

Б.В. ПРЫКИН

# **ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА**

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



Москва • 2000

УДК 658.012.12(075.8)

ББК 65.053я73

П85

Рецензенты:

*д-р экон. наук, проф. П.Г. Грабовый*  
(*Московский государственный строительный университет*);  
*д-р юрид. наук, проф. Х.А. Андриашин*

Главный редактор издательства *Н.Д. Эриашвили*

**Прыкин Б.В.**

**П85** Техничко-экономический анализ производства: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — 399 с.  
ISBN 5-238-00187-8.

Излагаются основы теории и практики технико-экономического анализа производственных процессов предприятия по их основным элементам. Современные методы анализа позволяют устанавливать и оценивать потенциал, надежность и экономичность внутренней структуры предприятия для повышения его конкурентной способности и экономической устойчивости.

Для студентов и преподавателей вузов, руководителей и организаторов производства, а также специалистов соответствующих служб предприятия.

**ББК 65.053я73**

**ISBN 5-238-00187-8**

© Б.В. Прыкин, 2000

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

---

# Введение

*Но разве было бы плохо перевернуть перевернутый мир?*

*М. Бруно*

Переход народного хозяйства в рыночную экономику требует от предприятий и организаций непрерывной готовности к достижению поставленных и динамически изменяющихся производственных целей. Эффективность и конкурентоспособность предприятия зависят от множества факторов его внешней и внутренней среды, которые подлежат технико-экономическому анализу\*.

Повседневная практика свидетельствует о том, что на предприятиях, где к аналитической работе привлекаются непосредственные участники производственного процесса, мобилизуются внутренние резервы производства, значительно улучшается производственная и социальная деятельность коллектива.

*Анализ* — это расчленение предмета или явления на составные части (признаки, свойства). Именно такой подход к производственно-хозяйственной деятельности позволяет исследовать экономические явления и процессы в их взаимосвязи и взаимообусловленности.

*Экономический анализ* — самостоятельная наука, представляющая собой систему специальных знаний по исследованию хозяйственных процессов предприятий и их объединений, складывающихся под воздействием экономических законов. Инженер-технолог должен овладеть научными методами исследования процессов и явлений производственно-хозяйственной деятельности.

Главная задача экономического анализа заключается в выявлении возможностей дальнейшего повышения эффективности производства, достижения производственных целей с наилучшими результатами при минимальных затратах.

Важнейшие принципы *технико-экономического анализа* — создание единой системы учета, контроля, анализа; использование в качестве источника анализа всей совокупности информации, полученной в системе учета; познание на основе количественных характеристик качественной природы изучаемых

---

\* Главы 3, 4 написаны автором совместно с Д.А. Хачатуровым.

процессов и явлений; конкретность, практическая полезность и оперативность анализа.

Технико-экономический анализ на предприятии носит многосторонний характер и охватывает различные стороны деятельности, в связи с чем возникают определенные его виды, различающиеся по объектам, субъектам, назначению, периодичности.

*Объектом* анализа могут быть рабочее место, участок, предприятие, народно-хозяйственный комплекс, *субъектом* выступают экономические службы предприятий, министерств, плановые и финансовые органы.

*Назначение* технико-экономического анализа производственно-хозяйственной деятельности весьма широко: его результаты используются для разработки научно обоснованных текущих и перспективных планов и контроля за их выполнением; управления хозяйственной деятельностью и выбора оптимальных управленческих решений; оценки эффективности производственных процессов и выявления внутрипроизводственных резервов и т.д. При этом по степени охвата объекта анализ может быть *сплошным* или *выборочным*, что определяется его задачами и содержанием.

Для практических целей важна *классификация* видов анализа по периодичности осуществления (табл. 1). Все виды анализа осуществляются в основном по единой схеме: составление программы анализа; отбор и проверка исходной информации; расчет и группировка анализируемых показателей; сравнение анализируемых показателей, определение их отклонений относительно величин, принятых в качестве базисных; установление причин и факторов, влияющих на изменение анализируемых показателей; определение характера и степени связи выявленных факторов с анализируемыми показателями; установление путей регулирования факторов, влияющих на колеблемость анализируемых показателей; выявление резервов производства, разработка мероприятий по их эффективной реализации. При составлении программы анализа учитываются его конкретные задачи. Наиболее полно решаются поставленные задачи при комплексном анализе основных технико-экономических показателей предприятия (рис. 1).

В технико-экономическом анализе в качестве исходных используются данные, полученные по оперативному, статистическому и бухгалтерскому учету и отчетности, нормативная, плановая и директивная информация.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ АНАЛИЗА  
ПО ПЕРИОДИЧНОСТИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

Вид	Разновидность	Назначение	Особенность
Периодический	—	Глубокое изучение одного из вопросов разового характера для принятия оптимального решения (реконструкция, модернизация, смена руководства и т.д.)	Проводится по разовым программам
	Оперативный (текущий)	Оперативное регулирование производства, управление	Основывается на данных оперативного учета; проводится постоянно
	Ретроспективный (последующий)	Экономическая оценка деятельности по всем показателям, вскрытие резервов производства	Производится после составления отчета о производственно-хозяйственной деятельности за отчетный период; оформляется в виде приложения к отчету
	Перспективный (прогнозный)	Выявление закономерностей и тенденций производственно-хозяйственной деятельности на предприятии	Служит обоснованием планов развития на перспективу

Показатели, подлежащие анализу, могут быть представлены как *абсолютные*, *относительные* или *средние* величины. При этом *абсолютные величины* характеризуют объем производства, количество расходуемых ресурсов, численность рабочих, т.е. они отражают общие размеры и характеристики процессов и явлений, представляя собой количественные показатели. *Отно-*

*сительные величины* являются качественными показателями и выражают уровень использования ресурсов, степень выполнения плановых заданий и норм: темпы роста объема производства продукции, уровень производительности труда, показатели использования основных фондов (фондоотдача, фондоемкость), коэффициент оборачиваемости оборотных средств и др.

С помощью *средних величин*, исчисленных на основе массовых данных о качественно однородных явлениях, можно выявить общие закономерности развития экономических явлений, например изменения средней заработной платы, средней выработки рабочего или работающего и т.п.

При технико-экономическом анализе производственной деятельности существенным является выбор базы для сравнения. Здесь решающую роль играют вид и цель анализа. Например, при анализе хода технологического процесса базой для сравнения фактических параметров служат нормативы или проектные данные. Анализ выполнения плана осуществляется путем сравнения фактических данных с плановыми на этот же период. При изучении производственной деятельности базой для сравнения служат данные прошлых лет. Пути совершенствования производства выявляют при сравнении показателей предприятия с лучшими в данной отрасли, со средними величинами. Во всех указанных случаях общим является правило сравнения, по которому от величины анализируемого показателя отнимается значение, принятое в качестве базы сравнения. Это дает возможность судить не только об абсолютной величине изменения анализируемого показателя, но и о его направлении (уменьшении или увеличении), что служит объектом дальнейшего анализа. При сравнении показателей необходимо соблюдать условия сопоставимости объектов анализа, характер цен, структуру явления; допускаются расчетные корректировки.

Под резервами производства понимают неиспользованные возможности улучшения показателей работы предприятия и его подразделений на основе внедрения в производство достижений науки, техники, передового опыта. Классификация резервов по ряду признаков представлена в табл. 2.



Рис. 1. Комплексный технико-экономический анализ на предприятии

## КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЕРВОВ ПРОИЗВОДСТВА

Признак классификации	Вид резерва	Особенность
<b>Масштабы использования</b>	Народнохозяйственные Отраслевые	Используются при народнохозяйственном и отраслевом планировании, углублении специализации и кооперирования, рационализации транспортных связей
<b>Время использования</b>	Внутрипроизводственные  Текущие	Отражают конкретные условия производства, выявляются и используются на предприятии  Реализуются в текущем периоде, не требуют длительной подготовки, связаны с интенсификацией производства, распространением передового опыта, ликвидацией потерь; финансируются за счет средств предприятия или кредитов
<b>Связь с планом</b>	Перспективные	Требуют значительных подготовительных работ и капитальных вложений; связаны с внедрением новой техники, модернизацией, комплексной механизацией, автоматизацией
	Неучтенные	Возникают при недостаточной обоснованности плановых заданий
	Перерасходы	Связаны с нарушением технологических режимов, некомплектной поставкой материалов, потерями рабочего времени
	Отклонения от плана	Связаны с изменениями условий работы по сравнению с плановыми

Внутрипроизводственные резервы связаны с использованием элементов производственного процесса (предметов труда, орудий труда, живого труда), а также с осуществлением процессов управления и обслуживания. Реализация резервов любого вида приводит, как правило, к снижению себестоимости продукции, а значит — к росту прибыли и рентабельности производства (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**ХАРАКТЕРИСТИКА ВНУТРИПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
РЕЗЕРВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ**

<b>Резерв</b>	<b>Пути реализации</b>	<b>Эффект</b>
<b>Улучшение использования предметов труда</b>	Экономия сырья, основных и вспомогательных материалов, топлива, энергии, малоценных и быстроизнашивающихся инструментов	Снижение себестоимости продукции; повышение рентабельности производства
<b>То же орудий труда</b>	Наиболее полная загрузка технологического оборудования, транспортных средств, ценных приборов по мощности и во времени	Увеличение фондоотдачи; повышение рентабельности производства
<b>То же трудовых ресурсов</b>	Экономия рабочего времени, сокращение потерь времени, ликвидация простоев, повышение квалификации, снижение текучести кадров	Рост производительности труда; снижение себестоимости продукции; повышение рентабельности производства
<b>Совершенствование процессов управления</b>	Внедрение рациональных схем управления, применение АСУ и АСУП, повышение уровня квалификации работников	Снижение расходов по управлению; повышение рентабельности производства

Резерв	Пути реализации	Эффект
Совершенствование технологии производства	Сокращение производственного цикла, сокращение и ликвидация брака, сокращение незавершенного производства, сокращение запасов	Повышение качества изделий; повышение рентабельности производства
То же обслуживающих процессов	Экономия транспортных и складских расходов, ликвидация штрафов, пень	Снижение внепроизводственных расходов; рост прибыли; повышение рентабельности производства

Для реализации внутрипроизводственных резервов необходимо исследовать причины и факторы, влияющие на тот или иной показатель деятельности. Эта сложная задача решается путем проведения комплексного факторного анализа производственно-хозяйственной деятельности. При таком анализе осуществляется комплексное изучение влияния всей совокупности факторов с последующим выделением ведущих из них для определения производственных условий (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

**КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ, УЧИТЫВАЕМЫХ ПРИ АНАЛИЗЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Признак классификации	Группа факторов
Степень воздействия на результаты работы	Основные Вспомогательные
Состав причин	Сложные (комплекс причин) Простые (одна причина)
Характер воздействия	Постоянные Временные
Содержание	Общие (для всех предприятий) Специфические (для данного предприятия)
Возможность измерения	Поддающиеся измерению Не поддающиеся измерению
Характер возникновения	Объективные Субъективные
Зависимость от предприятия	Зависящие Независящие

Количественную оценку роли отдельных факторов в колеблемости анализируемых показателей можно получить, используя специальные экономико-математические методы и ЭВМ. Однако в практике аналитической работы на предприятии важно владеть методами безмашинного анализа деятельности, обобщенного расчета показателей и исследования их в динамике. В этих целях широкое распространение получили индексный метод, построение динамических рядов и рядов нарастающих итогов, метод цепных подстановок, графический метод и др. Некоторые из них рассмотрены далее.

*Индексный метод* основывается на использовании относительных показателей, выражающих отношение уровня данного явления к уровню его, принятому в качестве базы. Например, если на заводе объем производства в плановом периоде составил 216,19 тыс. руб., а в прошлом (базисном) периоде 170,6 тыс. руб., то динамика объема производства характеризуется индексом  $216,19 : 170,6 = 1,26$ .

