times ?,6ч/м³ \times 50руб/ч),руб</i>	<i>Дополнительные затраты увеличения производства (затраты найма), руб</i>	<i>Дополнительные затраты уменьшения производства (затраты увольнения), руб.</i>	<i>Общие затраты, руб</i>
Январь	900	72000	-	-	72000
Февраль	700	56 000	-	$200 \times 150 = 30000$	86000
Март	800	64000	$100 \times 100 = 10000$	-	74000
Апрель	1200	96000	$400 \times 100 = 40000$	-	136000
Май	1500	120000	$300 \times 100 = 30000$	-	150000
Июнь	1100	88000	-	$400 \times 150 = 60000$	148000
Итого		496 000	80000	90000	666 000

Таблица 22.9

<i>Вид затрат</i>	<i>Затраты по плану 1, руб.</i>	<i>Затраты по плану 2, руб.</i>	<i>Затраты по плану 3, руб.</i>
1. Текущие затраты на складирование	92500	0	0
2. Оплата основного рабочего времени	496 000	376 960	496 000
3. Оплата сверхурочных работ	0	0	0
4. Прием	0	0	80000
5. Увольнение	0	0	90000
6. Субконтракт	0	148800	0
Суммарные затраты	588 500	525 760	666 000

Для решения подобной проблемы может быть рассмотрено много других стратегий, включая и смешанные. Хотя графики и таблицы являются популярным рабочим инструментом, их помощь основывается на оценке стратегий, но не на их генерировании, как при использовании математических методов. Один из таких подходов — линейное программирование.

Математические методы. Рассмотрим подходы, относящиеся к группе экономико-математических методов и используемые в агрегатном планировании.

Транспортный метод линейного программирования. Когда агрегатное планирование рассматривается как задача оперативного размещения производственной мощности для обеспечения прогнозируемого спроса, то такая задача может быть сформулирована в терминах линейного программирования. Транспортный метод линейного программирования не является методом проб и ошибок, каким считается графический метод. Он позволяет найти оптимальный план, обеспечивающий минимизацию затрат. Он также обладает гибкостью и позволяет определять для любого планового периода количество продукта, производимого как в условиях обычной работы, так и за счет сверхурочного времени; количество единиц, производимых по субконтракту, в дополнительные смены; запасы, переходящие из периода в период. В следующем примере рассмотрена динамика производственных заделов, а также выпуск продукции за счет основного рабочего времени, сверхурочного времени и субконтракта.

Пример 22.2

Фирма производит головные уборы разных фасонов. Исходные данные, характеризующие ее производственную деятельность представлены в табл. 22.10. Требуется разработать агрегатный план производства продукции фирмы на II квартал. Задачу необходимо поставить и решить транспортным методом линейного программирования.

Решая транспортную задачу нужно учесть следующее. Величины затрат, проставленные в правом верхнем углу каждой клетки матрицы, показывают стоимость производства единицы продукта одним из трех способов, плюс затраты на хранение единицы переходящих запасов, если они были произведены в одном из предыдущих периодов, а реализованы в данном периоде. Основные значения в каждой клетке матрицы представляют объемы реализации продукции, произведенной разными способами или находящейся в переходящих запасах и используемой для удовлетворения спроса. Например, спрос на 800 головных уборов в марте будет удовлетворен 100 шт. из текущих запасов и 700 шт., произведенными в нормальное рабочее время в марте; спрос на 1000 шт. в апреле — 50 шт., произведенными в сверхурочное время, 150 шт., произведенными по субконтракту в марте, и 800 шт., произведенными тремя способами в апреле. Задачи в транспортной постановке требуют, чтобы снабжение точно равнялось спросу. Поэтому в матрицу добавляется фиктивный столбец «неиспользованная мощность». Затраты неиспользованной мощности равны нулю.

Таблица 22.10

Показатель	Период производства/продаж		
	Март	Апрель	Май
Спрос, шт.	800	1000	750
Доступная мощность, шт.:	700	700	700
нормальная	50	50	50
за счет сверхурочного времени	150	150	130

за счет субконтракта			
Текущие запасы, шт	100	0	0
Затраты при изготовлении в основное рабочее время, руб./шт.		40	
Затраты при изготовлении в сверхурочное время, руб./шт.		50	
Затраты по субконтракту, руб./шт.		70	
Текущие затраты содержания запаса (в месяц), руб./шт.		2	

Транспортная матрица с допустимым начальным решением показана в табл. 22.11. Затраты по представленному в таблице варианту гшана составляют:

$$700 \times 40 + 50 \times 52 + 150 \times 72 + 700 \times 40 + 50 \times 50 + 50 \times 70 + 700 \times 40 + 50 \times 50 = 105\,900 \text{ руб.}$$

Оптимальное решение задачи может быть легко найдено либо вручную, либо с помощью компьютера и пакета программ решения транспортной задачи линейного программирования. Как показывают расчеты, представленный в таблице вариант не оптимален, хотя достаточно близок к нему. В оптимальном варианте субконтракт в апреле составляет 150 шт. вместо 50 шт. Соответственно, должен быть уменьшен субконтракт в марте на те же 100 шт., которые производились для использования в апреле. Экономия затрат складывается за счет сокращения расходов на хранение этих 100 шт. в течение месяца и составляет: $100 \times 2 = 200$ руб.

Таблица 22.11

Источники обеспечения		Спрос по периодам			Неиспользуемая мощность	Общая требуемая мощность
		Март	Апрель	Май		
Текущий запас		0 100	2	4	0	100
Март	Нормальное рабочее время	40 700	42	44	0	700
	Сверхурочное время	50	52 50	54	0	50
	Субконтракт	70	72 150	74	0	150
Апрель	Нормальное рабочее время		40 700	42	0	700
	Сверхурочное время		50 50	52	0	50
	Субконтракт		70 50	72	0 100	150
Май	Нормальное рабочее время			40 700	0	700
	Сверхурочное время			50 50	0	50
	Субконтракт			70	0 130	130
Суммарный спрос		800	1000	750	230	2780

Транспортная задача, описанная выше, была первоначально сформулирована Е. Боуманом в 1956 г. Приемлемая для анализа эффективности хранения текущих запасов, использования нормального и сверхурочного времени, а также субконтракта, она не пригодна, когда рассматривается большее число фак-

торов. Поэтому когда в составе смешанной стратегии появляются еще прием и увольнение работников, необходимо использовать стандартный симплекс-метод, который также представлен в виде пакета программ для ПЭВМ.

Классический эвристический подход представлен *методом управляющих коэффициентов* Боумана. Этот уникальный подход создает формализованную модель принятия решений на основе опыта и интуиции менеджера. Теоретически принимается, что прошлые представления менеджера достаточно адекватны, и они могут быть использованы как базис для будущих решений. Проводится регрессионный анализ решений прошлого периода, принятых менеджером, и прогнозируется будущее решение. Линия регрессии обеспечивает связь между переменными (скажем, спросом и трудом) для будущих периодов.

Компьютерное моделирование. Компьютерная модель, называемая моделированием планирования, была разработана Р. Вирджином в 1966 г. Этот подход основан на моделировании процедуры поиска комбинации переменных, соответствующих минимуму затрат.

Правила поиска решения. Эти правила, разработанные В. Н. Тау-бергом, позволяют минимизировать затраты, соответствующие комбинации переменных. Компьютер необходим, чтобы совершить тысячи поисковых шагов по точкам, характеризующимся снижением затрат. Правила такого поиска прямо не ведут к оптимальному решению, но гибкость метода достаточна, чтобы использовать его с любым типом функции затрат.

Хотя математические методы агрегатного планирования пригодны для использования во многих условиях, только линейное программирование нашло некоторое применение в промышленности. Возможно, это отражает распространенную позицию менеджеров по отношению к чрезвычайно сложным моделям. Люди стремятся к пониманию того, как работают модели, на которых они основывают работу. Это позволяет объяснить, почему наиболее простые и понятные графический и табличный методы применяются особенно часто.

Результат агрегатного планирования обычно представлен производственным планом изготовления семейства групп изделий. Он содержит сведения о том, например, сколько необходимо собрать автомобилей, но не о том, сколько должно быть собрано автомобилей двухдверной или четырехдверной версии, красной или зеленой расцветки. Такой план указывает производителю стали, сколько тонн стали нужно произвести, но не устанавливает, какой именно марки. Процесс перехода от агрегатного плана к более детальному называется *дезагрегированием*. Деагрегирование производится на основе более детального изучения спроса на коротком горизонте планирования, что дает более точную и подробную информацию для менеджера, разрабатывающего главный план-график производства.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В чем суть агрегирования?
2. В каких единицах измерения целесообразно составлять агрегатный план банка?
3. Назовите чистые стратегии агрегатного планирования - активные и пассивные.

4. Используя свои знания из области расчета критической точки производственной мощности и знания об эластичности спроса, попробуйте проанализировать такую активную стратегию воздействия на спрос, как снижение цены на продукцию в период его уменьшения.

5. Продолжите рассмотрение примера 22.1 и составьте план 4, использующий постоянный темп производства на уровне 38 м^3 в день, при необходимости — сверхурочные работы в размере не более 25% нормальной месячной мощности и неограниченный по мощности субподряд. Начальный текущий запас отсутствует. Задачу решите с помощью транспортного метода линейного программирования.

ГЛАВА 23. РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ

23.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ

Разработка производственных расписаний завершает процесс, включающий разработку бизнес-плана, агрегатное планирование, составление главного плана-графика производства и *MRP*-процедуру. Расписания детализируют планы верхнего уровня, доводя их до конкретных исполнителей и разбивая на краткосрочные задания на смену, сутки, час. Разработка производственных расписаний является одной из сложнейших задач производственного (операционного) менеджмента. На нижнем уровне управления действует много возмущающих внешних и внутренних факторов, а требования к оперативности принятия и исполнения управленческих решений жесткие. В то же время обычно в исполнении одновременно находится на разных стадиях готовности множество заказов, время завершения каждого из которых различно. Если в управлении производственными мощностями проблема сводится к преодолению неопределенности уровня спроса, то на нижнем уровне менеджер имеет дело с неопределенностью спроса во времени.

Производственное расписание представляет собой развертку действий, необходимых для выполнения планов, во времени, фиксируя моменты их начала и завершения и определяя порядок их выполнения. Природа проблемы составления расписаний, встающей перед менеджерами, определяется в значительной степени структурой оперирующей системы и целями, которые необходимо достичь. В рамках заданных ограничений (что можно сделать в производственной системе и что должно быть сделано) менеджер решает задачу составления расписания. При этом сначала он должен решить, какой принципиальный подход необходимо использовать, разрабатывая расписание, затем определить необходимые процедуры этой деятельности, в первую очередь - процедуру увязки расписаний и производственных мощностей.

На процедуру составления расписания оказывают влияние многие факторы, которые уже были рассмотрены в главе 16. Так, различия между внутренне- и внешнеориентированными расписаниями, между зависимыми и независимыми действиями, определяемыми спросом, требуют различных методических подходов к разработке расписаний. Оба указанных выше фактора взаимосвязаны, в результате чего производственный (операционный) менеджмент сталкивается с тремя типами ситуаций составления расписаний, показанными в табл. 23.1.

Таблица 23.1

Типы ситуаций составления производственного расписания

	<i>Внешнеориентированное расписание</i>	<i>Внутреннеориентированное расписание</i>
Зависимые от спроса действия	Ситуация 1 Потребительский спрос известен в терминах, что и когда необходимо сделать, поэтому действия оперирующей системы могут быть точно просчитаны. Подходы к составлению расписаний вполне определены. Известные действия должны быть выполнены, чтобы уложиться в установленные покупателем сроки, а также удовлетворить внутренние ограничения системы	Ситуация 3 Потребительский спрос известен в терминах, что необходимо сделать, а даты, когда это необходимо, в расчет не принимаются. Действия оперирующей системы могут быть точно просчитаны. Подходы к составлению расписаний вполне определены. Известные действия должны быть выполнены, чтобы достичь внутренних целей системы
Не зависящие от спроса действия	Ситуация 4 Обычно не существует	Ситуация 2 Потребительский спрос неизвестен. Действия оперирующей системы на заданный период времени строятся на основе прогнозных оценок. Подходы к составлению расписаний вполне определены, если выполняются действия, которые должны соответствовать прогнозам на заданный период и удовлетворять внутренним целям системы

23.2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ

Выбор методики составления расписаний, определяется не только факторами, указанными в табл. 23.1, но и зависит от типа действий, выполняемых оперирующей системой: работа на заказ или по проекту, повторяющиеся и партионные процессы, а также от устойчивости и прогнозируемости спроса. Это различие достаточно просто и очевидно, однако его влияние на технику составления расписаний велико, поэтому на него обращается пристальное внимание. В табл. 23.2 представлен укрупненный анализ возможностей применения основных методик составления расписаний с учетом типа действий оперирующей системы.