Различают *индивидуальные*, характеризующие динамику простых показателей, и *групповые*, свойственные определенному явлению в целом. Кроме того, в анализе хозяйственной деятельности используются *базисные*, показывающие изменение явления относительно базисного периода, и *цепные*, характеризующие изменения явления относительно показателей предыдущих периодов. Например, анализируется изменение за определенный период времени объема товарной продукции  $T$ , представленное рядом показателей:

$$T_1, T_2, T_3, T_4, T_5.$$

Принимая в качестве базисного периода первый год (объем товарной продукции  $T_1$ ), получим для каждого  $i$ -го года базисный индекс

$$Y_{6i} = T_i/T_1$$

и цепной индекс

$$Y_{цi} = T_i/T_{i-1}.$$

При этом произведение соответствующих цепных индексов всех лет должно определить базисный индекс последнего из анализируемого ряда года. В приведенном примере

$$Y_{65/1} = Y_{ц1/1} Y_{ц2/1} Y_{ц3/2} Y_{ц4/3} Y_{ц5/4},$$

где  $Y_{65/1}$  — базисный индекс пятого года по отношению к базисному индексу первого года;  $Y_{ц2/1}$  — цепной индекс второго года по отношению к первому.

*Индексный метод* может быть использован и для факторного анализа какого-либо обобщенного показателя. Например, необходимо определить изменение по сравнению с прошлым годом объема товарной продукции  $\Delta T$  под влиянием переменных численности рабочих  $n$  и производительности их труда  $b_p$ . Для решения задачи строится система взаимосвязанных индексов

$$Y_{об} = T_1/T_0 = b_{p1}n_1/(b_{p0}n_0),$$

где  $Y_{об}$  — общий групповой индекс изменения объема выпуска продукции;  $T_1, T_0$  — объем товарной продукции соответственно в анализируемом и прошлом (базисном) периодах, руб.;  $b_{p1}, b_{p0}$  — среднегодовая выработка товарной продукции на одного рабочего в анализируемом и базисном периодах, руб./чел.;  $n_1, n_0$  — среднегодовая численность рабочих в анализируемом и базисном периодах, чел.

В данном случае обобщающий экономический показатель товарной продукции представляет собой произведение качественного показателя производительности труда в виде среднегодовой выработки одного рабочего и количественного показателя численности рабочих. При построении факторных индексов для определения влияния количественного показателя (фактора) качественный показатель фиксируется на базисном уровне  $b_p$ , а при установлении влияния качественного фактора количественный показатель фиксируется на уровне анализируемого периода. Тогда система взаимосвязанных индексов может быть представлена следующим образом:

$$Y_{об} = \frac{b_{p0}n_1}{b_{p0}n_0} \frac{b_{p1}n_1}{b_{p0}n_1}; \quad Y_{об} = Y_n Y_b,$$

где  $Y_n$  — факторный (индивидуальный) индекс изменения численности рабочих;  $Y_b$  — факторный (индивидуальный) индекс изменения среднегодовой выработки на одного рабочего.

При этом величина отклонения объема товарной продукции под влиянием обоих факторов определяется по разности:

$$\Delta T = b_{p1}n_1 - b_{p0}n_0,$$

в том числе за счет переменной численности рабочих

$$\Delta T_n = b_{p0}n_1 - b_{p0}n_0$$

и за счет изменения производительности труда

$$\Delta T_b = b_{p1}n_1 - b_{p0}n_1.$$

Рассмотренный метод имеет ограниченную область использования. Его применение может быть целесообразно при ана-

лизе обобщающего показателя, если его значение определяется только двумя (количественным и качественным) факторами. При большем числе факторов возможно применение других методов.

*Метод цепных подстановок* используется для анализа изменения обобщающего экономического показателя под влиянием многих производственных факторов. Например, при анализе производственной программы определяют отклонение фактического годового объема товарной продукции  $T_{\phi}$  от планового  $T_{пл}$  под влиянием переменных значений численности рабочих  $n$ , числа рабочих дней в году  $m$ , средней продолжительности рабочей смены  $t$  и часовой выработки продукции на одного рабочего  $b_p$ . Для решения задачи строится цепной ряд зависимости анализируемого показателя от выявленных факторов. При построении важно соблюдать последовательность включения факторов в ряд, при которой каждый последующий показатель дает более полную характеристику предыдущему. В данном случае объем товарной продукции определяется, прежде всего, численностью рабочих, каждый из которых работает определенное число дней при конкретной продолжительности рабочего дня, обеспечивая в каждый час некоторую выработку (производительность труда). Именно в такой последовательности будет правильным включить в цепной ряд выявленные факторы (показатели) по их плановому и фактическому значениям:

$$T_{пл} = n_{пл} m_{пл} t_{пл} b_{p,пл};$$

$$T_{\phi} = n_{\phi} m_{\phi} t_{\phi} b_{p,\phi},$$

где  $n_{пл}$ ,  $n_{\phi}$  — переменная численность рабочих по плану и фактически, чел.;  $m_{пл}$ ,  $m_{\phi}$  — число рабочих дней в году по плану и фактически, чел.-дн.;  $t_{пл}$ ,  $t_{\phi}$  — средняя продолжительность рабочей смены плановая и фактическая, ч;  $b_{p,пл}$ ,  $b_{p,\phi}$  — часовая выработка продукции на одного рабочего, руб./чел.

Отклонение фактического объема товарной продукции от планового составит

$$\pm \Delta T_{\phi} = T_{\phi} - T_{пл}.$$

Ставится задача установить значение  $\Delta T$ , обусловленное колеблемостью каждого фактора. Для этого в цепной ряд, построенный по плановым значениям показателей, последовательно (по цепочке) вместо анализируемого фактора вводится его от-

клонение относительно плановой величины. Остальные факторы выступают в ряду по плановым значениям, за исключением тех, отклонения которых уже учтены. Это значит, что при цепных подстановках все факторы, предшествующие в ряду анализируемому, принимаются по фактическим значениям, а все последующие — по плановым.

Итак, производятся цепные подстановки:

$$\pm \Delta T_n = (n_{\phi} - n_{пл}) m_{пл} t_{пл} b_{р.пл};$$

$$\pm \Delta T_m = n_{\phi} (m_{\phi} - m_{пл}) t_{пл} b_{р.пл};$$

$$\pm \Delta T_t = n_{\phi} m_{\phi} (t_{\phi} - t_{пл}) b_{р.пл};$$

$$\pm \Delta T_b = n_{\phi} m_{\phi} t_{\phi} (b_{р.ф} - b_{р.пл}),$$

где  $\Delta T_n$ ,  $\Delta T_m$ ,  $\Delta T_t$ ,  $\Delta T_b$  — отклонения фактического годового объема товарной продукции от планового под влиянием изменения соответственно численности рабочих, количества рабочих дней в году, продолжительности рабочей смены и часовой выработки на одного рабочего.

Общая сумма отклонений под влиянием анализируемых факторов определит разность между фактическим и плановым объемами товарной продукции:

$$\sum_{i=1}^n \Delta T_i = \Delta T_{\phi},$$

где  $n$  — количество факторов, включенных в цепной ряд.

При данном методе результаты анализа зависят от правильности построения ряда, что приводит к некоторому субъективизму выводов. Этого недостатка лишены *экономико-математические методы*, и их использование в последние годы охватывает все более широкие области экономических исследований. Взаимосвязь различных показателей деятельности проявляется при комплексном анализе выполнения производственно-финансового плана. Использование резервов всех видов, принятие обоснованных плановых заданий, разработка и внедрение мероприятий по улучшению производственно-хозяйственной деятельности, которые основываются на результатах технико-экономического анализа, обеспечивают повышение эффективности производства.

Системные и ситуационные взгляды на анализ производственных систем свидетельствуют о том, что внешнее окружение предприятия оказывает все большее влияние на результатив-

ность его деятельности. Поэтому предприятие должно использовать подходящие способы, позволяющие реагировать на внешние воздействия путем принятия соответствующих управленческих решений.

Другой группой ситуационных факторов, влияющих на результативность работы предприятия, являются факторы, связанные с его внутренней средой. Это цели, структура, технические системы и технология. Особую и определяющую роль во внутренней среде предприятия играют технические системы как средства преобразования сырья — будь то люди, информация или средства производства. Технология — это сочетание квалификационных навыков, оборудования, инфраструктуры, инструментов и соответствующих технических знаний, необходимых для осуществления желаемых преобразований в материалах, информации или людях.

В зависимости от состояния технических систем определяются их эффективность, результаты и издержки. Следовательно, получить прогноз изменения основных показателей технологий и технических систем можно только при анализе их состояний в пространстве и во времени. В результате технико-экономический анализ производства необходим на протяжении жизненного цикла технической системы, так как он позволяет оценить ситуацию и в зависимости от нее принять соответствующее технико-экономическое решение.

Технико-экономический анализ обычно осуществляется по основным направлениям деятельности предприятия: формированию производственного процесса, использованию элементов производства, оценке потенциала процесса, надежности функционирования технических систем и уровню риска при производственных решениях.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1. С какой целью проводится технико-экономический анализ на предприятии?*
- 2. Раскройте классификацию видов анализа.*
- 3. Составьте алгоритм комплексного технико-экономического анализа.*
- 4. Как можно классифицировать факторы, учитываемые при анализе производственной деятельности предприятия?*
- 5. Какие основные методы используются при технико-экономическом анализе производства?*

# ОРГАНИЗАЦИЯ КАК СИСТЕМА

*Система — это единство, состоящее из взаимосвязанных частей, каждая из которых приносит что-то конкретное в уникальные характеристики целого*

*М. Мескон*

## 1.1. Системы. Характеристика систем

Системный подход к организации и управлению является способом мышления, способом соединения отдельных составляющих в единую композицию.

*Система* есть множество, конкретные элементы которого обладают присущими только им свойствами, закономерно связаны между собой и составляют определенную целостность. При этом система обладает такими свойствами, отсутствующими у составляющих ее элементов, как эмерджентность, делимость, сложность, адаптивность, мобильность, гибкость (табл. 1.1). Все системы могут рассматриваться как самоуправляемые, и основной задачей менеджмента является обеспечение баланса обмена внутри системы, их устойчивости и равновесия.

Системы разрабатываются и управляются на основе следующих **п р и н ц и п о в**:

*функционально-системного*, когда системообразующим фактором является конечный результат (цель);

*вероятностно-статистического* (на основе концепций фактора массовости наблюдений и состояний системы, перехода от изучения частных явлений к обобщению, взаимосвязанным и общим явлениям);

*имитационно-моделирующего*, позволяющего выразить структуру организации в виде модели и описать изменение ее состояний как системы в зависимости от изменения критериев оценки и целей;

Таблица 1.1

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

<b>ЭМЕРДЖЕНТ-НОСТЬ СИСТЕМЫ</b>	Качество множественности системы, т.е. приобретение дополнительных свойств, отличных от свойств отдельных ее элементов (например, в производственной системе только совокупность ее элементов может обеспечить выпуск какого-либо товара в заданном количестве)
<b>ДЕЛИМОСТЬ</b>	Способность обеспечивать деление и вычленение отдельных элементов и подсистем, устанавливать их связь с другими элементами и системами, что особенно важно при решении управленческих и организационных процессов
<b>АДАПТИВНОСТЬ</b>	Способность системы приспосабливаться к различным, в том числе изменяемым, условиям функционирования. В процессе приспособления должны легко изменяться количественные характеристики системы при объединении или разделении ее элементов и связей
<b>МОБИЛЬНОСТЬ</b>	Способность составляющих элементов системы перемещаться, концентрироваться в необходимых сочетаниях и рационально функционировать в конкретных условиях
<b>ГИБКОСТЬ</b>	Способность системы воспринимать нововведения и адаптироваться к новым условиям функционирования при возникновении отклонений от существующего ее состояния без нарушения целостности
<b>КИБЕРНЕТИКА</b>	Кибернетика (от греч. <i>искусство управления</i> ) — наука, изучающая общие закономерности управления и взаимосвязи в организованных системах (машинах, живых организмах, обществе)
<b>СУБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ</b>	Подсистема, осуществляющая управление системой с целью достижения ею поставленных целей
<b>ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ</b>	Социальные, технические и экономические подсистемы, через посредство которых осуществляются процессы получения, перемещения и распределения товаров и услуг
<b>ВХОД СИСТЕМЫ</b>	Сигналы в виде информации и элементов производства, которые поступают из внешней среды
<b>ВЫХОД СИСТЕМЫ</b>	Конечные результаты функционирования системы
<b>ЦЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ</b>	Предвосхищение результатов деятельности

*интерактивно-графического*, основанного на экономико-математическом моделировании и применении современных технологических средств обработки информации, прежде всего ЭВМ;

*инженерно-психологического* (с интерактивным режимом функционирования систем «человек — ЭВМ», позволяющих учитывать психологическое состояние человека при принятии решений);

*инженерно-экономического*, позволяющего довольно точно прогнозировать количественные результаты (прибыль, эффективность, себестоимость, цену и т.п.)