Таблица 23.2

Основные методики составления производственных расписаний

Методика составления расписаний	Краткая характеристика методики	Производство			
		по проекту	На заказ	партиями	поточное
1. Обратное расписание (графики Гантта)	Расписание совокупности работ, необходимых для удовлетворения спроса, моделируется в виде отрезков прямых на оси времени в обратном направлении от даты завершения	+	+	+	
2. Расписание, разрабатываемое вперед (графики Гантта)	Противоположно обратному расписанию, когда моделирование осуществляется вперед от заданной даты, чтобы получить дату завершения выполнения совокупности работ	+	+	+	
3. Очередность выполнения	Определение лучшего порядка пропуска заданной совокупности работ через заданную последовательность рабочих мест в целях минимизации суммарного времени выполнения работ, ожидания их в очереди, простоя оборудования и т. д.	+	+	+	
4. Диспетчирование	Определение лучшего порядка пропуска заданной совокупности работ через один рабочий центр с использованием набора правил приоритетов		+	+	7
5. Назначения	Закрепление ресурсов из набора доступных за каждой из работ, которые необходимо выполнить (причем работа может с разной эффективностью использовать более чем один ресурс), в целях оптимизации совокупного использования ресурсов	?	+	+	
6. Расписание (график, стандарт-план)	Расписания и графики устанавливают, когда конкретные рабочие центры или другие ресурсы будут доступны для желающих ими воспользоваться	+	+	+	+
7. Оптимизированная производственная технология (ОПТ)	Составление расписания движения материального потока через «узкое место» процесса	?	?	+	+
8. Планирование потребности в компонентах изделий (МЯР)	Аналогично обратному расписанию, но используется для планирования партионного изготовления и затрагивает управление запасами и мощностью	?	+	+	
9. Планирование ресурсов предприятия (MRP II)	Развитие предыдущего подхода, но на более широкой концептуальной основе	?	+	+	
10. Сетевой анализ (метод критического пути)	Используется аналогично прямому и обратному расписанию, но может отображать более сложные логические взаимосвязи и взаимозависимости между работами, которые необходимо выполнить в составе проекта; открывает большие возможности для моделирования	+	+	?	

Окончание табл. 23.2

<i>Методика составления расписаний</i>	<i>Краткая характеристика методики</i>	<i>Производство</i>			
11. Балансировка линий	Решает задачу синхронизации работы непрерывной поточной линии, что в конечном счете определяет принципиальную возможность создания линии				+
12. Расписание потока	Составляет стандарт-план работы ОППЛ				+

Обратное расписание. Это типичный пример внешнеориентированного на дату завершения работ расписания. Серьезной проблемой здесь является оценка продолжительности выполнения отдельных работ (операций), а также времени пролеживания изделий или ожидания в очереди клиентов ввиду занятости следующей операции. Наряду с очевидным отрицательным результатом такого ожидания (усложняется составление расписания) существуют и положительные его стороны. В условиях некоторой внутренней неопределенности (продолжительности работ, работоспособности оборудования и пр.) наличие очередей на обслуживание позволяет более рационально использовать внутренние ресурсы системы. Другими словами, наличие внутренней неопределенности в системе относительно ухудшает шанс обслужить заказчика в срок, но улучшает использование собственных ресурсов. Подобные расписания обычно представляются в виде графиков Гантта, где на ось времени наносятся отрезки прямых, длина которых пропорциональна продолжительности выполнения соответствующих работ (операций). Эти графики названы по имени Генри Гантта, который развил концепцию их построения в конце XIX в. Такие графики наглядны. На них видно, какие рабочие места или подразделения и когда задействованы в процессе. Их недостаток — плохо просматриваются зависимости между операциями.

Расписание, разрабатываемое вперед. Процедура разработки такого расписания будет фактически обратной по отношению к той, что была рассмотрена в предыдущем подразделе. Расписание при этом является внутреннеориентированным и составляется в основном в расчете на определение начала выполнения всех работ (операций).

Очередность выполнения. Процедура поиска очередности используется для определения оптимального порядка пропуска заданий или клиентов сервисных систем через последовательность обрабатывающих или обслуживающих устройств. В случае производственной системы задача формулируется более традиционно: требуется отыскать оптимальный порядок запуска партий деталей на обработку на участке, где над ними выполняется некоторая последовательность операций. Причем в общем случае это может быть как предметно-замкнутый, так и технологический участок.

Выделяются два случая решения задачи — статический и динамический. *Статический случай*, когда все задания, для которых составляется расписание, известны и их список не пополняется во время их выполнения в системе. То есть нет поступления заданий в систему либо поступающие задания становятся

в очередь и ожидают следующего цикла решения задачи. *Динамический случай*, который допускает поступление заданий в систему и оперативное включение их в процедуру составления расписания. Очевидно, что в такой ситуации задача определения очередности должна заново решаться каждый раз, когда в систему поступает новое задание. Информацией, необходимой для решения этой задачи, является время, затрачиваемое каждым обрабатывающим или обслуживающим устройством на обработку (обслуживание) каждого задания (клиента), а также последовательность прохождения ими этих устройств.

В статическом случае решения задачи обычно ставится цель минимизации совокупного времени выполнения всех заданий, т. е. максимизируется пропускная способность системы. Такая постановка задачи более характерна для внутреннеориентированных расписаний. Решение задачи позволяет более рационально использовать ресурсы, а в случае производственной системы — оборудование, в первую очередь дорогостоящее или лимитирующее пропускную способность процесса. Это означает, что для лимитирующего оборудования будет доминировать именно эта цель, даже если менеджер решает в целом строить внешне ориентированное расписание. В динамическом случае преобладающая цель — завершение каждого задания к определенному сроку или минимизация совокупного времени ожидания заданий в очереди, что более характерно для составления внешнеориентированных расписаний. Эта цель может ставиться и в статическом случае.

Задача определения очередности в статической постановке с критерием минимум совокупной длительности цикла имеет четыре основных варианта (первые три варианта широко известны из практики):

- 1) n заданий должны пройти в одинаковом порядке два рабочих центра;
- 2) n заданий должны пройти в одинаковом порядке три рабочих центра;
- 3) n заданий должны пройти в одинаковом порядке m рабочих центров;
- 4) два задания должны пройти в произвольной последовательности m рабочих мест.

Подробная характеристика первых трех вариантов решения задачи дана в главе 11. Напомним, что первый вариант имеет строгое и эффективное решение, называемое по имени его создателя *алгоритмом (методом) Джонсона*. Второй вариант можно при определенных условиях также свести к решению методом Джонсона, но результат при этом будет не обязательно оптимальным. Строгое решение этой задачи дал Р. Беллман, однако оно трудоемко. Третий вариант самый сложный. Эффективная эвристическая процедура его разрешения известна под названием *CDS-алгоритм*. Этот алгоритм распространяет метод Джонсона на общий случай постановки задачи и обеспечивает околооптимальное решение. Существуют и другие подходы, которые используют теорию очередей и компьютерное моделирование, чтобы решить эту проблему. Но все они трудоемки и сложны и в то же время не гарантируют нахождения оптимальной последовательности.

Отметим, что даже если простейшие подходы не ведут к оптимальным решениям, их использование на практике всегда желательно, потому что любое упорядочение всегда сопровождается положительным эффектом. В этом смыс-

ле привлекают внимание разработки российских ученых С. А. Соколицына и В. А. Петрова, посвященные решению проблем очередности запуска. С практической точки зрения их результативность значительно выше, чем при использовании других простых правил и в то же время процедуры, которые они предлагают, проще, чем СДО-алгоритм. Правила, разработанные В. А. Петровым и С. А. Соколицыным, доступны для использования их менеджерами и составителями расписаний на цеховом уровне. Четвертый вариант решения задачи рассмотрим на примере.

Пример 23.1

Пусть имеется пять рабочих мест *A, B, B, Г и Д* и два задания, порядок и время прохождения которыми этих рабочих мест показаны в табл. 23.3. Решение задачи проиллюстрировано рис. 23.1. На нем время выполнения заданной последовательности работ задания 1 нанесено на ось *X*, а задания 2- на ось *Y*. Точка с координатами (0,0) показывает начало обслуживания, а точка (13,12) завершение. Задача сводится к поиску кратчайшего пути от точки начала к точке окончания обслуживания.

Таблица 23 3

№ работы	Первое задание		Второе задание	
	Порядок прохождения	Время выполнения работы, ед.	Порядок прохождения	Время выполнения работы, ед.
1	<i>A</i>	4	<i>A</i>	2
2	<i>Б</i>	3	<i>Г</i>	2
3	<i>B</i>	1	<i>B</i>	4
4	<i>Г</i>	3	<i>Б</i>	2
5	<i>Д</i>	2	<i>Д</i>	2
	Итого	13	Итого	12

Основное правило движения точки, моделирующей состояние системы в каждый момент времени, следующее. Одновременное выполнение на разных рабочих местах работ, относящихся к обоим заданиям, означает синхронное продвижение вперед по обоим временным осям *X* и *Y*, т. е. движение точки по биссектрисе прямого угла у основания осей координат (под углом 45° к любой из осей). Этот режим движения точки (работы системы) наиболее рационален. Если на пути точки встречается заштрихованный прямоугольник, то она может проходить только по одной из его сторон, поскольку любая единица оборудования может выполнять только одну работу в течение времени, представленного на рисунке площадью соответствующего прямоугольника. В это время работа задания, соответствующего другой стороне прямоугольника, не выполняется - она стоит в очереди. Поиск решения происходит эмпирически.

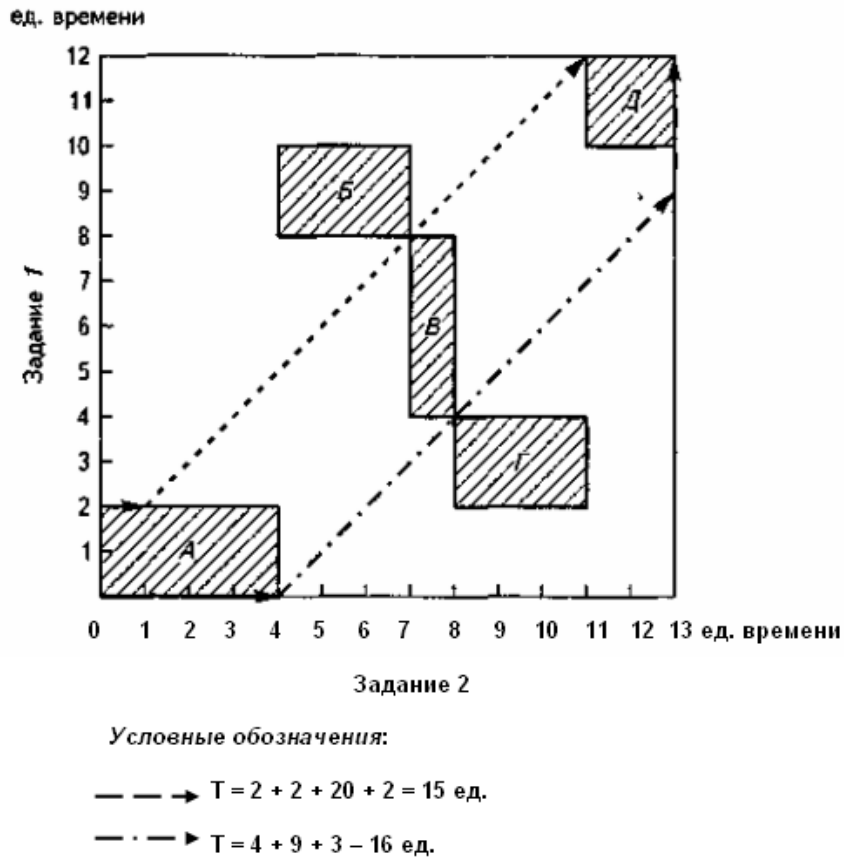


Рис. 23.1. Схема, иллюстрирующая решение задачи

Рисунок 23.1 показывает, что задача имеет два приемлемых решения, лучшее из которых, дает совокупное время выполнения обоих заданий — 15 ед. Соответствующий график выполнения заданий представлен на рис. 23.2.

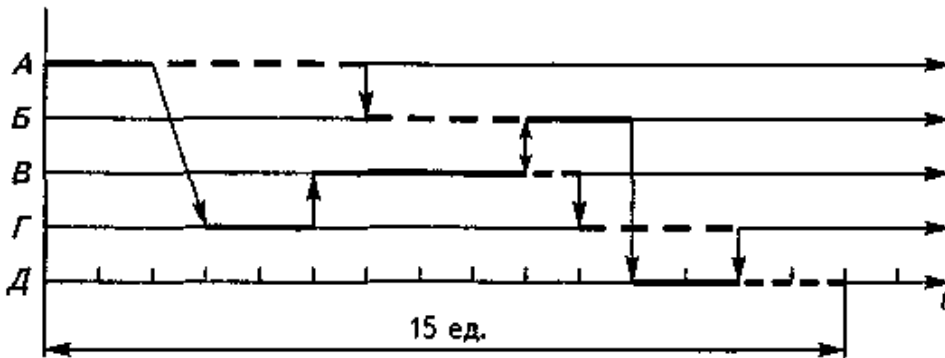


Рис. 23.2. График прохождения двумя заданиями последовательности рабочих центров: лучший вариант (график Гантта)

Условные обозначения:

— — — — График выполнения первого задания

———— График выполнения второго задания

Диспетчирование. Различные подходы, описанные выше, предлагают методы поиска оптимальных вариантов выполнения последовательности работ. Однако следует задаться вопросом, оправдано ли стремление к оптимуму в результате выполнения слишком большого объема расчетов? Кроме того, все рас-

смотренные методы имеют дело только со статической постановкой и целью — максимизация пропускной способности системы. Когда же возникает необходимость учета динамики или точного следования срокам завершения работ, приемлемые общие подходы к оптимизации отсутствуют.