Рис. 1.1. Характеристика систем

В практике системотехники используют два типа систем — *закрытые* и *открытые* (рис. 1.1). В открытых системах управленческие решения принимаются с учетом совокупности микро-, макро- и гиперсреды, в закрытых — управление осуществляется на основе учета только своей отдельно взятой среды.

Более рациональной схемой описания композиций является открытая модель (рис. 1.2).

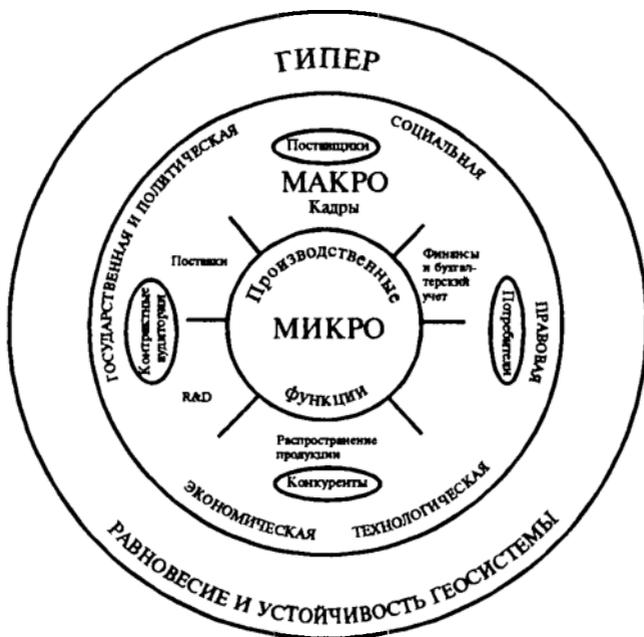


Рис. 1.2. Логическая связь микро-, макро- и гиперсистем в экономике

*Микросреда* (микросистема) представлена функциональными областями, общими для всех организаций, а также состояниями их внутренней среды, например ее производственными функциями.

*Макросреда* (макросистема) формируется из факторов, находящихся вне организации, но оказывающих влияние на ее функционирование.

*Гиперсреда* (гиперсистема) описывается совокупностью факторов, определяющих равновесное и устойчивое состояние геосистемы, ее отдельных сфер (гео-, гидро-, атмо- и биосферы) и

ее отдельных локальных зон, в том числе и под воздействием экономической деятельности человека.

Следовательно, микросреда (внутренняя структура системы) охватывает процессы управления внутри какой-либо структуры, в том числе производственной, макросреда (часть внешней среды системы) описывает процессы управления внутри рынков (локальных и международных), а гиперсреда охватывает процессы управления внутри всей геосистемы.

Исходя из технико-экономических положений организацию (предприятие) можно описать в целом общей системой, состоящей из трех взаимосвязанных подсистем: система его внешней среды, система его внутренней среды и системы производства (технической системой).

## 1.2. Производственное предприятие как система

*Производственное предприятие* можно представить как сверхсложную открытую социально-техническую систему, связанную специфическими отношениями со своей внешней и внутренней средой. Чтобы достичь поставленной цели, например получить прибыль, все элементы производственной системы должны функционировать совместно, балансироваться и взаиморегулироваться.

Любое предприятие — это социально-экономическая система, в которой главным и наиболее активным элементом выступает человек. В основе экономической системы лежит совокупность общественных, коллективных (групповых) и личных интересов, которые оказывают большое влияние на состояние и развитие этой системы. Рациональные системы являются жизнестойчивыми, подвижными, имеют способность к самоуправлению, к самоорганизации. Состояние системы определяется множеством различных факторов, описывающих как внешнюю, так и внутреннюю среду системы. Чтобы управлять такой системой и достигать заданных конечных результатов эффективности  $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_0$ , необходимо использовать современные формы и методы теории управления сложными системами, т. е. описывать систему кибернетическими моделями (рис. 1.3).

Финансово-экономические расчеты отражают события, происходящие на предприятии, через показатели доходов и издержек и в конечном счете через поступления и выплаты денежных средств за период. В условиях конкуренции эффективное функционирование предприятия, а также наиболее полное удовлетворение запросов потребителей достигаются при стремлении к максимизации ценности капитала, к максимизации расчетной прибыли. Соответственно и управление ресурсами, потребляемыми предприятием, ориентировано на эти цели. Стремление к оптимизации дисконтированного результата за период является предпосылкой существования и успешного развития предприятия.

Основные цели функционирования и развития предприятия можно классифицировать по их направленности (рис. 1.5).

*Материальные цели*, т. е. цели достижения определенных материальных результатов, к которым относится будущая продуктово-рыночная программа предприятия. Материальные цели могут быть описаны в физических единицах измерения или в денежном выражении. Материальные цели достигаются в том числе путем изготовления продуктов на производстве.

*Стоимостные (денежные) цели*, т. е. ожидаемые в будущем финансовые результаты (например, ценность капитала, расчетная и балансовая прибыль) или отдельные компоненты этих финансовых результатов (поступления и выплаты, выручка от реализации продукции, издержки, доходы и затраты), а также необходимый для существования предприятия уровень ликвидности и компоненты ликвидности (наличие оборотных средств, поступления и выплаты денежных средств). Стоимостные цели могут характеризоваться абсолютными и относительными показателями (например, годовая прибыль и рентабельность). Стоимостные цели реализуются только через достижение материальных целей и целей-действий.

*Социальные (гуманитарные) цели*, т. е. ожидаемые в будущем взаимоотношения между людьми как на самом предприятии, так и с общественностью вне предприятия. Социальные цели обуславливают модель поведения по отношению к персоналу, лицам и общественным группам в подсистемах самого предприятия и ко внешней среде. Речь идет как о денежных, так и неденежных целях (например, уровень доходов персонала, интересная работа, культура предприятия, идентификация работ-

**Кибернетика** — это наука, изучающая общие закономерности строения сложных систем управления и протекания в них процессов управления. Современные системы, как правило, подразделяются на подсистемы: объект управления  $A$  (что управляется, например производственный процесс) и блок управления  $B$  (кто управляет).

Внешние воздействия на систему  $z_1, z_2, \dots, z_k$  ( $o_4, o_3$  — входы в систему) оказываются внешней средой в виде заказов, нормативов, правовых актов, состояния рынков и т. п.

Внутренняя среда формируется технологией и организацией производства, его инфраструктурой, сочетанием элементов производства  $o_1, o_2$ , заданиями  $u_i$  и другими параметрами.

Блок управления формирует управляющие воздействия на управляемую подсистему в виде сигналов  $u_n$  (планы, задания, нормативы), а изменение ее состояния приходит по обратной связи  $o_m$ . На устойчивость параметров системы влияют характеристики региональных и государственных, а также международных условий  $y_1, \dots, y_n$ . Кроме того, влияют на выход системы  $\mathcal{E}_i$  внутренние факторы неопределенности системы  $x_1, \dots, x_j$ , снижая ее напряженность. Следовательно, эффективность  $\mathcal{E}_i$  функционирования системы в общем виде можно выразить уравнением связи

$$\mathcal{E}_i = f(z_b, y_b, u_b, x_b, o_b).$$

Таким образом, представляется возможным выбирать и использовать рациональный или оптимальный вариант производства на основе формализуемых и неформализуемых задач, связанных с обработкой смысловой (семантической) информации на естественном языке. Это требует применения новых моделей, отражающих мыслительную деятельность человека, относящуюся к области искусственного интеллекта.

Любую производственную систему можно описать с помощью некоторого множества величин — параметров. Количество параметров может быть большим даже для простой системы. Практически для описания системы пользуются основными параметрами — такими характеристиками, которые изменяются тогда, когда меняется сама система. Обычно все параметры социально-производственной системы подразделяют на три группы: входные, выходные и показатели состояния системы.

*Входные параметры*  $z_1, z_2, \dots, z_n$  (см. рис. 1.3) отражают связи производственной системы с другими системами и объектами, совокупность которых называется окружением, или внешней средой по отношению к рассматриваемой системе. Входные параметры системы определяют необходимый и достаточный уровень ее социально-производственного потенциала. Например, к параметрам внешней среды можно отнести характеристики региона (естественно-природная среда), государственные заказы и нормативы, которые поступают на предприятие из вышестоящих уровней управления, продукцию, поставляемую другими министерствами.

*Выходные параметры*  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_Q$  характеризуют результативность системы и ее непосредственное влияние на внешнюю среду, а также роль и значение данной системы в окружающем мире. Таковы, например, объем построенных производственных площадей и их ввод в эксплуатацию. Это приведет к дополнительному удовлетворению потребностей общества. Сюда можно отнести и такие показатели, как прибыль предприятия, ее участие в национальном доходе страны.

К другому виду выработанных системой параметров относят *параметры внутреннего состояния системы*, которые характеризуют ее внутреннюю способность к решению стоящих перед ней задач, в частности ее экономический и технический потенциал или мощность, а также степень их использования. Эти параметры отражают *внутреннюю среду* производственной системы. Например, к таким параметрам относятся уровень организации производства, фондоотдача, стоимость основных и оборотных фондов, технический уровень предприятия и др. В системах управления также важными являются промежуточные показатели состояния системы, которые используются для разработки управленческих решений и хранятся в памяти электронных вычислительных машин. Такими показателями являются данные о загрузке производственных машин по времени и мощности, оперативно-календарное планирование, технологические режимы производства, состав и перемещение бригад и др.

Следовательно, производственная система — это система, внутренняя среда которой должна отвечать двум основным параметрам: выходной мощности и величине социально-производственного потенциала. *Выходная мощность* должна с полной вероятностью обеспечивать достижение конечной цели производственной системы.

Таким образом, предприятие состоит из множества элементов: предпроизводственных подразделений (например, доставка и хранение материалов, машин, конструкций); непосредственно производственных (например, выполнение работ); внепроизводственных (например, объекты социальной инфраструктуры). Содержание каждой группы элементов характеризуется большим разнообразием процессов как по назначению, так и по структуре операций. Однако благодаря общности цели их деятельности они образуют технологическое, организационное, экономическое единство, т. е. систему.

Если предприятие принять за *самоуправляемую систему* (т. е. способную осуществлять целенаправленные действия, управлять своими действиями), то она должна состоять из двух подсистем: управляющей (субъекта, органа управления) и управляемой (объекта управления).

В качестве *субъекта управления* на предприятии выступает сочетание руководства (управляющий, директор, аппарат управления) и трудового коллектива.

В качестве *объекта управления* выступает не только экономическое и техническое, но и социальное развитие предприятия.

Реальные системы, которые обычно используются для описания предприятия, как правило, отличаются многообразием технических  $a_1$ , экономических  $a_2$ , социальных  $a_3$  и других  $a_m$  элементов (рис. 1.4.), совокупность которых с их связями и составляет систему, например, социально-производственную, описывающую функционирование предприятия. Данная система находится в какой-то внешней среде  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , например в среде комплекса. Кроме того, она испытывает влияние факторов неопределенности внутри своей системы  $x'_1, x'_2, \dots, x'_n$ . Рассматриваемые социально-производственные системы обладают определенными свойствами.

Все производственные системы подразделяются на конкретные и абстрактные, открытые и закрытые, детерминированные и вероятные.

*Конкретная система* объективно существует на предприятии в виде материальных и нематериальных объектов. *Абстрактная система* отражает объективную конкретную систему в виде моделей (физических, математических, электрических и др.).

*Открытая система* предусматривает наличие связей с другими системами и внешней средой, в *закрытых* — принимают,

что система не обладает связями с другими сопряженными системами.

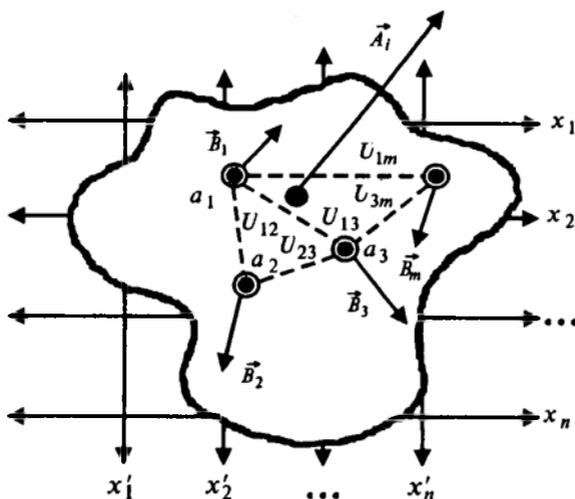


Рис. 1.4. Производственная система

В *детерминированных системах* события в одних ее элементах могут изменять параметры в других однозначно, т. е. в таких системах связи между элементами и события в них строго и однозначно predetermined. В *вероятностных системах* связи между элементами и событиями в них носят вероятностный (стохастический) характер. В этих системах события в элементах обуславливают возможность возникновения вторичных событий с различной степенью вероятности.