В обоих случаях есть смысл рассматривать возможность решения подобных проблем в упрощенных терминах *диспетчирования*. Речь идет о задачах нахождения приоритетов назначения работ на одно рабочее место, вместо того, чтобы пытаться точно составить расписание их выполнения на последовательности рабочих мест. Эффективность диспетчирования определяется массовостью его применения. Оно находит особенно широкое применение в сложных (по маршрутам движения потока) дискретных производственных процессах, в которых обработка ведется партиями различной величины, а производство ориентировано на меняющийся рыночный спрос. Суть процедуры диспетчирования состоит в использовании *правил приоритетов* при составлении графика выполнения работ одним рабочим центром. Причем под *рабочим центром* может пониматься не только одно рабочее место, но и переменного-поточная линия или участок. В случае планирования работы участка, когда запускаемые задания суть последовательности работ, фактически предлагается заменить методами диспетчирования рассмотренные до этого методы определения оптимальной очередности выполнения последовательности работ. К такой замене следует относиться с осторожностью и идти на нее только в целях резкого упрощения процедуры поиска приемлемого решения.

В случае планирования работы поточной линии правила приоритетов работают, лишь когда близки значения времени переналадки линии на любую новую партию с любой прежней. В противном случае задачу определения последовательности запуска партий в обработку более целесообразно сводить к задаче о коммивояжере (см. главу 12). Правил приоритетов достаточно много, рассмотрим лишь наиболее значимые и применимые.

Правило 1. Дает приоритет работам (заданиям) с минимальным «свободным временем», т. е. временем, оставшимся до запланированного срока завершения всей последовательности работ с учетом суммарной продолжительности выполнения их еще оставшейся невыполненной части:

$$S = t_{\text{пл}} - t_0 - \sum_j t_j,$$

где $t_{\text{пл}}$ — плановая дата завершения выполнения работы/задания (последовательности работ);

t_0 — текущая дата;

$\sum_j t_j$ - продолжительность работы/суммарная остающаяся продолжительность выполнения всех работ/до завершения задания.

Правило 2. Дает приоритет работам (заданиям) с минимальным «коэффициентом свободного времени», т. е. $S/(t_{\text{пл}} - t_0)$. В этом, как и в первом случае, если индекс приоритета отрицателен, работа/ задание не может быть завершена к планируемой дате.

Правило 3. Дает приоритет работам (заданиям) с минимальным «критическим отношением», т. е. отношением времени, оставшегося до срока завершения работы/задания, ко времени выполнения всех работ до завершения задания: $(t_{nl} - t_0) / \sum_j t_j$. В этом случае работы/задания с критическим отношением, меньшим единицы, являются отстающими и требуют первоочередного запуска.

Правило 4. Дает приоритет работам с минимальным временем выполнения. Речь здесь также может идти и о заданиях. Тогда приоритет получает задание с минимальной величиной суммы $\sum_j t_j$.

Правило 5. Дает приоритет работам (заданиям) с максимальным временем выполнения, т. е. противоположно предыдущему правилу.

Правило 6. Дает приоритет работам (заданиям) с наиболее ранним сроком завершения t_{nl} .

Правило 7. «Первым пришел — первым обслужен» (*first in — first out, FIFO*). Это правило используется как самостоятельно, так и в дополнение к другим правилам, когда имеют место одинаковые значения индексов приоритета работ (заданий).

Правила приоритетов могут быть классифицированы по разным признакам (рис. 23.3).

Было проведено большое число исследований и построены модели очередей с целью определения лучших правил приоритетов. Их оценка производилась на основе двух типов показателей:

- завершения работы (задания) к указанной дате;
- оценки пропускной способности системы.

Первый тип показателей строится в основном на анализе относительной частоты, с которой работы при моделировании завершались позже заданного срока. Более всего эффективность правила характеризует среднее опоздание завершения работ, так же как и число опоздавших работ. Ко второму типу относятся показатели: среднее число работ в очереди на выполнение, среднее время ожидания в очереди и среднее число работ в системе. Проведенный анализ показал, что лучшим по большинству критериев является правило 4 и значительное число его модификаций. Практическое применение правил приоритетов подробно рассмотрено в специальной литературе.

Критерий кратчайшей продолжительности работ обычно является наилучшим при максимизации пропускной способности или минимизации среднего числа работ в системе. Его главный недостаток в том, что долго длящиеся работы будут постоянно отодвигаться назад, подчиняясь приоритету краткосрочных. Критерий «Первым пришел — первым обслужен» не дает выигрыша по большинству показателей. Однако он имеет преимущество справедливости для потребителя, что важно в обслуживающих системах. Метод критического отношения, как правило, дает хорошие результаты по показателю среднего времени запаздывания работ.

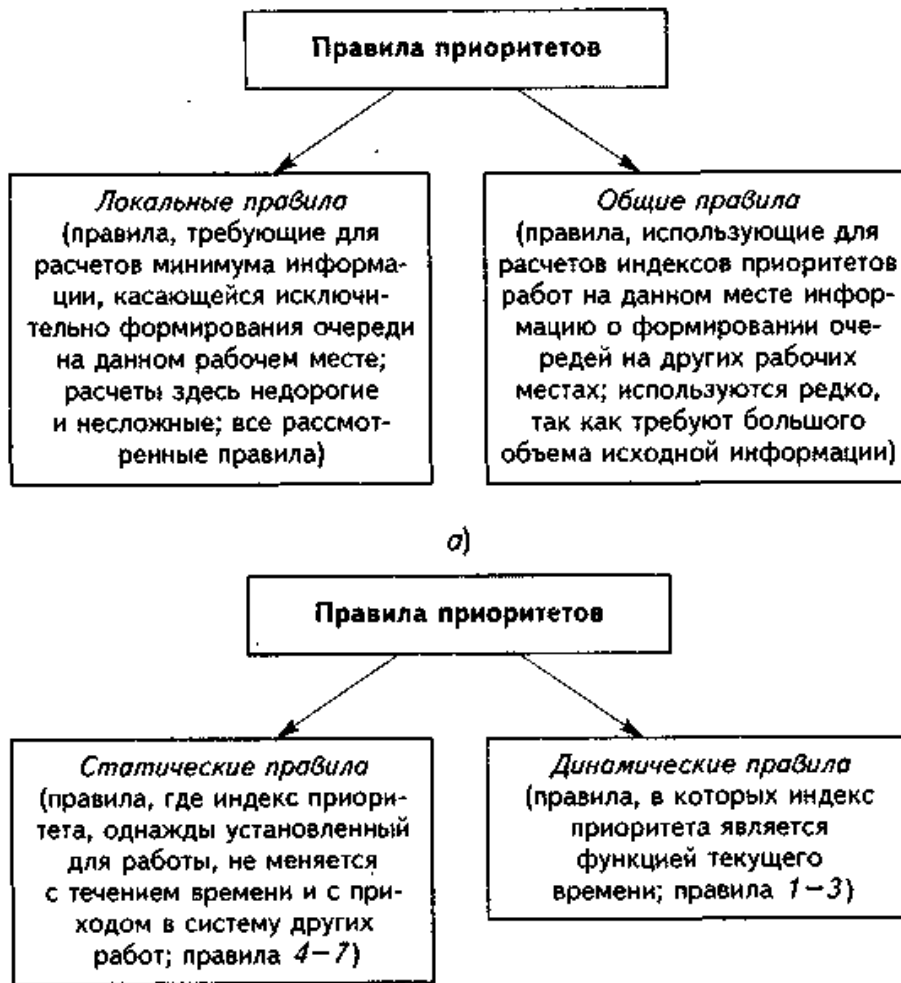


Рис. 23.3. Классификация правил приоритета при диспетчировании

Назначения. Метод назначения работ на различные взаимозаменяемые рабочие центры, характеризующиеся разной эффективностью их выполнения, широко известен и достаточно применяем на практике. Он позволяет получить оптимальное распределение наиболее напряженных работ по нескольким рабочим центрам и тем самым поднять пропускную способность системы. Задача назначения операций решается транспортным методом линейного программирования.

Расписание (график, стандарт-план). Составление расписаний в основном соответствует требованиям выполнения повторяющихся функций. Наиболее характерны расписания для сервисных систем. Автобусы, поезда, кинотеатры, врачи в поликлиниках работают по расписаниям. Потребители, обращающиеся в такие системы не во время, вынуждены ждать начала обслуживания. С другой стороны, если в систему поступает недостаточно заказов, то ее мощности недоиспользуются. Похожая ситуация складывается, когда обслуживание инициируется потребителем. Здесь также недостаточное число потребителей, обратившихся в систему в назначенный срок, снижает эффективность ее работы. Для предотвращения такой ситуации спрос должен быть прогнозируемым.

Расписания в таком смысле обеспечивают внутреннеориентированное планирование системы, так как они не предполагают учета индивидуального потребительского спроса. При этом важно, чтобы расписание было доступно для клиентов. В производственных системах для повторяющихся работ составляется график или стандарт-план. Примером может быть стандарт-план работы ОППЛ.

Часто бывает, что запросы на обслуживание отдельных клиентов или заказы индивидуальных покупателей продукции поступают в систему случайным образом. Это так называемая *проблема случайных клиентов*. Единственный путь, который позволяет удовлетворять таких заказчиков, если накопление продукции и ожидание клиентов исключается, это составление внешнеориентированного расписания в сочетании с общим избытком мощности системы (избытком всех ее ресурсов). На практике такое расточительное резервирование встречается редко и поэтому части заказчиков, обращающихся в систему, приходится либо предлагать ожидание, либо отказывать, неся при этом определенные экономические потери. Наиболее удачным подходом здесь является попытка снизить случайность обращения в систему заказчиков, используя для этого методы *теории очередей*. Если это окажется принципиально возможным, то может быть найден баланс между вероятностью отказа клиенту, сопровождаемого соответствующими потерями, и расходами содержания резервных мощностей, предотвращающих подобные отказы. Это типичная оптимизационная экономико-математическая задача. Если все же создавать в системе резерв, покрывающий любую потребность в обслуживании, то лишь в расчете на то, что заказчики будут согласны платить за срочное безотказное обслуживание существенно повышенную цену.

Самый простой путь управления неопределенностью спроса это — назначения и резервирование ресурсов под сделанные назначения. Его можно характеризовать как экстенсивный путь. Он обычно используется в сервисных системах и состоит в назначении заказчику времени его прибытия в систему. При этом зарезервированные мощности гарантируют его качественное обслуживание. Если продолжительность обслуживания в системе каждого заказчика также оказывается строго детерминированной, то это полностью исключает неопределенность спроса. Таким образом, если операционный менеджер может обязать (заинтересовать) клиента прибыть в систему к определенному сроку, то наиболее целесообразным является составление внутреннеориентированного расписания.

Оптимизированная производственная технология. *Оптимизированная производственная технология (ОПТ)* является компьютерным пакетом, помогающим расписать движение партионных потоков через производственные системы, ориентированные на внешний спрос. Цель составления расписания — максимизировать выход или пропускную способность системы. Принципиальная отличительная черта ОПТ-подхода — это ориентация на действия по расширке «узких мест» системы, лимитирующих ее пропускную способность. Система ОРГосновывается на наборе правил, которые имеют достаточно широкий смысл и могут быть использованы при составлении расписаний в соответ-

ствующих условиях. Таким образом, *ОРТ*-подход можно назвать системой методов планирования, составления расписаний и управления запасами. Применительно к планированию *ОРГ*-подход был рассмотрен в главе 21. Правила составления расписаний, провозглашаемые *ОРТ*-подходом, представлены в табл. 23. 4.

Таблица 23.4

Правила составления расписаний в соответствии с *ОРТ*-подходом

№ п/п	<i>ОРТ</i> -правила
1	Балансировать следует потоки, а не мощности
2	Уровень использования рабочих центров, не являющихся «узким местом» системы, не определяется их собственным потенциалом, а зависит от других ограничений в системе
3	Задействование и использование ресурса не являются синонимами
4	Час, потерянный в «узком месте», есть час, потерянный для всей системы
5	Час, сэкономленный не в «узком месте», -это мираж
6	«Узкие места» управляют скоростью производственных потоков и уровнем запасов
7	Величина транспортной партии не может быть эквивалентна величине операционной партии
8	Размер партии должен быть величиной переменной
9	Производственную мощность (пропускную способность) и приоритет изготовления изделий необходимо рассматривать одновременно, а не последовательно
10	Расписание движения партий должно основываться на учете всех ограничений системы одновременно. Ведущее время (время обработки партии) должно быть результатом составления расписания и не может быть предопределено заранее

Системы *MRP* и *MRP II*. Как уже отмечалось в главе 21, результатом проведения *MRP*-процедуры является расписание выполнения работ с указанием их приоритетов. Так как на верхнем уровне планирования производственная мощность рассматривается лишь в укрупненных измерителях, а расписания, разрабатываемые процедурой *MRP*, в достаточной степени детализированы, возникает вопрос о детальном анализе мощности. Эту задачу решает система *MRP II* — инструмент анализа мощности подразделений оперирующей системы в процессе составления расписаний. При несоответствии располагаемой мощности отдельных элементов производственной системы и поступающих в них заказов на производство в системе формируются текущие заделы.

Для контроля соответствия в *MRP II* используется процедура, называемая «контроль вход—выход». Эта процедура проверяет загрузку каждого рабочего центра по мощности, используя для этого загрузочные графики Гантта. Недостаточный контроль мощности и состояния рабочего центра является причиной, снижающей эффективность движения материального потока через него. Если заказы поступает в рабочий центр быстрее, чем это было предписано планом, значит, на входе растут заделы, возникают проблемы с качеством. Если задания поступают с меньшей скоростью, рабочий центр оказывается недогруженным, а впоследствии может вообще выйти из графика и нарушить выполнение планов. «Контроль вход-выход» является техникой, позволяющей менеджеру гибко управлять рабочими процессами. При этом ему доступны следующие средства:

1) корректировка нормативных данных о производственной мощности рабочего центра и возврат плана на верхний уровень управления на доработку с

учетом этих данных;

2) увеличение мощности установленного оборудования и/или установка дополнительного оборудования (в долгосрочной перспективе);

3) перераспределение потока во времени внутри данного рабочего центра или в пространстве - на другие рабочие центры.

Сокращение объема производства в случае существенных проблем с производственными мощностями не является популярным решением для многих менеджеров, однако преимущества такого решения могут быть неожиданными. Во-первых, уровень покупательского сервиса может улучшиться потому, что заказы будут выполняться вовремя. Во-вторых, экономические показатели производства могут быть реально повышены потому, что уменьшение напряженности работы устраняет загромождения и беспорядок в рабочих центрах, которые приводили к дополнительным затратам. В-третьих, может повыситься качество, так как в нормальной обстановке ему будет уделяться больше внимания. Возможно, решения менеджера могут быть организация сверхурочных работ либо мероприятия технического характера, которые, однако, далеко не всегда обладают нужной гибкостью. Перераспределение потока на другие рабочие центры обеспечивается в результате решения *задачи о назначениях*. Для перераспределения потока внутри рабочего центра удобно пользоваться *методом построения графика загрузки* его мощности. Рассмотрим этот метод на примере.

Пример 23.2

На рис. 23.4, *а* представлен график загрузки рабочего центра механической обработки в течение пяти дней. В расписание включены 9 заданий - партий деталей. Требуется оценить исполнимость задания и в случае возникновения проблем предложить пути их разрешения. Из рисунка видно, что номинальная мощность рабочего центра превышена в первый и третий рабочие дни. Но в другие дни центр недогружен. Это означает, что задания можно попытаться перераспределить во времени. Такая попытка оказалась успешной: партию 7 удалось частично переместить на 4-й день, а партию 4- полностью на 2-й день (рис. 23.4, *б*). При этом были сделаны допущения: а) выпуск партий не был «привязан» к конкретным срокам внутри пятидневки, а в качестве цели ставился пропуск потока запланированной величины через рабочий центр; б) дополнительная переналадка центра в 4-й день не повлекла превышения его мощности.

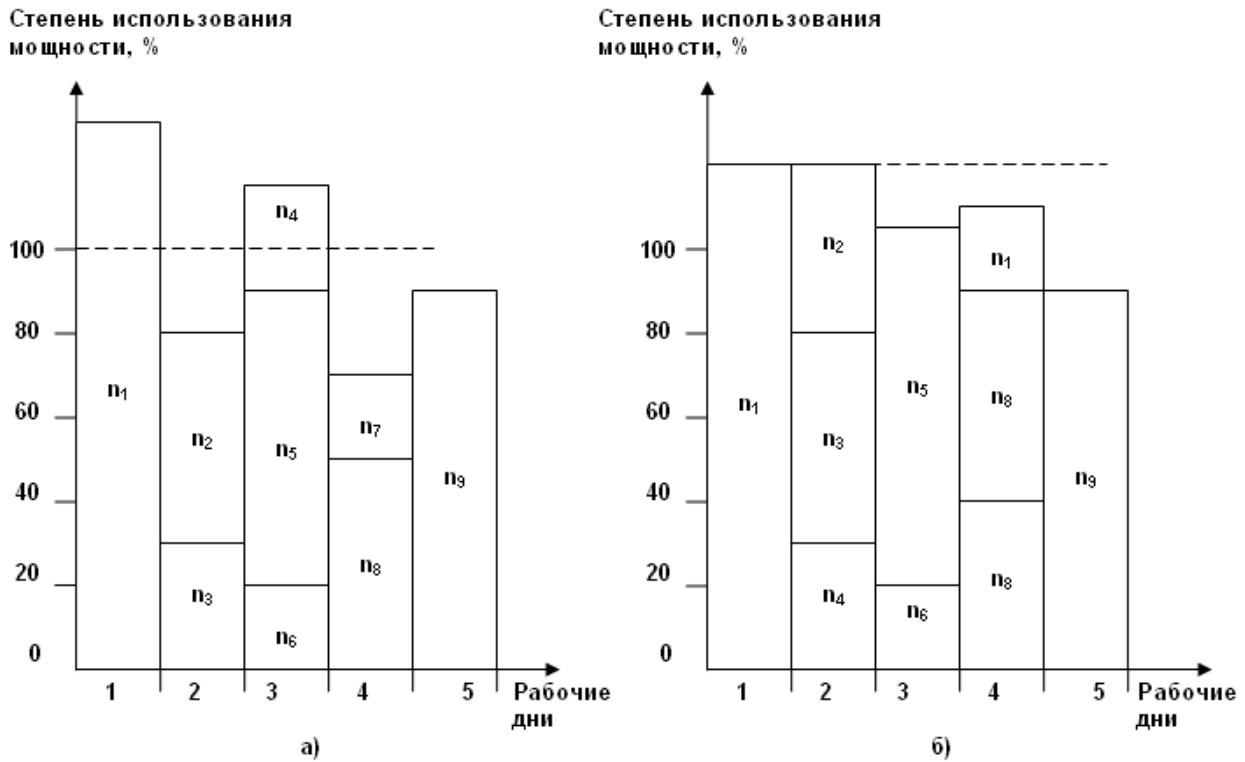


Рис. 23.4. Загрузочные графики Гантта для рабочего центра механической обработки:
 а - до перераспределения потока во времени; б - после такого перераспределения

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как влияет на составление расписания устойчивость спроса?
2. Какие методики составления расписаний более характерны для случая изготовления продукции по индивидуальному проекту?
3. Чем отличаются методики нахождения очередности выполнения и диспетчирования?
4. Каким должно быть расписание для участка производства лимитирующего весь процесс, внутренне- или внешнеориентированным?
5. Составьте расписания работы обрабатывающего центра, используя правила приоритетов, и дайте их сравнительную оценку. Исходные данные об очереди заданий приведены в табл. 23.5.

Таблица 23.5

<i>Задание</i>	<i>Продолжительность, нед.</i>	<i>Плановая дата завершения, нед.</i>
<i>A</i>	8	12
<i>B</i>	2	6
<i>C</i>	4	6
<i>D</i>	1	4
<i>E</i>	3	5
<i>F</i>	3	27
<i>G</i>	7	18
<i>H</i>	5	30

ПРИЛОЖЕНИЕ

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА: СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ

Интегрированные автоматизированные системы управления (ИАСУ) производством включают две основные группы компонентов — управляющие и информационные. Рассмотренные ранее концепции, методы и модели управления реализуются в виде управляющих компонентов. Причем информационная поддержка принятия решений при управлении и интеграции всех уровней управления становится определяющим фактором для эффективного функционирования сложных производственных систем. Проблемы построения ИАСУ охватывают широкий спектр исследований. В данном приложении будут рассмотрены информационные технологии, получившие наиболее широкое применение в современной практике построения ИАСУ, а именно, технологии *управления знаниями (knowledge management, ontology management)*. В качестве информационной основы для данных технологий выступают интегрированные информационные системы управления ресурсами предприятия (*enterprise resource planning, ERF*).

1. ТРЕБОВАНИЯ К СОВРЕМЕННЫМ БИЗНЕС-СИСТЕМАМ И УРОВНИ ИХ ИНТЕГРАЦИИ

В современных условиях меняется стратегия экономической деятельности организаций, в частности, ее суть — развитие конкурентоспособности организации. В настоящее время на смену традиционному, ценовому пониманию конкурентоспособности продукции пришло понятие неценовой конкурентоспособности, определяемое качеством продукции, быстротой выполнения заказов, готовностью к быстрому перепрофилированию предприятий в зависимости от рыночных условий. Наиболее конкурентоспособные бизнес-системы имеют следующие характеристики:

- небольшие подразделения, укомплектованные меньшим числом, но более высококвалифицированными специалистами;
- малое число уровней управления;
- структура, основанная на группах (командах) специалистов;
- графики и процедуры работы, ориентированные на потребителей;
- возможности для гибкой комплектации;
- минимальный объем запасов;
- быстрая реакция на изменения;
- высокая производительность и низкие затраты;
- высокое качество продукции и ориентация на прочные связи с потребителями.

Таким образом, в последние годы в производственной и управленческой деятельности произошел ряд принципиальных изменений, связанных с усиле-

нием конкуренции на рынке товаров и услуг, а именно:

- возросла доступность товаров и услуг из любой точки мира;
- возросли требования потребителей к качеству товаров и услуг;
- уменьшился жизненный цикл товара или услуги на рынке.

В сложившейся экономической ситуации рассчитывать на капиталоемкие способы повышения конкурентоспособности не приходится, да это, как показывает мировой опыт, и не всегда так необходимо, как кажется на первый взгляд. Известно, например, что наибольшую отдачу дают так называемые «мягкие» методы увеличения производительности и повышения качества, ориентированные прежде всего на усовершенствование организации жизненного цикла изделия на базе технологий управления производством, основанных на использовании современных достижений информатики. Кроме того, стало ясно, что иерархические организационные структуры компаний, организованных по функциональному принципу, в настоящее время не являются эффективными.

В последние годы широкое распространение приобрела практика создания предприятий со следующими характеристиками организационной структуры, получившей название *адхократической (ad hoc)*:

- небольшое число подразделений;
- небольшое число уровней управления;
- формирование специализированных проблемно-ориентированных групп (команд) высококвалифицированных специалистов.

Именно появление новых информационных технологий (распределенных баз данных и знаний, телекоммуникационных сетей, экспертных систем, систем поддержки принятия решений и т. п.) сделало возможным реализацию подобной организации предприятий на практике. К этому подталкивает и наметившаяся тенденция к бизнес-интеграции предприятий на основе информационных технологий (примером новых форм интеграции предприятий является концепция виртуального предприятия).

Действительно, следуя одному из определений бизнеса, что «бизнес это прежде всего взаимодействие людей», справедливым является следующее утверждение: «Люди, работающие сообща, должны связываться друг с другом, принимать решения, распределять ресурсы и получать товары и услуги в нужном месте и в нужное время»; другими словами, они должны координировать свою деятельность. Благодаря резкому снижению затрат на координацию и одновременному повышению ее скорости и качества, новые информационные технологии (сетевые технологии и технологии групповой поддержки принятия решений) призваны обеспечить эффективную координацию работы людей и сформировать новые хорошо скоординированные структуры бизнеса.

В своем развитии бизнес-системы прошли различные уровни интеграции (рис. 1) — от интеграции на уровне данных (системная интеграция) к интеграции на уровне ресурсов данных и программ (интеграция приложений) и затем к интеграции на уровне знаний и бизнес-решений (бизнес-интеграция). При этом интеграция бизнес-систем эволюционировала от интеграции на уровне обмена данными до уровня согласованного управления совместным бизнесом.