**Цели системы.** Под *целями* понимают то, чего желают достичь люди, т. е. — это процесс волеизъявления, направленный на достижение определенного состояния. Цели достигаются через действия (реализация желаний) при помощи определенных социальных, технических, технологических, экономических средств.

Конечные цели имеют свое промежуточное выражение в виде результатов отдельных переделов производства: выполнение заказа, подготовка производства, материально-техническое обеспечение, повышение квалификации работников. Но все частные цели работают на единую цель предприятия.

Финансово-экономические расчеты отражают события, происходящие на предприятии, через показатели доходов и издержек и в конечном счете через поступления и выплаты денежных средств за период. В условиях конкуренции эффективное функционирование предприятия, а также наиболее полное удовлетворение запросов потребителей достигаются при стремлении к максимизации ценности капитала, к максимизации расчетной прибыли. Соответственно и управление ресурсами, потребляемыми предприятием, ориентировано на эти цели. Стремление к оптимизации дисконтированного результата за период является предпосылкой существования и успешного развития предприятия.

Основные цели функционирования и развития предприятия можно классифицировать по их направленности (рис. 1.5).

*Материальные цели*, т. е. цели достижения определенных материальных результатов, к которым относится будущая продуктово-рыночная программа предприятия. Материальные цели могут быть описаны в физических единицах измерения или в денежном выражении. Материальные цели достигаются в том числе путем изготовления продуктов на производстве.

*Стоимостные (денежные) цели*, т. е. ожидаемые в будущем финансовые результаты (например, ценность капитала, расчетная и балансовая прибыль) или отдельные компоненты этих финансовых результатов (поступления и выплаты, выручка от реализации продукции, издержки, доходы и затраты), а также необходимый для существования предприятия уровень ликвидности и компоненты ликвидности (наличие оборотных средств, поступления и выплаты денежных средств). Стоимостные цели могут характеризоваться абсолютными и относительными показателями (например, годовая прибыль и рентабельность). Стоимостные цели реализуются только через достижение материальных целей и целей-действий.

*Социальные (гуманитарные) цели*, т. е. ожидаемые в будущем взаимоотношения между людьми как на самом предприятии, так и с общественностью вне предприятия. Социальные цели обуславливают модель поведения по отношению к персоналу, лицам и общественным группам в подсистемах самого предприятия и ко внешней среде. Речь идет как о денежных, так и неденежных целях (например, уровень доходов персонала, интересная работа, культура предприятия, идентификация работ-

ников с предприятием и его целями, имиджем, защита окружающей среды).



Рис. 1.5. Смысл, цели и условия существования предприятия

Социальные цели могут быть достигнуты через реализацию материальных, стоимостных целей и прочих целей-действий.

К высшим целям предприятия должны относиться также и жизненно важные, кардинальные ограничения (условия), опре-

деляемые законодательством и общественным мнением, в частности:

- защита и улучшение окружающей среды;
- применение прогрессивных (инновационных), но не вредных для окружающей среды технологий;
- сохранение социально-рыночной экономической системы как конкурентной экономики;
- обеспечение свободного демократического общественного строя.

В интересах самого предприятия для достижения его главной цели — успешного функционирования и развития — соблюдение этих внешних условий на практике означает некоторые добровольные ограничения.

Кроме основных целей организации (системы) может существовать разнообразие других второстепенных, обобщенных, соподчиненных целей (табл. 1.2).

Т а б л и ц а 1.2

#### ОРИЕНТАЦИЯ ЦЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ	Долгосрочные исследования и разработки на основе прогнозов, знаний и рационального мышления
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ	Установление трендов роста результативности и прибыльности при учете их полезности, ценности и практичности
ПОЛИТИЧЕСКАЯ	Удовлетворение и развитие потребностей общества, в котором движение цивилизации опережает их темпы
СОЦИАЛЬНАЯ	Создание атмосферы благоприятствования, привязанности, добрых человеческих отношений, направленных на увеличение прибыльности и конкурентоспособности
ЭСТЕТИЧЕСКАЯ	Создание художественной гармонии в организации, совершенствование дизайна, форм, качества
РЕЛИГИОЗНАЯ	Согласие, равновесие и устойчивость, этика и моральные устои в организации, семье и коллективе

РЫНОЧНАЯ	Развитие рынков, увеличение их доли в объеме продаж и предложений, влияние на спрос
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ	Увеличение и обеспечение максимального соответствия между входом и выходом ресурсов, между входным и выходным потенциалами операционных систем (мощности)
ЭФФЕКТИВНАЯ	Повышение прибыльности, дохода на инвестиционный капитал, размера платы дивидендов на акцию, отношения прибыли к объему продаж и т. п.
ФИНАНСОВАЯ	Улучшение структуры капитала и инвестиций, выпуска акций, движения денежных средств, оборотного капитала и т. п.
ИННОВАЦИОННАЯ	Разработка, покупка и использование инноваций в технике, технологии, информационных и управленческих системах
ТРУДОВАЯ	Повышение действительных, расчетных и производственных фондов. Уменьшение количества невыходов на работу, опозданий, жалоб. Организация институтов повышения квалификации, подготовка руководителей, разработка карт преемственности

### 1.2.1. Внутренняя среда предприятия

*Внутренняя среда* предприятия — это полный его состав и факторы, которые определяют его состояние во времени.

Ситуации, которые складываются в производственной системе, зависят от ее элементов и динамического изменения их параметров во времени. Любая производственная система — это организация, которая обеспечивает достижение поставленной цели. А цель можно рассматривать как конкретное конечное состояние этой системы по заданным прогнозируемым результатам по видам продукции, производимому количеству их, технико-экономическим показателям производства, конкурентоспособности продукции, величине ожидаемой прибыли и многим, многим другим параметрам. Достичь заданной цели весьма трудно, и ее достигаемость зависит от обеспечения определенного сочетания состояний внутренней и внешней сред предприятия (организации).

Взаимосвязи внутренней среды укрупненно зависят от применяемых технологий, организации производственного процесса, структуры управления и инфраструктуры производства, обеспечивающей сочетание его внешних ресурсов (рис. 1.6). Рациональные взаимосвязи внутренней среды производства могут быть достигнуты, прогнозируемы и управляемы на основе расчета и оценки изменения ее состояния во времени, например, при использовании теории надежности систем, теории массового обслуживания, динамического и линейного программирования и других методов. Задача резко усложняется, когда возникает необходимость в оценке состояния производства при учете совокупности влияния на него как внутренних, так и внешних факторов. Это происходит потому, что сама производственная система может усложняться на несколько порядков под влиянием факторов неопределенности.

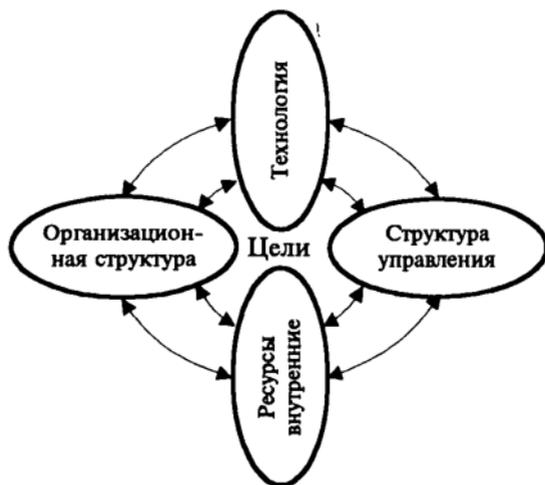


Рис. 1.6. Взаимосвязи внутренней среды предприятия

Под *неопределенностью* понимается неполнота или неточность информации об условиях реализации целей производства, включая затраты и результаты. Факторы неопределенности условно можно подразделить на три группы:

- неполнота информации, связанная с незнанием или малой изученностью внешней среды (состояния рынка, политики и экономики государства, предпринимательской деятельности и т. п.);

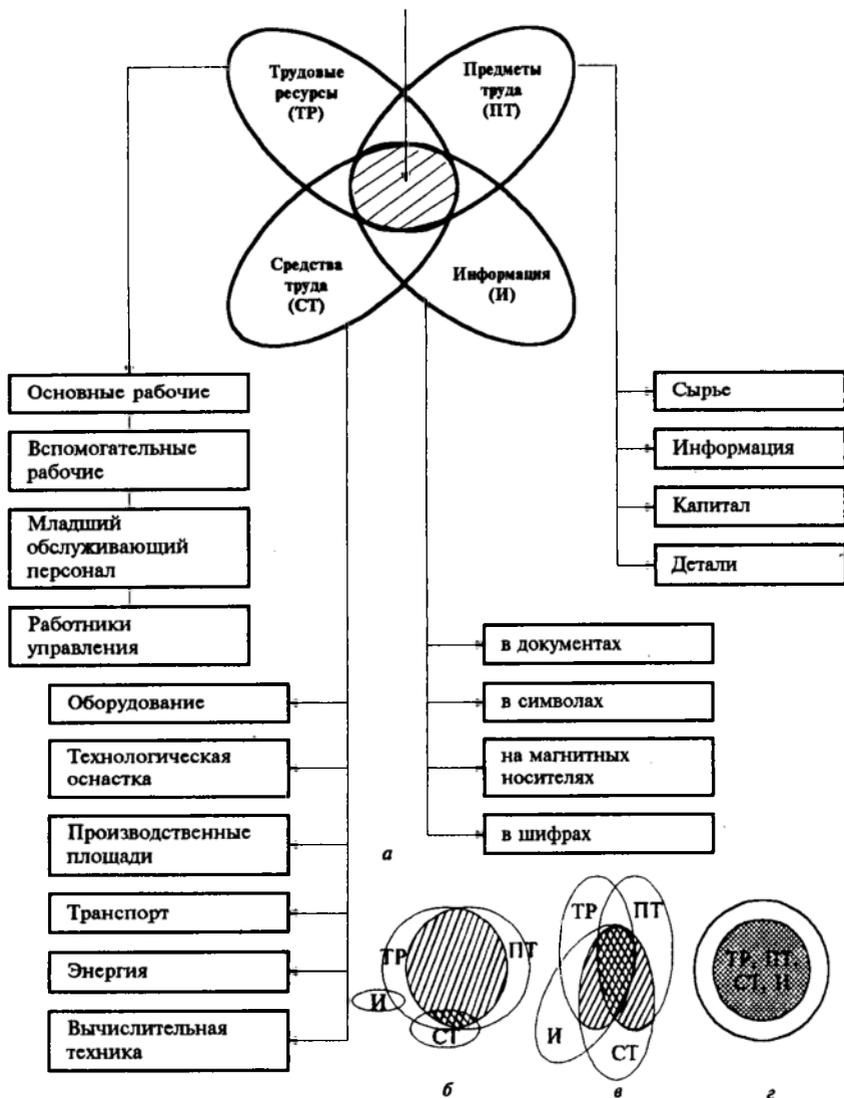
- наличие случайности в развитии каких-либо будущих событий в бизнесе;

- наличие противодействия со стороны рынка, предпринимателей, например конфликты между подрядчиком и заказчиком, нарушение обязательств по договору, изменение условий рынка и т. п.

Предвидеть тенденции развития факторов неопределенности, а под их влиянием состояния внутренней среды весьма трудно и, самое главное, сложно установить точность их проявления во времени. Поэтому учет эффектов, изменяющихся под влиянием факторов неопределенности, всегда связан с определенным риском: в одном случае — это потери существующих у предприятия ресурсов, недополучение доходов, в другом — возможность получения значительной выгоды. Следовательно, умелый расчет надежности производственной системы по техническим параметрам и точная оценка рисков экономической деятельности предприятия могут привести к возрастанию дохода, а ошибки в их прогнозе — вызвать значительные издержки. Оценку данных показателей целесообразно проводить по следующей рекомендуемой схеме: вначале, на первом этапе, определяется надежность производственной системы с установлением рациональных резервов, а затем, на втором этапе, рассчитывается допустимый уровень риска в экономических действиях предприятия с выбором эффективного управления рисками. На третьем этапе производится совмещение значимости надежности и уровня риска и определяются допустимые зоны работы предприятия при минимальных потерях производства.

Внутренняя среда предприятия — это ее организационное строение и ситуационные факторы внутри нее, которые обеспечивают рациональное и работоспособное сочетание четырех элементов производства: живого труда — людей, средств труда, предметов труда и полной информации, характеризующей их состояние (рис. 1.7).

## Производство



**Рис. 1.7. Схема взаимодействия элементов производства:**

*а* — в процессах; *б, в, г* — при выполнении операций с различной степенью совмещения элементов производства (*б* — ручные, *в* — машинные, *г* — автоматизированные).

Для того чтобы обеспечить указанные условия, внутренняя среда осуществляет определенный набор достаточных функций, позволяющих достичь намеченные цели (табл. 1.3).

Т а б л и ц а 1.3

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**

<b>КАДРОВАЯ ФУНКЦИЯ</b>	Обеспечение производственной и других сфер людскими ресурсами (найм, подготовка и переподготовка). Выполнение всех управленческих действий, связанных с социальной сферой: оплатой, благосостоянием и условиями найма
<b>ФИНАНСЫ И БУХГАЛТЕРСКИЙ УЧЕТ</b>	Денежные аспекты бизнеса, включая управление средствами (расход, изменение денежных масс), бухгалтерский учет — сбор, обработка и анализ финансовых данных
<b>ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕСУРСАМИ</b>	Осуществление и совершенствование системы материально-технического снабжения материалами и полуфабрикатами, машинами и энергетическими ресурсами
<b>ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФУНКЦИЯ</b>	Обеспечение функционирования производственного процесса в зависимости от цели производственной функции. Принятие решений в сфере технологий, организации, календарного планирования, создания запасов производства, а также контроля качества (все эти многочисленные задачи включены в оперативно-производственное управление)
<b>ФУНКЦИЯ РАЗВИТИЯ ПРОДУКТА И ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА (R&amp;D)</b>	Организация проведения исследований и развития процессов, разработка высоких технологий, компьютеризация (совершенствование организации процессов). Изучение долгосрочной динамики развития продукта, как основного фактора конкуренции на рынке, осуществление инновационной политики фирмы
<b>ФУНКЦИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА</b>	Развитие инструментального хозяйства, ремонтных служб и служб технологической оснастки с целью обеспечения рациональных сроков физического и морального износа технических систем

МАРКЕТИНГ	Особый вид деятельности по прогнозированию, осуществлению, выявлению и удовлетворению желаний потребителя. Выполнение этих функций для одного предприятия называют <i>микромаркетингом</i> , в целом для общества — <i>макромаркетингом</i> . При изучении поведения покупателя следует учитывать его социальные, психологические, культурные, образовательные, возрастные и многие другие факторы. Они определяют необходимость создания продукта, проблему поиска информации о нем, оценку альтернатив, принятия решения о покупке продукта и оценке качества при его эксплуатации
-----------	--

Оценка внутренней среды предприятия осуществляется в тех случаях, когда необходимо планировать производство, рассчитать элементы его потенциала, составить прогноз развития отдельных подсистем или системы в целом (табл. 1.4).

Таблица 1.4

## ОЦЕНКА ВНУТРЕННЕЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

МАРКЕТИНГ	Процесс выявления нужд потребителей, а также путей их удовлетворения
ФИНАНСЫ	Детальный анализ финансового состояния, направленный на выявление потенциальных возможностей организации
ПРОИЗВОДСТВО	Поиск ответов на вопросы: Можем ли мы производить товары и услуги по более низкой цене, чем конкуренты? Какова перспектива доступа к прогрессивным материалам? Подвержена ли продукция сезонным колебаниям? Можем ли мы войти в другие рынки? Каков контроль качества продукции? Какова эффективность процессов? Какие новые технологии применены?
ЛЮДСКИЕ РЕСУРСЫ	Характеристика типа сотрудников, компетентность и подготовка, конкурентная способность системы вознаграждения, преемственность руководящих должностей, потери ведущих специалистов и т. п.

КУЛЬТУРА, ИМИДЖ	Атмосфера и климат в организации, обычаи, нравы и ожидания, имидж организации как внутри, так и вне ее
РАЗНООБРАЗИЕ И КАЧЕСТВО ИЗДЕЛИЙ	Разнообразие товаров, высшее качество — высший спрос. (Какие виды благ востребуются потребителем?)
ДОЛЯ РЫНКА	Желаемая доля рынка, в процентах, к его общей емкости
РЫНОЧНАЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА	Рост населения по группам, объемы потребления, мода, направленность спроса
ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА	Разработка новых товаров и рынков. Изучение конкретных проблем маркетинга
ПРЕДПРОДАЖНОЕ И ПОСЛЕПРОДАЖНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КЛИЕНТОВ	Развитие методов сохранения лояльности клиентов: превосходное обслуживание всегда сохраняет высокие цены на товары. Изучение степени удовлетворенности клиента (Какие изменения хотел бы клиент видеть?)
ЭФФЕКТИВНЫЙ СБЫТ, РЕКЛАМА И ПРОДВИЖЕНИЕ ТОВАРА	Агрессивная, компьютерная группа сбытовиков может быть самым высоким достоянием организации
УСТАНОВЛЕНИЕ ЦЕНЫ	Разработка и слежение за равновесием спроса и предложения
ПРИБЫЛЬ	Постоянный контроль за издержками и прибылью — важнейший рычаг управления маркетингом

### 1.2.2. Внешняя среда предприятия

*Внешняя среда* предприятия — это силы, внешние по отношению к предприятию, которые воздействуют на его результативность. Она включает такие элементы, как потребители, конкуренты, правительственные учреждения, поставщики, финансовые организации, источники трудовых ресурсов, значимые и влияющие на операции внутренней структуры (рис. 1.8).

Внешняя среда может классифицироваться по ее свойствам, воздействию на внутреннюю среду и функциональным областям проявления (рис. 1.9, табл. 1.5).



**Рис. 1.8. Взаимосвязи внешней среды с внутренней средой предприятия**

**Таблица 1.5**

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

<p><b>СОЦИАЛЬНАЯ СРЕДА</b></p>	<p>Рост населения, развитие культуры, образования определяют характер растущего потенциального рынка; изменение потребностей в количестве и качестве потребляемых благ (продуктов, жилья, комфорта), изменение стиля жизни приводят к трансформации понятий занятости и отдыха, здорового образа жизни, комфорта жилья, а все вместе — мотивация для изменения производства благ и услуг</p>
<p><b>ПРАВОВАЯ СРЕДА</b></p>	<p>Все предприятия работают в юридических рамках, нормы права регулируют их поведение, на основе этих норм разрешаются споры, конфликты между ними и обществом в целом. Поэтому совершенствуются законы, развиваются контрактное право, защита потребителя и т. п.</p>

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СРЕДА	Государство в экономике может играть три различные роли: не вмешивается в процессы экономики (свободный рынок); радикально вмешивается в экономику (социализм и коммунизм); осуществляет прагматическое вмешательство, т.е. согласование политических воззрений, индивидуальной инициативы, прибыльной мотивации, рыночных сил (регулируемый рынок)
ПОЛИТИЧЕСКАЯ СРЕДА	Внутренний рынок находится под влиянием политических событий и решений, аналогично этому политические факторы могут сказываться на операциях в сфере международного бизнеса
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СРЕДА	Динамика спроса и предложения на рынке труда, ресурсов и финансов влияет на темпы инновационных процессов в технологии. Силы конкуренции стимулируют процесс развития технологий
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СРЕДА	Процессы производства продукции и услуг всегда находятся в конкретной связи с экономической средой: уровнем занятости, платежным балансом, темпами экономического роста
РЕСУРСНАЯ СРЕДА	Экономисты считают, что ресурсы, потребляемые человечеством, всегда ограничены. Этот принцип можно считать правильным, если речь идет о ресурсах. Если же используются высокие технологии и ресурсами являются квазичастицы и компоненты энергии, то можно утверждать, что ресурсы на земле неисчерпаемы. Проблемой производства является другой аспект: научиться получать неограниченное количество ресурсов, не нарушая при этом устойчивости параметров окружающей среды, которые определяют длительность нахождения человечества на Земле

В свою очередь, на состояние внешней среды оказывает влияние ряд факторов. *Анализ внешней среды* представляет собой процесс, осуществляя который можно установить влияющие на предприятие извне факторы, чтобы определить воз-

возможности и угрозы. Следовательно, при разработке стратегического управления установление динамики внешних факторов, уровня их нестабильности дает возможность описать ожидаемые перемены внешней среды. Она обычно описывается факторами или их агрегированными группами.

*Группа факторов направленности:*

**экономические:** темпы инфляции и дефляции, уровни занятости, платежный баланс (налоговые ставки, стабильность валюты);

**политические:** государственная политика, нормы, антитрестовская политика, налоги, условия кредитования, ограничения по найму рабочей силы, соглашения по тарифам и торговле;

**международные:** цены доступа к сырьевым ресурсам, изменения важнейших валютных курсов, деятельность иностранных картелей, защита против иностранных конкурентов, международная активность;

**социальные:** отношение к предпринимательству, роль женщин и национальных меньшинств, защита интересов потребителей, социальные установки;

**рыночные:** демографические условия, жизненные циклы изделий и услуг, проникновение в рынок, распределение доходов населения;

**конкурентные:** цели конкурентов, их стратегия, сильные и слабые стороны конкурентов, уровень конкуренции в отрасли;

**технологические:** научно-технический прогресс, проникновение на рынок высоких технологий и т. п.

*Группа факторов влияния:*

**географический характер:** особенности потребления товаров и услуг, удаленность рынков, демография;

**общественно-политические условия:** политическая система, миссия существования предприятия, его защита, воздействие общества на рынок;

**государственное влияние:** управление на основе власти и влияния;

**товарные рынки:** открытость сырьевых ресурсов, типы рынков и условия их функционирования.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПО ЕЕ СВОЙСТВАМ И СРЕДАМ ВОЗДЕЙСТВИЯ



## КЛАССИФИКАЦИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ОБЛАСТЯМ

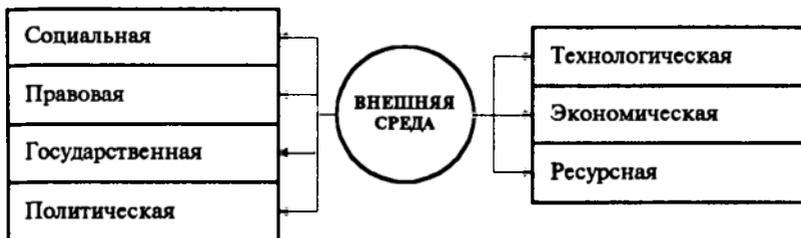


Рис. 1.9. Классификация внешней среды

Внешняя среда может оцениваться по параметрам:

- аспекты и воздействия на текущую стратегию;
- факторы угрозы текущей стратегии и контроль деятельности конкурентов;
- области максимальных возможностей;
- перечень внешних опасностей и возможностей.

Обычно внешняя среда характеризуется:

*взаимосвязанностью факторов* — уровнем влияния одного фактора на другие;

*сложностью* — совокупностью факторов, которые оказывают значимое влияние на внутреннюю среду предприятия;

*подвижностью* — скоростью, с которой происходит ее изменение;

*неопределенностью* — функцией полноты информации о состоянии среды;

*прямым действием на внутреннюю среду* — влиянием поставщиков материалов, капитала, трудовых ресурсов; законов и государственных органов; потребителей; конкурентов; состояния рынков;

*косвенным действием на внутреннюю среду* — отражением на ее результатах новых технологий, состояния экономики, социально-культурного уровня, политики государства и отношений с местным населением.

Особое внимание уделяется *нестабильности* внешней среды, так как любое ее изменение оказывает влияние на внутреннюю среду организации и требует изменения состояния, связанного с дополнительными издержками (табл. 1.6). Нестабильность внешней среды может характеризоваться привычностью (известностью) событий, темпами их изменения и предсказуемостью будущего.

Таким образом, изменение состояния внешней среды влияет на состояние внутренней среды предприятия, и наоборот, изменение внутренней среды может повлиять на динамику параметров внешней среды.