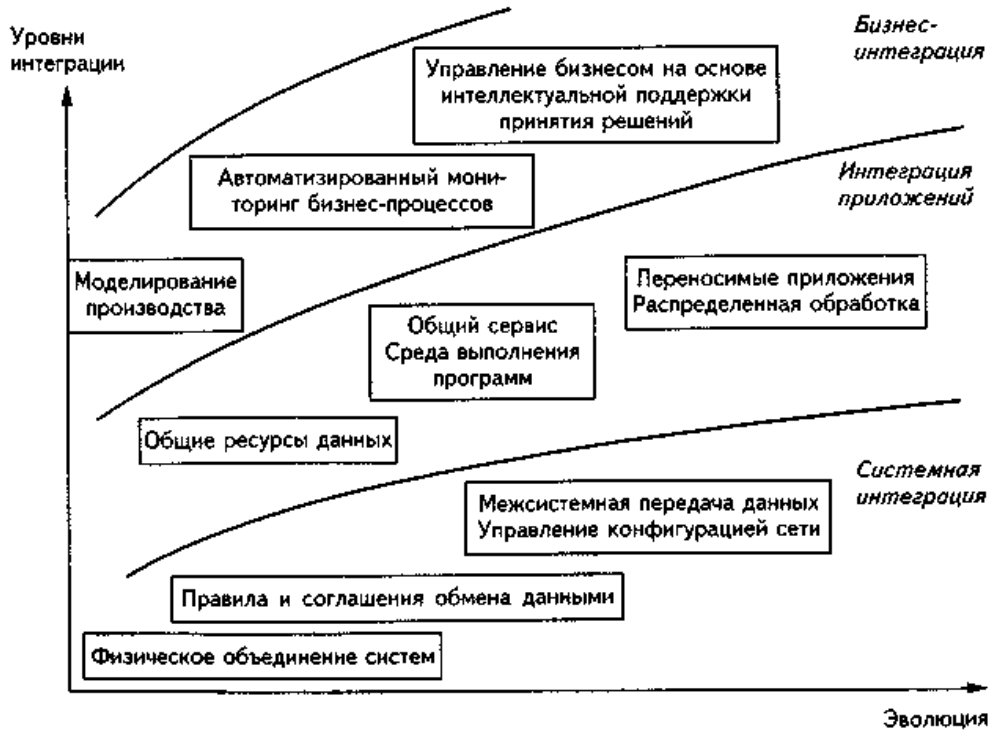


Рис. I. Уровни интеграции бизнес-систем

Интегрированные информационные системы управления ресурсами предприятия предназначены для информационной интеграции компонентов предприятия и позволяют обеспечить движение информации в различных компонентах производственной системы и между ними. Пример информационного взаимодействия системы с внешней средой приведен на рис. II (данный пример в силу возможного многообразия взаимодействий не претендует на полноту).

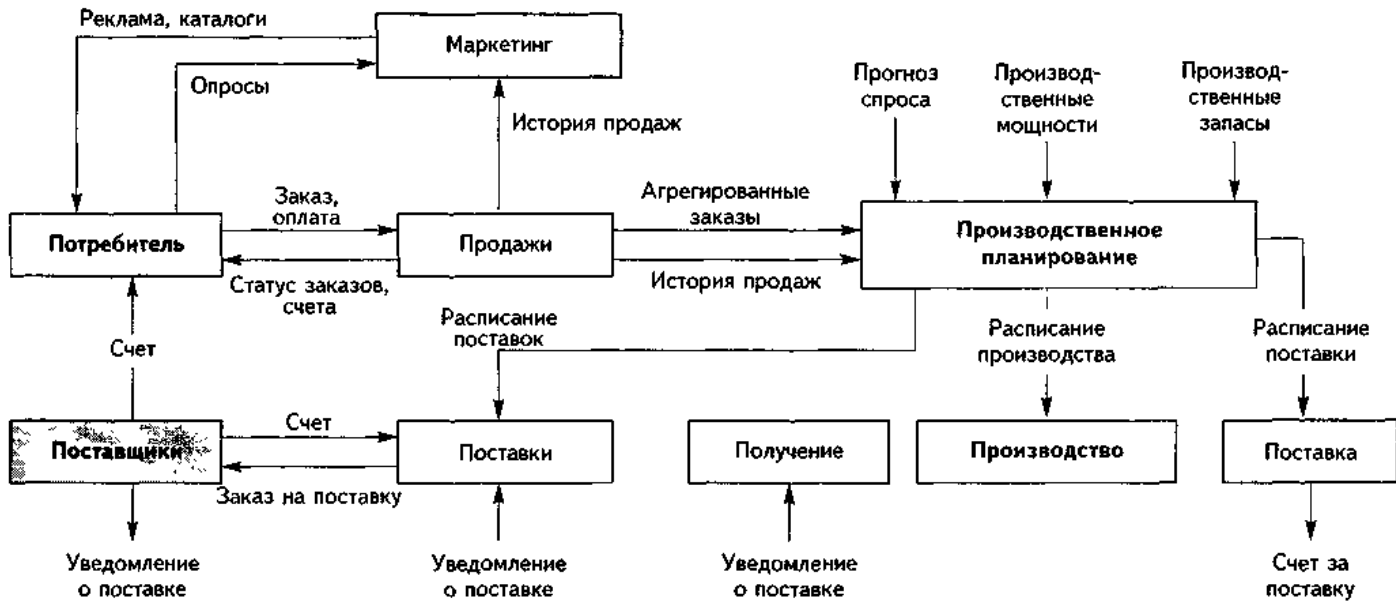


Рис. II. Информационные потоки в рамках производственной системы

Интегрированные информационные системы управления ресурсами предприятий прошли в своем развитии известную эволюцию. В 1960-70-е гг. корпорации имели вертикальную организационную структуру и оптимизация деятельности была сфокусирована на функции *планирования потребностей в компонентах изделий (materials requirements planning, MRP)*. Отношения с продавцами (поставщиками) имели характер «выиграл - проиграл», т. е. были в большинстве случаев конкурентными. В 1980-90-е гг. корпорации были все еще вертикально-ориентированными. Получили развитие интеграция таких функций, как проектирование изделий и производство, инициативы по повышению качества (всеобщее управление качеством, стандарты *ISO* для управления качеством). Производственные системы на этом этапе развития были сфокусированы на *MRPII*.

В последние годы корпорации всего мира столкнулись с усилением национальной и международной конкуренции. Возрастает число стратегических альянсов между организациями, структуры организаций подстраиваются под структуру бизнес-процессов, производственные системы организаций совершенствуются с использованием таких информационных средств, как система *ERP*, электронный бизнес (*electronic commerce, business-to-consumer — B2C, business-to-business — B2B*) и т. д. Намечился переход от массового производства к производству «под запрос покупателя», когда особую значимость приобретают организационная и производственная гибкость и координация бизнес-процессов. Широкое распространение получили системы поддержки принятия решений в реальном времени.

В настоящее время наметилась также тенденция к *планированию ресурсов, синхронизированному с потребителем (customer synchro-nized resource planning, CSRP)*. Системы *CSRP* рассматривают не только внутренние, но и внешние бизнес-процессы организации, например, регламентируют взаимодействие с клиентом, субподрядчиком, поставщиком и т. д.

2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОКРУЖЕНИЕ БИЗНЕСА И НОВЫЕ ПРАВИЛА ЕГО РАБОТЫ

Одним из примеров бизнес-интеграции является совместная деятельность компаний на основе так называемых электронных технологий. Согласно оценкам, оборот электронной коммерции компаний вырастет с \$ 131 млрд в 2000 г. до \$ 1,3 трлн в 2003 г. Стратегия электронного бизнеса сфокусирована на повышении эффективности производственного процесса и снижении затрат. Это достигается посредством интеграции цепи поставок, компьютеризованного снабжения и аукционов. Элементы модели бизнеса с низкими затратами включают конфигурирование продуктов под заказ, прямые поставки, производство, сборку и обслуживание сторонними компаниями, электронную коммерцию и электронные рынки. Электронный рынок на промышленном уровне — это своего рода форма массового изготовления изделий по требованиям заказчика (*mass customization*).

Современные тенденции экономики, характеризующейся доминирующей

ролью информации (данных и знаний), включают переход от капиталоемкой среды бизнеса к информационной среде и от стратегии продвижения продукции на рынок к стратегии привлечения покупателя. Эти тенденции, касающиеся всех пользователей глобальной информационной среды бизнеса — *инфосферы* (рис. III), включая компании, государственные агентства и т. д., приобретают все большую значимость.

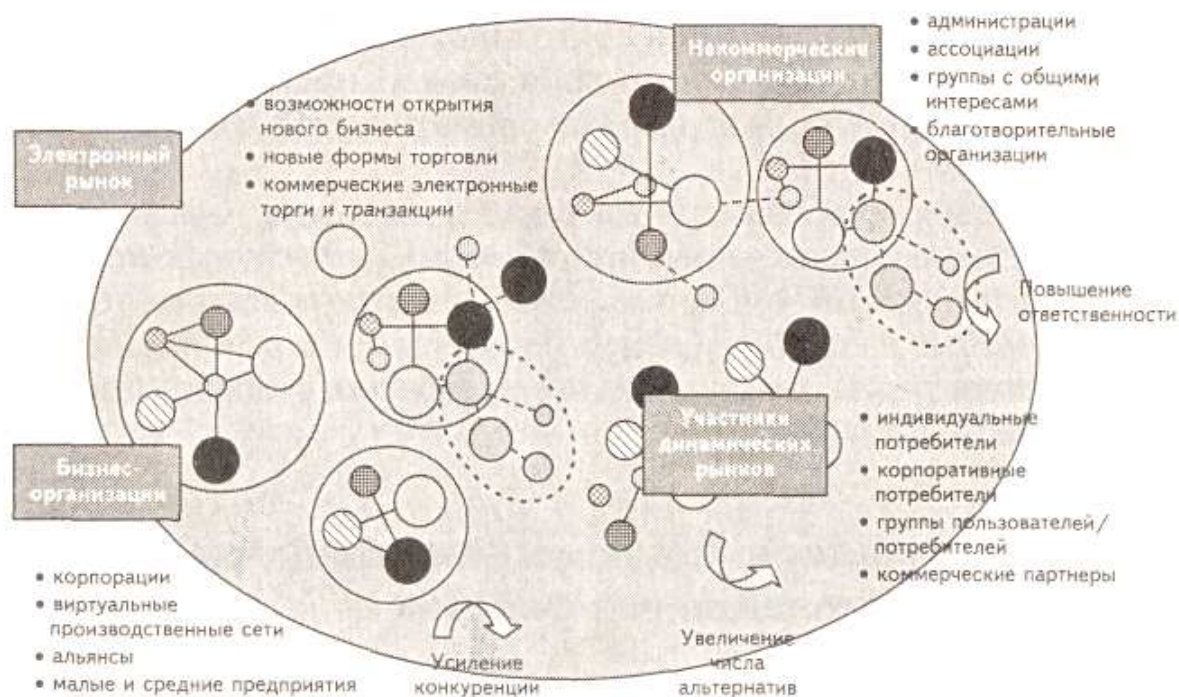


Рис. III. Содержание информационного окружения глобального бизнеса

Основные подходы и технологии, используемые в инфосфере бизнеса, представлены на рис. IV. Информационные технологии обусловили глобальные изменения в правилах ведения бизнеса. Некоторые примеры изменения правил в зависимости от используемой технологий приведены в табл. I.

Таблица I

Влияние информационных технологий на переход к новым правилам работы компаний

<i>Прежние правила</i>	<i>Технологии</i>	<i>Новые правила</i>
Информация может появляться в одно время, в одном месте	Распределенные базы данных	Информация может появляться одновременно в тех местах, где она необходима
Сложную работу могут выполнять только эксперты	Экспертные системы	Работу эксперта может выполнять специалист по общим вопросам
Необходимо выбирать между централизацией и децентрализацией бизнеса	Телекоммуникационные сети/INTERNET/INTRANET	Бизнес может пользоваться преимуществами централизации и децентрализации одновременно

Все решения принимают менеджеры	Средства поддержки принятия решений	Принятие решений становится частью работы каждого сотрудника
Лучший контакт с потенциальным покупателем - личный контакт	Видеоконференции	Лучший контакт с потенциальным покупателем - эффективный контакт



Рис. IV. Структурированный вид концепции информационного окружения бизнеса

3. СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Традиционно *системы поддержки принятия решений* (СППР) включают две информационные компоненты — базу данных и базу знаний. Общая информационная база (база данных + база знаний) используется для интеграции и координации действий менеджеров и составляющих производственной системы, например цепей поставок. При этом в основу организации информационной базы положена идея интеграции знаний об объекте и процессе управления (рис. V), которая связывает весь комплекс знаний в одно целое.

Основными составляющими СППР являются модели предметной и проблемной областей. Эти две компоненты тесно связаны с интенциональным и экстенциональным представлениями. В экстенциональную часть входят конкретные факты, касающиеся предметной области, а в интенциональную — схемы связей между атрибутами. Экстенциональные представления описывают конкретные объекты из предметной области, конкретные события, происходящие в ней, или конкретные явления и процессы, а интенциональные фиксируют

те закономерности и связи, которым описываемые компоненты предметной области обязаны удовлетворять в рамках данной проблемной области. Интенциональные представления знаний в искусственном интеллекте рассматриваются как *знания о проблемной области* (ПрО). Все предметы и события, которые составляют основу общего понимания необходимой для решения задачи информации называются *предметной областью*. Также предметная область может быть определена как система, состоящая из последовательности состояний, где состояние — это выделенная совокупность объектов и ситуаций.