Таблица 1.6

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕСТАБИЛЬНОЙ СРЕДЫ

Характеристика	Степень усиления нестабильности среды, баллы (шкала И. Ансоффа)			
	Стабильность	Реакция на перемены	Предвидение	Исследование
Первичность (известность) события	Первичные	В пределах экстраполяции опыта	Неожиданные, не имеющие полного аналога	Неожиданные и совершенно новые
Темп изменений	Медленнее, чем решения предприятия	Сравнимый с реакцией предприятия	Быстрее, чем реакция предприятия	Творчество
Предсказуемость	По аналогии с прошлым	Путем экстраполяции	Предсказуемые, серьезные проблемы и новые возможности	Частичная предсказуемость по слабым сигналам или сигналы неопределенности
Методы решений	На основе экстраполяции			
	Предвидение изменений Экспертные решения			

### 1.2.3. Производственно-техническая среда предприятия

Базовой основой внутренней среды предприятия является производственно-техническая система.

Производственно-техническая система по своей структуре и составу может изменяться в широких пределах, и эти изменения зависят от вида и объема выпускаемой продукции и услуг. Такие системы могут быть самыми простыми и состоять из одного-двух агрегатов, а могут быть весьма сложными, занимать большие производственные площади и состоять из сложных автоматов и автоматизированных линий. Но все они по своему составу характеризуются определенными блоками и в любом случае имеют внешнюю и внутреннюю среду. А внутренняя среда, в свою очередь, базируется на производственно-технической системе.

Основой производственно-технической системы является производственный процесс, который рассматривается как операционная система по схеме «производство — операция».

Теория операций — это выявление закономерностей законченных действий или ряда связанных между собой действий, направленных на решение определенных задач, достижение целей.

*Эффективность операции* — это рыночная стоимость производственных «выходов» системы, деленная на общие затраты организации, израсходованные на «входы».

*Операционная система* — основное звено производственного бизнеса, которое и является объектом управления. Операционная система представляет собой естественные условия целесообразной деятельности людей, объединенных одной целью. Поэтому операционной функцией являются те действия, которые обеспечивают выпуск «выходов» — товаров и услуг.

Производственно-операционная система состоит из перерабатывающей подсистемы, подсистемы обеспечения и подсистемы управления (рис. 1.10). Элементы производства подразделяются на четыре категории: трудовые ресурсы; орудия и средства производства; материальные ресурсы; финансовые и информационные ресурсы. Каждый из этих элементов представляет собой крупную интеграцию, состоящую из множества образующих, которые, в свою очередь, дифференцируются на еще более мелкие группировки. Например, орудия и средства производства состоят из отдельных видов машин, зданий, кранов,

материальные ресурсы — из материалов, полуфабрикатов, трудовые ресурсы — из рабочих и управленцев различной квалификации, финансовые ресурсы — из денежных средств, акций и других ценных бумаг, информация — из документов.

Для того чтобы создать работоспособную операционную систему, позволяющую выполнять целенаправленные операции с развитием их в пространстве и во времени, необходимо, во-первых, рассчитать и создать организационную модель операционной системы с расстановкой и взаимоувязкой необходимого количества производственных элементов по каждой операции, во-вторых, обеспечить функционирование операционной системы с максимальной надежностью. **Ф у н к ц и о н и р о в а н и е** — это движение системы во времени при переменных величинах множества функций, зависящих от конкретных ситуаций производства. Сложность задачи заключается в том, что операционная система всегда функционирует в условиях неопределенности (с различной степенью вероятности развития производственных ситуаций) (табл. 1.7). Производственный менеджмент направлен на развитие операционной системы без значительных отклонений от намеченного пути достижения цели. Чтобы обеспечить такие функции, требуется динамически изменяемая (совместно с преобразованием операционной системы) подсистема, объектом управления которой является производственный процесс (табл. 1.8).

Любая отрасль материального производства имеет свои особенности, но все они базируются на определенных общих **п р и н ц и п а х**:

- чередование подвижных и неподвижных форм состояния элементов производства с возможным перемещением отдельных предметов, орудий и живого труда;
- изменение длительности технологических процессов;
- неопределенность сочетания операций в пространстве и во времени ;
- сложность и комплексность структуры;
- динамичность и гибкость производственных систем;
- совокупность взаимосвязей внешней и внутренней среды производства;
- определенность инфраструктуры в зависимости от вида производства;
- сочетание различных форм разделения общественного труда.

Основные положения организации промышленного производства:

- кооперация труда как совместное участие людей в производстве;



Рис. 1.10. Структура производственно-операционных систем

Таблица 1.7

## ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ

ПО СОВОКУПНОМУ СПРОСУ	Объем производства устанавливается в пределах совокупного спроса на продукт и услуги с измерением нескольких видов изделий в затратах или в часах работы оборудования
ПО ЗАВИСИМОМУ СПРОСУ	Предмет имеет зависимый спрос, если его использование взаимосвязано с планами производства других, дополняющих друг друга по загрузке систем товаров и услуг
ПО НЕЗАВИСИМОМУ СПРОСУ	Производство и спрос автономны по каждому виду изделий и услуг
ПО СТРАТЕГИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	<p>При стратегии <i>постоянный объем производства при постоянной численности рабочей силы</i> объем выпуска продукции имеет постоянное значение и независим от колебания спроса. Разницу между объемом совокупного спроса и объемом производства компенсируют увеличением или уменьшением запаса производственной продукции или портфеля отложенного спроса покупателя. Такая стратегия предпочтительна в капиталоемких производствах с относительно низкими удельными затратами на хранение продукции.</p> <p>При стратегии <i>переменный объем выпуска при постоянной численности рабочей силы</i> объем выпуска изменяется в зависимости от совокупного спроса при сохранении численности работающих. Отклонение объема производства при постоянной численности рабочей силы регулируется организацией сверхурочной работы и предоставлением отгулов за отработанное время или передачей изготовления продукции субподрядчикам. На этих принципах основана работа в трудоемких системах, а также в системах, обслуживаемых высококвалифицированными операторами.</p> <p>При стратегии <i>переменный объем выпуска при переменной численности рабочей силы</i> применяется метод найма и увольнения работающих. Принцип получил развитие при сезонности выполнения работ, миграции рабочей силы и т. п.</p>

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

<p>ПО РОЛИ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ</p>	<p><i>Основные</i>, направленные на изменение характеристик предметов труда (свойств, геометрических форм, качества поверхности) и придание им свойств готовых продуктов;</p> <p><i>вспомогательные</i>, создающие условия для нормального хода основного процесса производства путем изготовления вспомогательных продуктов (бумага, пар, оснастка и т. п.);</p> <p><i>обслуживающие</i>, не создающие нового продукта, но способствующие развитию и движению основных и вспомогательных подсистем (контрольные операции, транспорт, хранение и т. п.);</p> <p><i>управленческие</i>, обеспечивающие сбор, обработку и анализ информации, принятие управленческих решений, регулирование процессов</p>
<p>ПО ФОРМАМ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРУДА</p>	<p><i>Специализация</i> — закрепление продукта за определенными операционными системами: технологическая — на основе единичных технологий при разнообразии продуктов; <i>подетальная</i> — на основе выпуска определенного вида продукции широкого использования (краски, бумага, рубероид и т. п.); <i>предметная</i> — на основе выпуска готового предмета (автомобиль, дом и т. п.);</p> <p><i>кооперация</i> — выпуск продукции из деталей, материалов, полуфабрикатов, выпускаемых и поставляемых отдельными, независимыми организациями;</p> <p><i>комбинирование</i> — выпуск разнообразной продукции на основе одного или группы материалов (например, на основе цемента — вяжущие, смеси, шифер, оргалит и т. п.);</p> <p><i>концентрация</i> — продукция с различным объемом выпуска (крупные, средние и мелкие предприятия и фирмы)</p>

ПО ХАРАКТЕРУ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРЕДМЕТ ТРУДА	Использование условий <i>естественной среды</i> при обработке материалов (влажность, температура); использование <i>искусственных условий</i> для воздействия на предмет труда (технологическое воздействие — механическое, физико-механическое, сборочно-монтажное, консервационное)
ПО ХАРАКТЕРУ ВЫПОЛНЯЕМЫХ ОПЕРАЦИЙ	<i>Аналитические</i> — производство построено на основе расчленения комплексного сырья на различные виды продукта (нефть — на бензин, керосин и т. п.); <i>синтетические</i> — процесс получения связан с соединением полуфабрикатов в единый продукт; <i>прямые</i> — создание из одного вида материалов одного вида полуфабриката или продукта
ПО СТЕПЕНИ НЕПРЕРЫВНОСТИ	<i>Непрерывные</i> и <i>дискретные</i> (прерывные) процессы с использованием вертикального и горизонтального транспорта, конвейеров, подъемников и т. д.
ПО УРОВНЮ МЕХАНИЗАЦИИ	<i>Ручные</i> процессы, выполняемые без применения машин, механизмов и механизированного инструмента (сборка часов, покраска стен кистью); <i>машинно-ручные</i> , выполняемые рабочими с применением средств механизации (обработка деталей на станке); <i>машинные</i> , осуществляемые на машинах, станках при ограниченном участии оператора (обслуживание одним рабочим нескольких станков); <i>автоматизированные</i> , осуществляемые на станках-автоматах; <i>комплексно-автоматизированные</i> , в которых наряду с автоматическим производством существует автоматическое управление

- концентрация орудий труда и собственно труда, т. е. сосредоточение их на отдельных технологических процессах;
- качественное расчленение процессов на отдельные операции с целью их механизации и автоматизации;

- параллельное и непрерывное осуществление производственного процесса.

Претворение принципов в производственную практику требует системного подхода, учета результатов единства теории и практики, динамического, вариантного и балансового подходов в изучении и принятии организационно-управленческих решений.

Особое внимание уделяется путям интенсификации использования ресурсов и элементов производства.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Можно ли производственные предприятия рассматривать как систему? Если да, то почему?
2. Чем можно характеризовать производственные системы?
3. Что такое внутренняя структура (среда) организации, чем она характеризуется и каков ее состав?
4. Перечислите характерные черты и состав внешней среды организации. Каковы их особенности?
5. Под действием каких факторов происходит трансформация потенциала внутренней среды во времени?
6. Отметьте влияние экономических эффектов на жизненный цикл производственной системы.
7. Каковы компоненты подсистем производства?
8. Является ли технология наиболее важной внутренней переменной?
9. Приведите примеры организационных моделей внутренней среды организации.
10. Дайте определение таких свойств системы, как мобильность и гибкость.

## КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

*Системотехника объединяет точки зрения, подходы и методы при проектировании сложных систем.*

*Н. Бусленко*

Системный и комплексный анализ производственного процесса (предприятия) связан с их комплексной оценкой. Поэтому перед началом анализа целесообразно выделить значимые факторы, влияющие на эффективность производства, и выявить резервы, которые можно использовать.

**Факторы** — это совокупность элементов и причин, которые влияют на изменение управляемого показателя, принимаемого за критерий. Факторы классифицируются в зависимости от цели и задач анализа. Если намечается анализ эффективности производственного процесса под влиянием внешних и внутренних факторов, то их можно представить в виде трехзвенной структуры (рис. 2.1.). Если же анализ проводится с целью выявления резервов, интенсифицирующих производственный процесс, то факторы подразделяют на две группы: экстенсивные и интенсивные (рис. 2.2). Группировка факторов изменится при постановке других задач анализа. После отбора факторов, оценки их значимости и классификации по группам и уровням можно переходить к анализу конкретных задач производства.

### 2.1. Оценка интенсивности и эффективности производства

Комплексная оценка интенсивности производства сводится к сопоставлению показателей производственных и финансовых ресурсов.

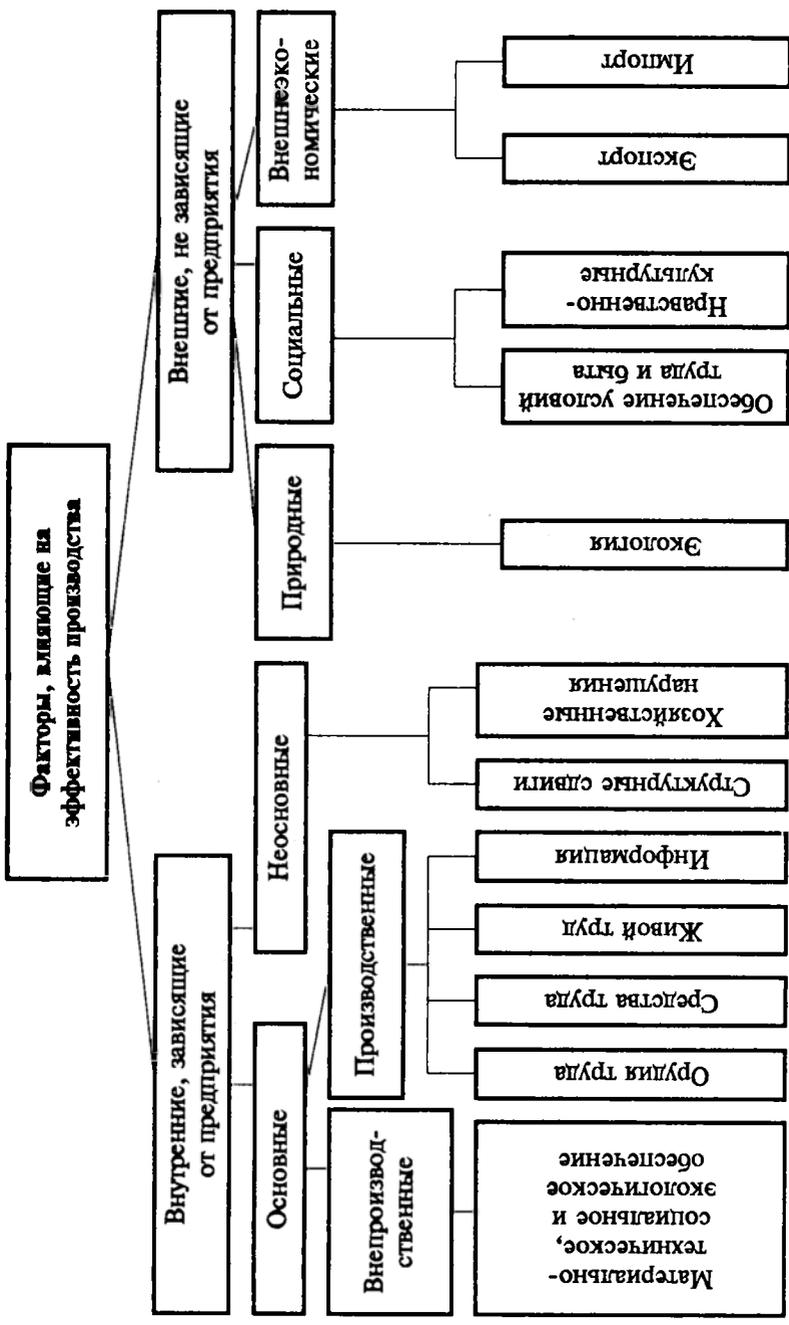


Рис. 2.1. Классификация внешних и внутренних факторов, влияющих на эффективность производства

**Факторы развития производства**



**Рис. 2.2. Классификация факторов экстенсивного и интенсивного развития производства**

К показателям экстенсивного развития относятся количественные характеристики:

- численность работающих  $\Pi$ ;
- расход предметов труда  $M$ ;
- величина амортизации  $A$ ;
- объем основных производственных фондов  $F$ ;
- нормированные оборотные средства  $E$ ;
- фонд оплаты труда  $V$ .

К показателям интенсивного развития относятся качественные показатели использования ресурсов:

- производительность труда или трудоемкость  $V/N$ ;
- материалотдача или материалоемкость  $M/N$ ;
- фондоотдача или фондоемкость  $F/N$ ;
- уровень запасов оборотных средств  $E/N$ ;
- прибыль  $P$ .

Комплексный показатель интенсификации производства при его объеме  $N$  может быть выражен несколькими соотношениями: по уровню общей  $Y_p$  и удельной  $Y'_p$  рентабельности:

$$Y_p = \frac{P}{F + E}; \quad Y'_p = \frac{P/N}{F/N + E/N};$$

по обратной величине уровня удельной рентабельности:

$$Y''_p = \frac{1 - P/N}{F/N + E/N} = \frac{1 - (V/N + M/N + A/N)}{F/N + E/N}.$$

Пример комплексного анализа интенсификации производства представлен в табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2.1

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА \***

Вид ресурсов	Коэффициент динамики качественных показателей	Прирост ресурсов на 1% прироста продукции, %	Доля влияния на 100% прироста продукции, %		Экономия ресурсов, тыс. руб.
			экстенсивности	интенсивности	
Производственный персонал					
а)	1,045	0,061	+6,1	+93,9	-466
б)	1,021	0,571	+57,1	+42,9	-206

\* Источник: Бакаев М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа — М.: Финансы и статистика, 1997. — С. 277.

Материальные затраты	1,007	0,857	+85,7	+14,3	-353
Основные производственные фонды	0,993	1,164	+116,3	-16,2	+588
Оборотные средства	1,034	0,306	+30,6	+69,4	-550
Комплексная оценка всесторонней интенсификации	1,003	0,929	+92,9	+7,1	-521

## 2.2. Анализ производства и реализации продукции

Продукция производства выражается в натуральных, условно-натуральных и стоимостных измерителях\*.

Показателями промышленной продукции являются:

*валовая продукция* — это стоимость в сопоставимых ценах всей продукции, работ и услуг, включая незавершенное производство;

*товарная продукция* — это стоимость в сопоставимых ценах всей продукции и услуг без учета незавершенного производства и внутрихозяйственного оборота;

*объем реализации продукции* — определяется в действующих ценах (оптовых, договорных); включает стоимость реализованной продукции, отгруженной и оплаченной покупателями;

*номенклатура* — перечень наименований изделий и их кодов, установленных для соответствующих видов продукции в классификаторе промышленной продукции;

*ассортимент* — перечень наименований продукции с указанием ее объема по каждому виду. Он бывает полный, групповой и внутригрупповой.

Анализ производства обычно осуществляется по следующим показателям.

\* Источник: Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. — М.: Эксперспектива, 1997.

По динамике продукции. Расчет динамики товарной или валовой продукции проводится путем сопоставления результатов за несколько лет (табл. 2.2.)

Т а б л и ц а 2.2

ДИНАМИКА ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Год	Товарная продукция в сопоставимых ценах, млн руб.	Темпы роста, %	
		базисные	цепные
1991	90 000	100	100
1992	92 400	102,7	102,7
1993	95 800	106,4	103,6
1994	94 100	104,5	98,2
1995	100 800	112,0	107,1

Среднегодовой темп роста (прироста) можно рассчитать по среднегеометрической или среднеарифметической взвешенной. Исчисляем его по среднегеометрической:

$$\bar{T} = \sqrt[n]{T_1 T_2 T_3 T_4 T_5} = \sqrt[5]{1,0 \cdot 1,027 \cdot 1,036 \cdot 0,982 \cdot 1,071} = \sqrt[5]{1,12} = 1,0287 = 102,87\%.$$

$$\bar{T}_{\text{пр}} = 102,87 - 100 = 2,87\%.$$

В приведенном примере за пять лет объем производства товарной продукции увеличился на 12%. Среднегодовой темп прироста составляет 2,87%.

По ассортименту продукции. Выполнение задания по ассортименту может оцениваться:

по способу наименьшего процента (табл. 2.3.);

по удельному весу в общем перечне наименований изделий выпущенной продукции;

с помощью среднего процента, который рассчитывается путем деления общего фактического выпуска продукции в пределах задания на общий выпуск продукции.

Т а б л и ц а 2.3

## ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ ПО АССОРТИМЕНТУ

Изделие	Товарная продукция в плановых ценах, тыс. руб.		Выполнение задания, %	Товарная продукция по ассортименту, тыс. руб.
	задание	факт		
А	28800	25200	87,5	25200
В	33600	33264	99,0	33264
С	19200	22176	115,5	19200
Д	14400	20160	140,0	14400
Итого	96000	100800		92064

По структуре продукции. Производственные процессы загружаются во времени неравномерно, в том числе и из-за изменения видов работ и видов продукции. Колебания в структуре продукции приводит к изменению объема товарной продукции (табл. 2.4.)

Т а б л и ц а 2.4

## АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Изделие	Оптовая цена, руб.	Объем производства продукции, тыс. руб.		Объем товарной продукции в плановых ценах, тыс. руб.		Изменение объема товарной продукции за счет структуры, тыс. руб.
		задание	факт	задание	факт	
А	500	57600	50400	28800	25200	-4350
В	600	56000	55440	33600	33264	-1211
С	700	27430	31680	19200	22176	+2476
Д	750	19200	26880	14400	20160	+5385
Итого	—	160230	164400	96000	100800	+2300

**По качеству продукции.** Качество продукции значительно влияет на спрос и цену продукции, а следовательно, и на эффективность производства. *Качество продукции* — это совокупная характеристика параметрических, эксплуатационных, потребительских, технологических, дизайнерских свойств изделия, уровня его стандартизации и унификации, надежности и долговечности. Различают обобщающие, индивидуальные и косвенные показатели качества продукции. При оценке качества продукции определяют:

*средний коэффициент сортности*, представляющий собой отношение количества продукции I сорта к общему количеству или отношению стоимости продукции всех сортов к возможной стоимости продукции по цене I сорта (табл. 2.5):

$$K_{\text{сорт}} = \frac{\sum(V_i C_i)}{V_{\text{общ}} C_{\text{I сорта}}}$$

Т а б л и ц а 2.5

#### АНАЛИЗ СОРТНОСТИ ПРОДУКЦИИ

Сорт продукции	Цена, руб.	Выпуск продукции, тыс. руб.		Стоимость выпуска, тыс. руб.			
		заданіе	факт	заданіе	факт	по цене I сорта	
						заданіе	факт
I	600	28800	35280	17280	21168	17280	21168
II	500	17280	10080	8640	5040	10368	6048
III	250	11520	5040	2880	1260	6912	3024
<b>Итого</b>	—	57600	50400	28800	27468	34560	30240

*Влияние сортности на стоимостные показатели* оценивается путем расчета. Если  $\Delta TP$  — товарная продукция,  $\Delta B$  — выручка от реализации продукции,  $\Delta П$  — прибыль от реализации продукции, то расчет производится следующим образом:

$$\Delta TP = (C_1 - C_0) K_i;$$

$$\Delta B = (C_1 - C_0) VP\Pi_i;$$

$$\Delta П = [(Ц_1 - Ц_0) ВРП_1] - [(С_1 - С_0) ВРП_1],$$

где  $Ц_0$  и  $Ц_1$  — соответственно цена изделия до и после изменения качества;  $С_0$  и  $С_1$  — себестоимость изделия до и после изменения качества;  $К_1$  — количество произведенной продукции повышенного качества;  $ВРП_1$  — объем реализации продукции повышенного качества.

*Средневзвешенная цена* рассчитывается по формулам:

$$\bar{Ц}_{пл} = \frac{\sum (K_{плi} Ц_{плi})}{\sum K_{плi}};$$

$$\bar{Ц}_{ф} = \frac{\sum (K_{фi} Ц_{плi})}{\sum K_{фi}}.$$

Результаты расчета на условном примере приведены в табл. 2.6.

Т а б л и ц а 2.6

**ВЛИЯНИЕ СОРТОВОГО СОСТАВА ПРОДУКЦИИ  
НА ВЫПУСК ИЗДЕЛИЯ А В СТОИМОСТНОМ ВЫРАЖЕНИИ**

Сорт продук- ции	Цена, руб.	Структура продукции, %			Изменение средней цены за счет структуры, руб.
		задание	факт	изменение	
I	600	50	70	+20	+120
II	500	30	20	-10	-50
III	250	20	10	-10	-25
<b>Итого</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>+45</b>

По выполнению договорных обязательств. На финансовое состояние предприятия оказывают влияние выполнение договорных обязательств и реализация продукции.

*Анализ реализации по отгрузке товарной продукции:*

$$ГП_n + ТП = РП + ГП_k;$$

$$РП = ГП_n + ТП - ГП_k,$$

или после оплаты отгруженной продукции:

$$ГП_{н} + ТП + ОТ_{н} = РП + ОТ_{к} + ГП_{к};$$

$$РП = ГП_{н} + ТП + ОТ_{н} - ОТ_{к} - ГП_{к},$$

где  $ГП_{н}$ ,  $ГП_{к}$  — остатки готовой продукции на складах соответственно на начало и конец периода;  $ТП$  — стоимость выпуска товарной продукции;  $РП$  — объем реализации продукции за отчетный период;  $ОТ_{н}$ ,  $ОТ_{к}$  — остатки отгруженной продукции на начало и конец периода, неоплаченные покупателями.