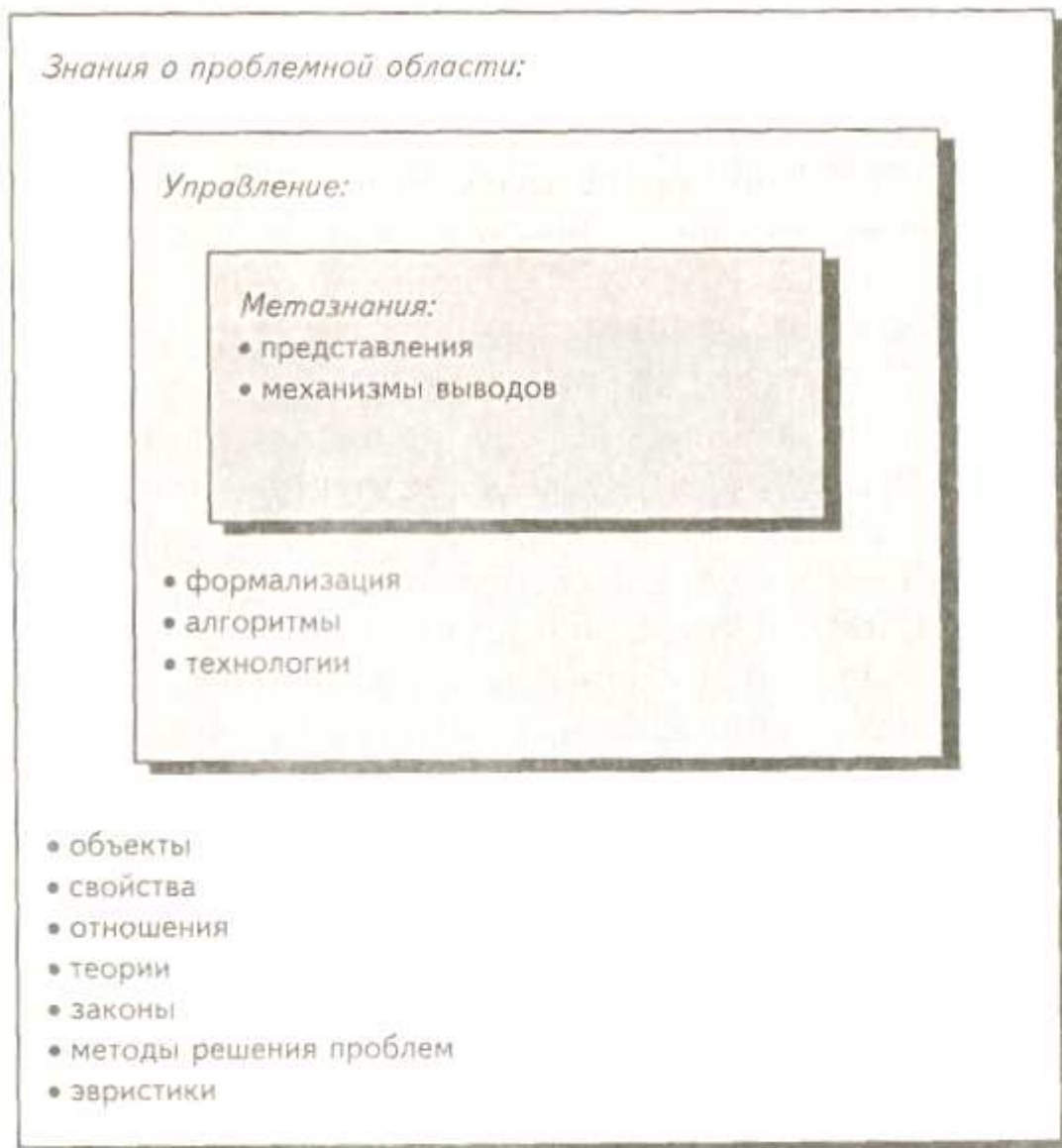


Рис. V. Интеграция знаний о проблемной области

В случае ИАСУ производством модель ПрО содержит информацию о предметной области (о структуре объекта управления) и задачах, решаемых в проблемной области (о структуре процесса управления). Выделяют следующие виды знаний:

- предметное знание — количественные и качественные характеристики объектов предметной области;

- процедурные знания — методы, алгоритмы и программы выполнения действий в процессе функционирования системы;
- понятийные знания — структура предметной области на уровне понятий;
- конструктивные знания — знания о возможной структуре и взаимодействии объектов предметной области.

Для комплексного описания модели информационной базы создают функциональные, процессные и структурные модели. Функциональная модель описывает главную функцию и далее ее детализацию по уровням. Процессная модель описывает процессы, протекающие в СППР, и куда какие данные передаются, где хранятся и т. д. Структурная модель описывает иерархии объектов, соответствующие классам объектов — операции, атрибуты, отношения и предшественники объектов.

Для решения задач управления традиционно использовались оптимизационные модели, однако они не всегда эффективны, так как данные, необходимые для оптимизации, не всегда доступны, область применения методов оптимизации может быть ограничена, требуются знания экспертов, которые не доступны в заданный момент времени или в данном месте. В результате такие модели управления часто не могут обеспечить решения задач управления за приемлемое время (время необходимое для принятия управленческого решения) из-за их сложности.

С другой стороны, СППР, основанные на знаниях, преимущественно использовались для решения задач, которые или слишком сложны для математической формализации или трудны для решения с использованием оптимизационных моделей. Традиционно эксперт решал задачи управления с помощью оптимизационных моделей. Системы, основанные на знаниях, используются таким способом, чтобы заменялся эксперт, а не оптимизационные модели. Выделяют два класса таких СППР, различающихся по механизму комплексирования знаний и моделей решения задач, — независимые и взаимодействующие. Независимые системы используют только данные и ограничения задачи и решают ее, используя модели подобно тому, как их использует эксперт. Они не используют оптимизационный подход, при котором привлекается моделирование задачи и решается модельная задача с использованием оптимизационных алгоритмов.

Взаимодействующие системы, наоборот, объединяют оптимизационный подход с подходом, основанном на знаниях для решения задач. Суть этого подхода: подходящая модель или выбирается, или строится для данной задачи. Выделяют четыре класса таких систем: 1) модифицирующие данные; 2) основанные на существующей модели; 3) создающие модель; 4) создающие алгоритм. Основной подход для этих классов одинаков — интеграция знаний и оптимизационных моделей решения задач. Однако реальная реализация подхода имеет свои отличия. Главная функция СППР первого класса состоит в модификации (генерации или преобразовании) данных в соответствии с моделью, выбираемой системой, СППР второго класса — подходящая модель и алгоритм выбираются для данной задачи, третьего класса — подходящая модель конст-

руируется или модифицируется выбранная (например, добавить или исключить ограничения), четвертого класса — система создает алгоритм.

Первый класс систем используется, если модели требуются дополнительные данные или какое-то подмножество данных необходимо исключить. Второй класс систем годится для задач, формулируемых путем задания набора моделей, каждая из которых соответствует определенной ситуации. Для каждой конкретной задачи система выбирает соответствующую модель и алгоритм ее решения, а затем оценивает полученное решение. Если это решение приемлемо, то система принимает его. Например, в случае задачи планировки (размещения оборудования) решение приемлемо, если удовлетворяются пространственные ограничения и требованиям совместимости. Если решение неприемлемо, то система может предпринять одно из следующих действий:

- модифицировать некоторые параметры в алгоритме (если это возможно) и применить алгоритм снова, чтобы получить новое решение, проверить приемлемо ли оно и повторить выше изложенную процедуру;
- модифицировать решение, чтобы сделать его приемлемым.

Системы третьего класса более трудны для создания, чем системы первых двух классов, так как задача создания или модификации модели является сложной даже для эксперта, ибо необходимо исследовать большое число используемых данных, применяемых алгоритмов, ограничений и т. п. Подход, используемый такими системами, состоит из двух шагов. На первом шаге система или создает подходящую модель, или выбирает ее из имеющегося множества моделей. На втором шаге она определяет, имеется ли подходящий алгоритм для работы с моделью. Если подходящего алгоритма не находится, то система или модифицирует выбранную модель так, чтобы к ней подходил один из имеющихся алгоритмов, или конструирует другую модель. Если система не способна сделать ни того, ни другого, то она рассматривает возможность модификации алгоритма или его параметров так, чтобы задача могла быть решена. В предыдущих двух классах организации СППР модели выбираются из информационной базы и не модифицируются. Поэтому их представление значения не имеет. В случае рассматриваемой системы моделям представления знаний должно быть уделено большое внимание. Системы четвертого класса имеют способность строить алгоритм для решения задачи, в процессе решения которой алгоритм и система, основанная на знаниях, тесно взаимодействуют. При этом последняя может, например, генерировать направление поиска для алгоритма.

В случае интегрированного управления цепями поставок наиболее приемлемой организацией процесса управления является построение ИАСУ производством на основе СППР третьего класса. Такая организация процесса управления (рис. VI), основанная на выборе и конфигурировании (комплексировании) типовых решений, требует использования в процессе выбора и конфигурирования соответствующих знаний.

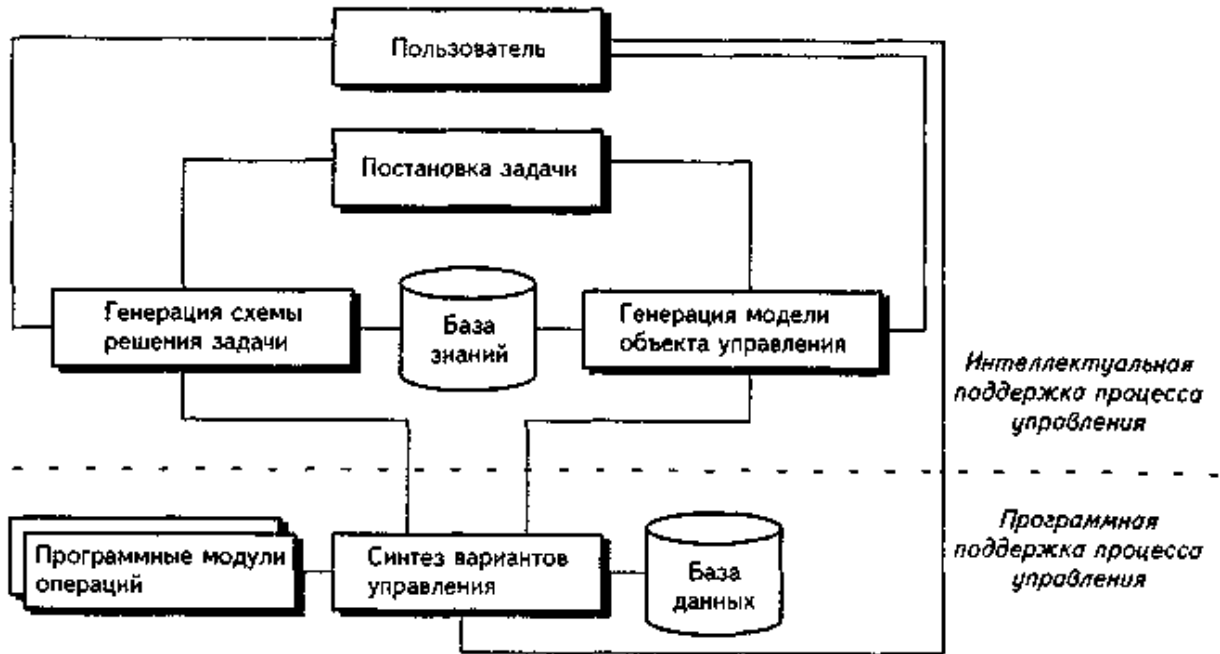


Рис. VI. Организация процесса управления на основе СППР

Одной из важнейших составляющих ИАСУ производством является информационная поддержка принятия решений, основанная, в частности, на использовании знаний. В качестве моделей представления знаний в настоящее время используются семантические сети, фреймы (вычислительные фреймы и вычислительные модели), продукционные правила, логические модели, аксиоматические модели и т. д. В связи с тем, что в СППР используются и хранятся разнородные знания, для их формализации используют интегрированную модель, включающую интенциональную, экстенциональную и процедурную составляющие. Интенциональная составляющая модели содержит: описания иерархий, заданных на классах объектов; описания классов отношений; описания атрибутов, аксиом и правил, обеспечивающих контроль полноты и непротиворечивости знаний. Экстенциональная составляющая модели содержит конкретные объекты и отношения между ними, здесь возможно наличие иерархии типа «часть—целое» (*part-of*). Процедурная составляющая модели содержит вычислительные модели определения количественных атрибутов и вывода других типов атрибутов, процедуры определения экстенсионалов отношений, процедуры реализации операций на классах и процедуры принятия решений. Ниже приведены примеры некоторых наиболее популярных моделей представления знаний.

Фреймы. В целях снижения требований к объему памяти и повышения оперативности принятия решений в процессе управления для описания типовых решений, обладающих конечным и строго определенным набором структурированных атрибутов, используют фреймы. *Фрейм* есть структурированное описание объекта, обладающее следующей формой записи:

<имя фрейма>; <имя слота> <значение слота>;...;
 <имя слота> <значение слота>; |,

$\langle \text{имя слота} \rangle, \langle f_1 \rangle, \langle v_1 \rangle; \dots; \langle f_n \rangle, \langle v_n \rangle; |$,

где f_i — имена атрибутов, описывающих объект (имена объектов совпадают с именами некоторых фреймов и атрибутов, называемых в данной нотации *слотами*); $i = 1, \dots, n$;

v_i - имена доменов, определяющих множество всех значений атрибутов f_i ; $i = 1, \dots, n$.

В структуре фрейма могут присутствовать как терминальные, так и нетерминальные слоты. Для нетерминальных слотов их имена являются именами других фреймов, что обеспечивает возможность описания иерархических либо сетевых структур предметной области. Терминальные слоты содержат наборы атрибутов, характеризующих объекты, описываемые фреймами с указанными слотами. Приведенный способ описания фрагментов базы данных с использованием фреймов-прототипов является интенциональной формой представления знаний о предметной области. Пример графической нотации представления фрейма «Основное технологическое оборудование» в этой форме приведен на рис. VII.

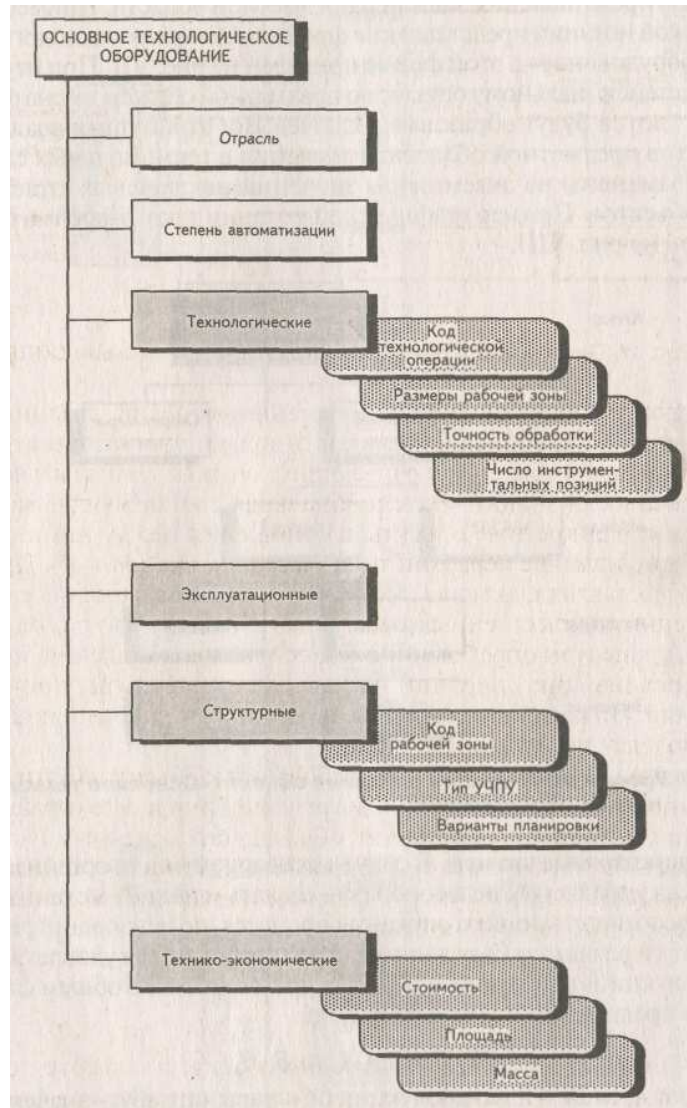


Рис. VII. Модель фрейма «Основное технологическое оборудование (на интенсимальном уровне)

При переходе к экстенциональному описанию предметной области имена фреймов и слотов будут образованы ключевыми атрибутами реальных объектов предметной области, а значения в терминальных слотах будут заменены на экземпляры значений неключевых атрибутов этих объектов. Пример графической нотации такого фрейма представлен на рис. VIII.



Рис. VIII. Уровни детализации описания объекта «Основное технологическое оборудование»

Продукционные правила. В силу многовариантности организации процесса управления целесообразно создать «гибкий» механизм на основе соответствующего описания процесса, позволяющий редактировать и развивать базу данных. Этим требованиям удовлетворяют продукционные правила. *Продукционное правило* в общем случае можно представить в следующем виде:

$P; R; \text{если } A, \text{ то } B; H,$

где «если A , то B » — ядро продукции (A — пары «атрибут—значение», логическое выражение, имя выполненной процедуры;

B —имя выполняемой процедуры, пары «атрибут—значение» и т. п.);

R —условие применения продукции (предикатное выражение); P —предусловие (имя подобласти знаний, к которой относится продукция); H —постусловие (имена запрашиваемых к запуску правил или имена правил, с которых снят запрет на запуск).

Семантические сети. Взаимосвязь понятий (объектов) предметной области в виде структуры, содержащей семантику отношений (связей) и понятий (вершин), называют *семантическими сетями*. Примером иерархических семантических сетей являются фреймы. На рис. IX приведен фрагмент семантической сети, описывающей взаимосвязь понятий в модели «Обрабатываемая по-

верхность — Метод обработки — Основное технологическое оборудование». Отношения f_1, f_2, f_3, f_4 и f_5 — это ассоциативные отношения (типа «быть согласованными/совместимыми»), остальные связи — это иерархические отношения (типа «часть—целое»).

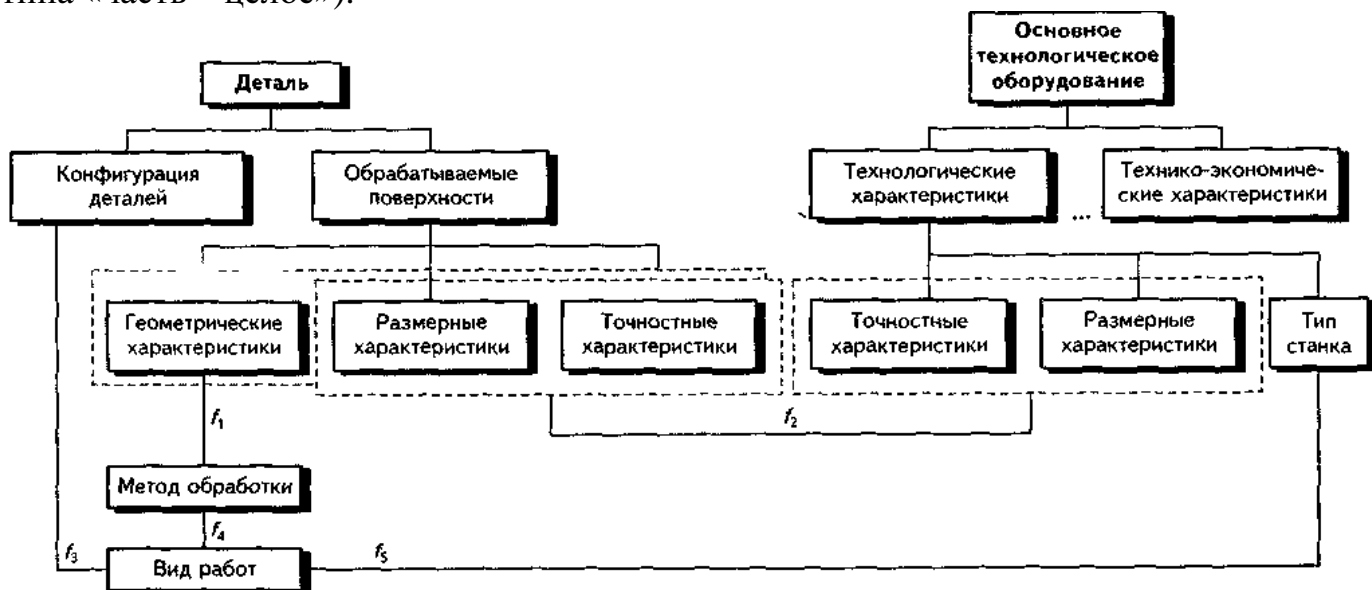


Рис. IX. Семантическая сеть взаимосвязи атрибутов системы «Обрабатываемая поверхность - Метод обработки — Основное технологическое оборудование»

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гаврилов Д. А.* Управление производством на базе стандарта MRP II. - СПб.: Питер, 2002. - 320 с.
2. *Гаджинский А. М.* Логистика: Учебник. — М.: Маркетинг, 1999. -228 с.
3. *Гэлловэй Л.* Операционный менеджмент: Пер. с англ. — СПб.: Питер, 2001. - 320 с.
4. *Замшинова М. Е.* Логистика: Учеб. пособие. - Саратов: Изд-во СГТУ, 1995.-168с.
5. *Климов А. Н., Оленев И. Д., Соколицын С. А.* Организация и планирование производства на машиностроительном заводе: Учебник. - Л.: Машиностроение, 1973. - 495 с.
6. *Козловский В. А., Кобзев В. В., Савруков Н. Т.* Логистика: Конспект лекций. - СПб.: Политехника, 1998. - 176 с.
7. *Козловский В. А., Козловская Э. А., Савруков Н. Т.¹*. Логистический менеджмент: Конспект лекций. — СПб.: Политехника, 1999. — 275 с.
8. *Козловский В. А., Маркина Т. В., Макаров В. М.* Производственный и операционный менеджмент: Учебник. — СПб.: Специальная литература, 1998. - 366с.
9. *Козловский В. А., Маркина Т. В., Макаров В. М.* Производственный и операционный менеджмент: Практикум. - СПб.: Специальная литература, 1998. - 244 с.
10. *Костоглодов Д. Д., Харисова Л. М.* Распределительная логистика. -М.: Экспертное бюро, 1997. — 127 с.
11. *Котлер Ф.* Основы маркетинга: Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1990. — 733с.
12. *Кузин Б. И., Юрьев В. Н., Шахдинаров Г. М.* Методы и модели управления фирмой. - СПб.: Питер, 2001. - 432 с.
13. *Линдере М. Р., Фирон Х. Е.,* Управление снабжением и запасами. Логистика / Пер. с англ. - СПб.: Полигон, 1999. - 768 с.
14. Логистика: Учебник/Под ред. *Б. А. Аникина.* - М.: ИНФРА-М, 2000. - 352 с.
15. *Макаров В. М.* Производственный менеджмент. Модели и методы организации производственного процесса: Практикум. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. - 73 с.
16. *Неруш Ю. М.* Логистика: Учебник. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. -389с.
17. *Новиков О. А., Уваров С. А.* Логистика: Учеб. пособие. — СПб.: Бизнес-пресса, 1999. - 208 с.
18. *Ньюстром Дж. В., Дэвис К.* Организационное поведение: Пер. с англ. - СПб.: Питер, 2000. - 448 с.
19. Организация и планирование машиностроительного производства: Учебник / Под ред. М. И. Ипатова, В. И. Постникова и М. К. Захаровой. — М.: Высшая школа, 1988. - 367 с.
20. Организация, планирование и управление предприятием машино-

строения: Учебник / И. М. Разумов, Л. А. Глаголева, М. И. Ипатов, В. П. Ермилов. — М.: Машиностроение, 1982. — 544 с.

21. Организация производства: Учебник / Под ред. О. Г. Туровца. — Воронеж, 1993. - 384 с.

22. Попов Э. В., Фоминых И. Б., Кисель Е. Б., Шапот М. Д. Статические и динамические экспертные системы. — М.: Финансы и статистика, 1996.

23. Родников А. Н. Логистика: Терминологический словарь.— М.: ИНФРА-М, 2000. - 352 с.

24. Семенов А. И. Предпринимательская логистика. — СПб.: Политехника, 1997. - 352 с.

25. Сергеев В. И. Логистика в бизнесе: Учебник. — М.: ИНФРА-М, 2001.- 608 с.

26. Смехов А. А. Основы транспортной логистики.- М.: Транспорт, 1995.- 197 с.

27. Смирнов А. В., Левашова Т. В., Пашкин М. П., Шилов Н. Г. Принципы построения систем для быстрой интеграции знаний из распределенных источников // Труды конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке». Дивноморское, Россия, сентябрь, 2001. — М.: Физматлит, 2001, т. 1, с. 105—119.

28. Соколицын С. А., Кузин Б. И. Организация и оперативное управление машиностроительным производством: Учебник. - Л.: Машиностроение, 1988. - 527 с.

29. Справочник по искусственному интеллекту / Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Радио и связь, 1990, т. 1-2.

30. Стивенсон В. Д. Управление производством. - М.: Лаборатория базовых знаний, БИНОМ, 1998. - 928 с.

31. Транспортная логистика: Учеб. пособие/Под ред. Л. Б. Миротина. - М.: МГАДИ (ТУ), 1996. - 211 с.

32. Чейз Р. Б., Эквилайн Н. Дж., Якобе Р. Ф. Производственный и операционный менеджмент: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2001. - 704 с.

33. Adam E. E., Ebert J. R. Production and Operations Management: Concepts, Models and Behavior.- N. Y.: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1990.

34. Ballou R. H. Basic Business Logistics. - Prentice-Hall International, 1996.

35. Ballou R. H. Business Logistics Management. - Prentice-Hall International, 1993.

36. Gruber T. R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications // Knowledge Acquisition Journal, 1993, v. 5, p. 199—220.

37. Guarino N. Some Organizing Principles for a Unified Top-Level Ontology. Working Notes of AAAI Spring Symposium on Ontological Engineering. — Stanford, 1997.

38. Heizer J. H., Render B. Production and Operations Management: Strategies and Tactics. 3 ed.- Boston: Allyn and Bacon, 1993.

39. Little A. D. G. Models and Managers the Concept of a Decision. Calculus // Management Science, April, 1970, v. 16.

40. Mackworth A. K. Consistency in Networks of Relations//Artificial Intelligence, 1977, № 8, p. 99-118.

41. Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence / G. Weiss (ed). - L: MIT Press, 2000. - 619 p.
42. *Sowa J.* Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundation. - Boston: PWS Publishing, 1998.
43. *Tsang E.* Foundations of Constraint Satisfaction. - Academic Press, 1993.
44. *Vidale M. L. Walfe H. B.* An operation Research Study of Sales Response to Advertising // Journal of Marketing, 1957, v. 33, p. 53-57.
45. *Wild R.* Production and Operations Management. Text and Cases. — Cas-sell Educational, 1997.

СОДЕРЖАНИЕ:

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ	5
1.1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИЗУЧЕНИЯ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА.....	5
1.2. ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА	6
1.3. СУЩНОСТЬ И ФУНКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА	10
1.4. КОНФЛИКТ ЦЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МЕНЕДЖМЕНТА	14
1.5. МЕНЕДЖМЕНТ КАК СИСТЕМНЫЙ ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	16
ЧАСТЬ I СТРАТЕГИЯ ПРОДУКТА	24
ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ БАЗИСНЫХ СТРАТЕГИЙ ПРОДУКТА	24
2.1. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРОДУКТА	24
2.1.1. <i>Понятие и фазы жизненного цикла продукта</i>	24
2.1.2. <i>Особенности производственного менеджмента по стадиям жизненного цикла</i>	25
2.2. МАРКЕТИНГОВАЯ РАЗРАБОТКА ПРОДУКТА.....	30
2.2.1. <i>Задачи маркетинга продукта</i>	30
2.2.2. <i>Процесс маркетинга продукта</i>	32
2.3. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРОДУКТА	34
2.3.1. <i>Сущность и виды прогнозов</i>	34
2.3.2. <i>Методы научно-технического прогнозирования</i>	36
2.4. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ	42
2.4.1. <i>Сущность и виды продуктового планирования</i>	42
2.4.2. <i>Процесс продуктового планирования инноваций</i>	44
ГЛАВА 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВОГО ПРОДУКТА	52
3.1. ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС: СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ.....	52
3.1.1. <i>Понятие и виды инноваций</i>	52
3.1.2. <i>Содержание инновационного процесса</i>	54
3.2. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАДИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКТА.....	58
3.3. КОНСТРУИРОВАНИЕ НОВОГО ПРОДУКТА	60
3.3.1. <i>Опытно-конструкторские разработки</i>	60
3.3.2. <i>Конструкторская подготовка производства</i>	67
3.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ПРОДУКТА.....	70
3.4.1. <i>Сущность технологической подготовки производства</i>	70
3.4.2. <i>Состав работ по технологической подготовке производства</i>	72
3.5. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ	73
ГЛАВА 4. УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ	81
4.1. ПОНЯТИЕ И СОДЕРЖАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ	81
4.1.1. <i>Сущность инновационных проектов</i>	81
4.1.2. <i>Виды и содержание инновационных проектов</i>	85
4.1.3. <i>Сущность и принципы управления инновационными проектами</i>	87
4.2. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ	89
4.3. ПЛАНИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА.....	95
4.3.1. <i>Содержание и виды планирования проектов</i>	95
4.3.2. <i>Построение сетевой модели проекта</i>	100
4.3.3. <i>Расчет временных характеристик проекта</i>	104
4.3.4. <i>Анализ вероятности завершения проекта в срок</i>	108
4.3.5. <i>Задача минимизации затрат на проект</i>	112
ЧАСТЬ II. СТРАТЕГИЯ ПРОЦЕССА	116
ГЛАВА 5. ТИПЫ ПРОЦЕССОВ	116
5.1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС И ЕГО СТРУКТУРА	116
5.2. ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА	122
5.3. ТИПЫ ПРОЦЕССОВ И ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА	124
5.4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА	127

5.5. ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИИ ПРОЦЕССА В СЕРВИСЕ	131
ГЛАВА 6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ	134
6.1. РИТМ ПРОИЗВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ	134
6.2. НОРМА ВРЕМЕНИ НА ОПЕРАЦИЮ	137
6.3. ОПЕРАЦИОННЫЙ ЦИКЛ	139
6.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ	142
6.5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ	147
ГЛАВА 7. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ	152
7.1. ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОЩНОСТЬ	152
7.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ	156
7.3. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ	160
7.4. ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ	162
7.5. ИНВЕСТИРОВАНИЕ В РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ	166
ЧАСТЬ III СТРАТЕГИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ	171
ГЛАВА 8 РАЗМЕЩЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ	171
8.1. ВЫБОР РАЗМЕЩЕНИЯ	171
8.2. МЕТОД ВЗВЕШИВАНИЯ	175
8.3. МЕТОД КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКИ	177
8.4. МЕТОД ЦЕНТРА ГРАВИТАЦИИ	178
8.5. ТРАНСПОРТНЫЕ МЕТОДЫ	180
ГЛАВА 9. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О РАЗМЕЩЕНИИ (МЕТОД ДЕРЕВА РЕШЕНИЙ)	184
9.1. МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	184
9.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДА	185
9.3. АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ	187
9.4. ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ	188
9.5. ПРЕДЕЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ	190
9.6. МНОГОУРОВНЕВЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	192
ЧАСТЬ IV. СТРАТЕГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА	195
ГЛАВА 10. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ	195
10.1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТЫ	195
10.2. ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ	199
10.3. ФОРМЫ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ	201
10.4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ	203
ГЛАВА 11. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕПОТОЧНЫМИ МЕТОДАМИ	206
11.1. ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧАСТКОВ (ЦЕХОВ)	206
11.2. ОБЪЕМНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РАСЧЕТЫ СОЗДАНИЯ УЧАСТКОВ	209
11.3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦИКЛА ОБРАБОТКИ ПАРТИЙ ДЕТАЛЕЙ	217
11.4. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАПУСКА ПАРТИЙ ДЕТАЛЕЙ В ОБРАБОТКУ	219
ГЛАВА 12. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОТОЧНЫМИ МЕТОДАМИ	224
12.1. ПОНЯТИЕ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВИДЫ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ	224
12.2. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОДНОПРЕДМЕТНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ	227
12.2.1. Модели и методы расчета линий, оснащенных рабочими конвейерами	229
12.2.2. Модели и методы расчета линий, оснащенных распределительными конвейерами	237
12.3. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОДНОПРЕДМЕТНЫХ ПЕРЕРЫВНЫХ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ	241
12.4. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОПРЕДМЕТНЫХ ПЕРЕМЕННО-ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ	248
12.5. МНОГОПРЕДМЕТНЫЕ ГРУППОВЫЕ ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ	251
ЧАСТЬ V. СТРАТЕГИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВА	257
ГЛАВА 13. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА	257
13.1. ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЯ	257
13.2. РЕМОНТНОЕ ХОЗЯЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЯ	267
13.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ХОЗЯЙСТВО ПРЕДПРИЯТИЯ	279

ГЛАВА 14. ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	288
14.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ.....	288
14.2. ОРГАНИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ.....	300
ГЛАВА 15. СТРАТЕГИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	309
15.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	309
15.2. КОНЦЕПЦИЯ ВСЕОБЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ.....	312
15.3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА.....	317
15.4. НОРМАТИВНОЕ КАЧЕСТВО ПРОДУКТОВ.....	319
15.5. КАЧЕСТВО СЕРВИСА.....	324
ЧАСТЬ VI. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ.....	326
ГЛАВА 16. СТРАТЕГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА СПРОС	326
16.1. ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, УРОВНИ ПЛАНИРОВАНИЯ	326
16.2. ФУНКЦИИ ОПЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ И ИХ КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	328
16.3. СТРАТЕГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И СТРУКТУРЫ ОПЕРИРУЮЩИХ СИСТЕМ.....	331
ГЛАВА 17. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ	338
17.1. ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ	338
17.2. ФУНКЦИИ ЗАПАСОВ.....	340
17.3. ТИПЫ ЗАПАСОВ.....	341
17.4. ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ НАЛИЧНЫМИ ЗАПАСАМИ.....	342
17.5. ИДЕАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ И ЕЕ МОДИФИКАЦИИ	345
ГЛАВА 18. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.....	352
18.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.....	352
18.2. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННОЙ ПАРТИЕЙ ПОСТАВКИ	353
18.3. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННЫМ РИТМОМ ПОСТАВКИ.....	356
18.4. КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ	360
18.5. ОСОБЕННОСТИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ.....	362
18.6. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННОЙ ПАРТИЕЙ ПОСТАВКИ (СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД)	363
18.7. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ С ФИКСИРОВАННЫМ РИТМОМ ПОСТАВКИ (СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД)	366
18.8. КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ (СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД)	369
18.9. МНОГОПРОДУКТОВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ	370
18.10. МЕТОД РАСЧЕТА СТРАХОВЫХ ЗАПАСОВ.....	373
ГЛАВА19. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ «ТОЧНО В СРОК»	377
19.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ «ТОЧНО В СРОК».....	377
19.2. «ВЫТАЛКИВАЮЩИЕ» И «ВЫТЯГИВАЮЩИЕ» СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ.....	378
19.3. ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ «ТОЧНО В СРОК»	381
19.4. СТРУКТУРА И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ТОУОТА	382
19.5. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАНБАН»	390
ГЛАВА 20. ПЛАНИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В КОМПОНЕНТАХ ИЗДЕЛИЙ.....	395
20.1. СУЩНОСТЬ «ВЫТАЛКИВАЮЩЕЙ» СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	395
20.2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	396
20.3. МЕХАНИЗМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В КОМПОНЕНТАХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ЗАВИСИМОМ СПРОСЕ	397
20.4. ГЛАВНЫЙ ПЛАН-ГРАФИК ПРОИЗВОДСТВА	401
20.5. ВЕДОМОСТЬ СОСТАВА ИЗДЕЛИЯ	404
20.6. ВЫБОР ПОЛИТИКИ ЗАКАЗОВ.....	410
ЧАСТЬ VII. КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ.....	418
ГЛАВА 21. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ	418
21.1. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ.....	418
21.2. ЛОГИКА ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ <i>MRP II</i>	421
21.3. ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ <i>MRP II</i> НА СТАДИИ ПЛАНИРОВАНИЯ	424
21.4. ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ <i>MRP II</i> НА СТАДИИ ИСПОЛНЕНИЯ ПЛАНОВ	428
21.5. СРАВНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ <i>MRP II</i> И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ «ТОЧНО В СРОК».....	434
21.6. СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ.....	435

21.7. ДРУГИЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПЛАНИРОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВА	437
ГЛАВА 22. АГРЕГАТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ	442
22.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЦЕЛИ АГРЕГАТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ.....	442
22.2. СТРАТЕГИИ АГРЕГАТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ.....	444
22.3. МЕТОДЫ АГРЕГАТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	448
ГЛАВА 23. РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ	457
23.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ.....	457
23.2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСПИСАНИЙ.....	458
ПРИЛОЖЕНИЕ	471
ЛИТЕРАТУРА.....	484

Учебное издание

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Учебник

Под редакцией проф В А Козловского

Редактор *С М Рьповский*
Корректор *И Н Сахарук*
Компьютерная верстка *Н Н Пряхина*
Художественное оформление «*Ин-Арт*»

ЛР№ 070824 от 21 01 93

Сдано в набор 18.01.2003. Подписано в печать 28.04.2003.
Формат 60x90/16. Печать офсетная. Бумага типографская № 2.
Гарнитура «Newton». Усл. печ. л. 36,0. Уч.-изд. л. 36,75.
Тираж 5 000 экз. Заказ №7497.
Цена свободная.

Издательский Дом «ИНФРА-М»
127214, Москва, Дмитровское ш , 107
Тел (095) 485 71-77
Факс (095)485-53-18 Робофакс (095)485-54-44
E-mail books@mfra m ru
[http //www infra-m ru](http://www.infra-m.ru)

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленных диапозитивов в Тульской типографии.
300600, г. Тула, пр. Ленина, 109.