Расчет реализации продукции сведен в табл. 2.7.

Т а б л и ц а 2.7

#### АНАЛИЗ ОБЪЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ

Показатель	План	Факт	Изменение
1. Остаток готовой продукции на начало года, тыс. руб.	650	400	-250
2. Выпуск товарной продукции, тыс. руб.	96000	100800	+4800
3. Остаток готовой продукции на конец года, тыс. руб.	800	900	+100
4. Отгрузка продукции за год (п.1 + п.2 - п.3), тыс. руб.	95850	100300	+4450
5. Остаток товаров, отгруженных покупателям, тыс. руб.:			
5.1. на начало года	2900	3200	+300
5.2. на конец года	3500	6900	+3400
6. Реализация продукции (п.4 + п.5.1. - п. 5.2.), тыс. руб.	95250	96600	+1350

Из табл. 2.7 видно, что реализация продукции по объему превысила прогнозируемую величину за счет остатков товаров прошлых периодов. Отрицательное влияние на объем продаж оказали следующие факторы: уменьшение остатков готовой продукции на складах предприятия на начало года и увеличение их на конец года, а также рост остатков отгруженных товаров.

При анализе выполнения договорных обязательств особое внимание следует обращать на выполнение обязательств по кооперированным поставкам и по экспорту продукции (табл. 2.8.)

Т а б л и ц а 2.8

**АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОГОВОРНЫХ  
ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ЗА ГОД, ТЫС РУБ.**

Период	Договор поставки продукции		Недоставка продукции		Выполнение договора, %	
	за месяц	с начала года	за месяц	с начала года	за месяц	с начала года
Январь	7500	7500	-300	-300	96,0	96,0
Февраль	7800	15300	-100	-400	98,7	97,4
Март	800	23300	-800	-1200	90,0	94,8
...	...	...	...	...	...	...
Декабрь	9500	95850	-	-4800	100,0	95,0

## 2.3. Анализ ритмичности производства

Координирование во времени и в пространстве производственных процессов требует применения специальных календарно-плановых нормативов и методов. Основной задачей оперативно-производственного планирования и регулирования производства является обеспечение ритмичной работы предприятия.

*Ритмичность работы* — это необходимое условие наиболее полного использования производственной мощности предприятия, оборудования, сырья, материалов, топлива, энергии и живого труда. Ритмичность работы предприятия оценивается равномерностью выпуска продукции во времени. Данные условия могут быть достигнуты при четком материально-техническом снабжении, своевременной технологической подготовке, рациональном ремонте и использовании оборудования, умелой организации производства и труда, хорошей под-

готовке и использовании квалифицированных кадров, правильном планировании и оперативном управлении. Любые нарушения в качественном и количественном соотношении между этими факторами и внутри их обязательно вызывают срыв ритмичности производства. Неравномерная, неритмичная работа вызывает значительные производственные потери, простой оборудования и рабочих, снижение производительности труда и качества продукции. Это ухудшает технико-экономические показатели работы предприятия и его финансовое положение, повышает себестоимость выпускаемой продукции.

При малосерийном производстве и разнохарактерной продукции требуются обоснование и выбор параметров многопредметных линий и условий их организации (определение такта линии, программы запуска изделий, рациональное распределение заказов по технологическим линиям, расчет комплекта изделий и т.п.).

Для оценки стабильности показателей производственной деятельности используется коэффициент равномерности

$$K_p = 1 - \sum_{i=1}^n |P_{отг}| / (P_{пл}i^n),$$

где  $P_{пл}$ —плановый параметр (например, программа запуска изделий, шт.) производственной деятельности за  $i$ -й период времени;  $P_{отг}$ —отклонения (по абсолютным величинам) от плановых параметров, шт.;  $n$ —число периодов времени в общем плановом периоде.

Рис. 2.3 иллюстрирует отклонения от задания фактического выпуска продукции за месяц работы цеха. В данном случае (см. рис. 2.3, а)

$$K_p = 1 - \frac{3 + 5 + 6 + 2 + 10 + 5 + 3 + 8 + 5 + 3 + 6 + 2}{45 \cdot 25} = 0,949.$$

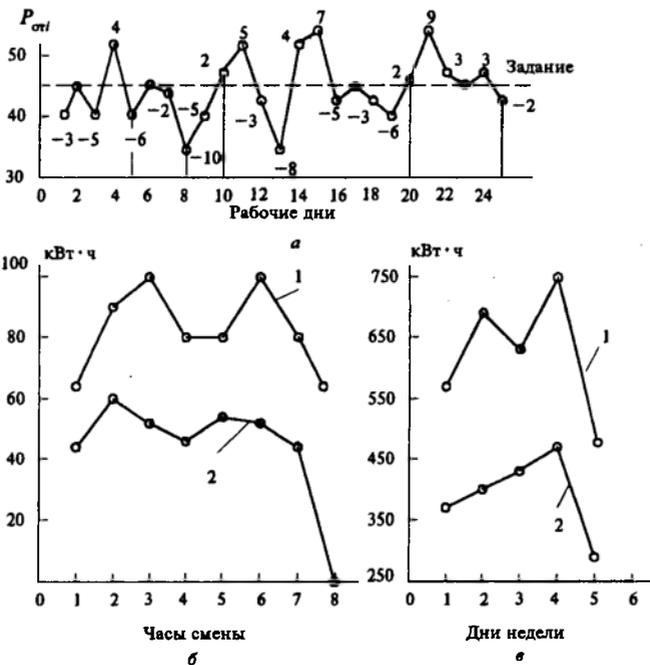
Равномерность потребления электроэнергии можно проанализировать по рис. 2.3, б, в.

Оперативно-производственное планирование обеспечивает распределение заданий техпромфинплана по коротким отрезкам времени (месяц, неделя или декада, сутки, смена, часы); доведение заданий в виде графиков, таблиц, матриц до непосредственных исполнителей.

На предприятиях применяются следующие методы оперативно-производственного планирования: заказной, подетальный и комплектный.

*Заказной метод* планирования применяется при индивидуальных заказах на продукцию. В этом случае на каждый заказ устанавливается определенный план работ для отдельных цехов и линий, а в процессе разработки заказа—возможность и сроки его выполнения на существующих линиях.

*Подетальный метод* планирования используется при узкоспециализированном производстве, когда завод выпускает изделия сериями и в большом количестве.



**Рис. 2.3. Отклонения производственных параметров:**  
*a* — выпуск продукции за месяц; *б, в* — потребление  
 силовой электроэнергии цехом соответственно в течение смены и недели;  
 1 — в первую смену; 2 — во вторую смену

*Комплектный метод* планирования используется при предметной специализации предприятия. Сущностью этого метода является то, что за основу планирования принимается комплект изделий с учетом очередности и порядка изготовления.

При оперативно-календарном планировании решаются следующие задачи: разработка плановых заданий для отдельных цехов и линий; определение программы запуска и выпуска изделий по отдельным цехам и переделам; установление рационального распределения заказов по технологическим линиям; установление рациональной загрузки оборудования; расчет комплекта изделий и конструкций; определение последовательности изготовления изделий на линии; определение производительности многопредметных линий.

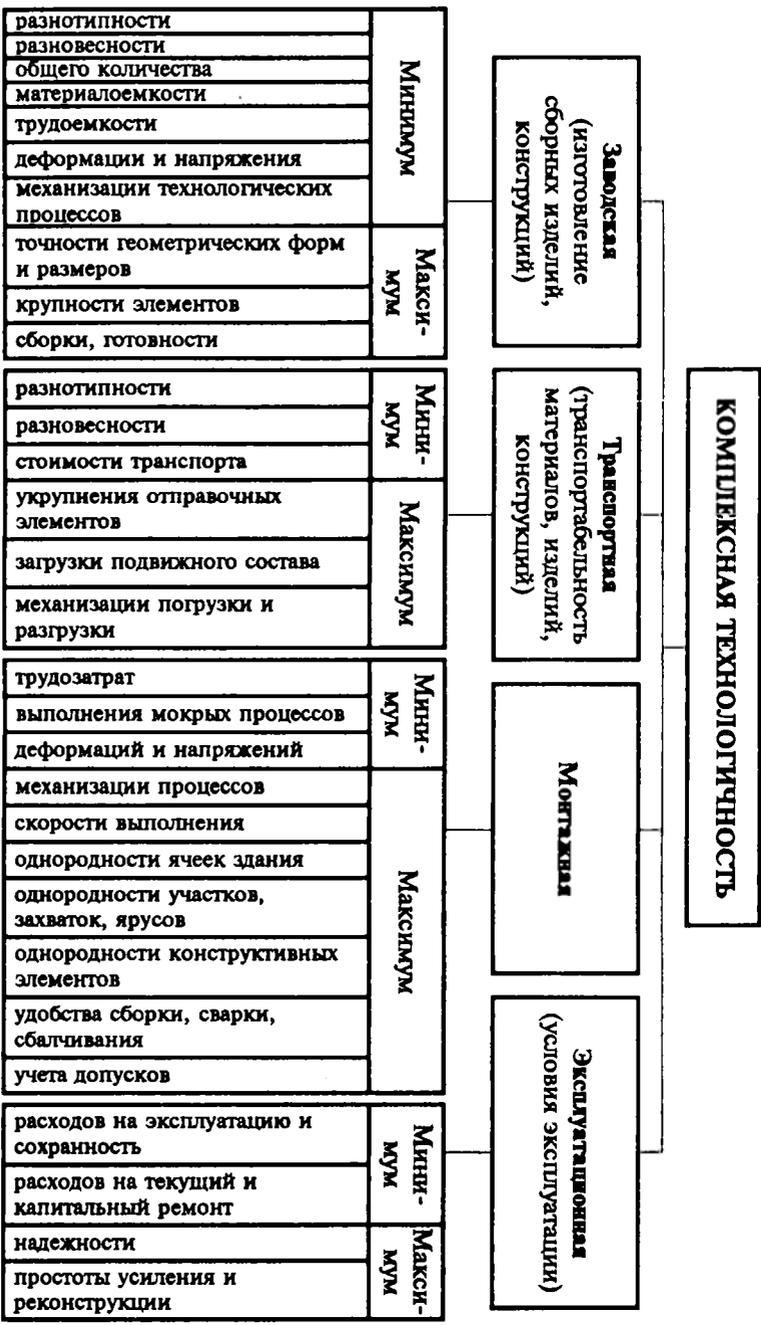
## 2.4. Анализ изделия (объекта) на технологичность

Под *технологичностью* понимается совокупность свойств и признаков конструктивных решений изделия (объекта), позволяющих применить рациональные технологии для его изготовления, транспортирования и эксплуатации. Поэтому при анализе изделий, подготовленных к изготовлению, последовательно определяют:

*комплексную технологичность* изделия (объекта), характеризующую соответствие его технических свойств требованиям комплекса параметров технологии и организации производства, потенциала предприятия и условиям эксплуатации продукции. Этот вид технологичности является комплексной характеристикой взаимосвязи и технического уровня проекта, комплектации и транспортирования, производства изделия и его эксплуатации (рис. 2.4);

*заводскую технологичность* изделия (объекта), которая является составной частью его комплексной технологичности и характеризует соответствие технического уровня проекта состоянию рациональных мощностей, технологии и организации заводского изготовления с минимальными затратами;

*транспортную технологичность*, которая является составной частью комплексной технологичности изделия и характеризует соответствие технического уровня проекта организационно-технологическому состоянию транспортной подсистемы, обеспечивающей рациональную поставку комплектов изделий, полуфабрикатов и конструкций с минимальными затратами;



**Рис 2.4. Общая схема обработки изделий (объектов) на технологичность**

*монтажную технологичность* объекта, являющуюся составной частью его комплексной технологичности. Она характеризует соответствие технического уровня проекта организационно-технологическому состоянию предприятия с минимальными затратами производства;

*эксплуатационную технологичность* изделия (объекта), которая характеризует соответствие технического уровня проекта рациональным, с минимальными затратами, условиям его эксплуатации.

Система технических показателей, характеризующих степень технологичности изделия (объекта), должна отвечать следующим требованиям (рис. 2.5):

- описывать основные признаки анализируемого изделия (объекта) по каждому состоянию производства (проектирование, изготовление, транспортирование, монтаж);
- создавать единую совокупность, обеспечивающую функциональную взаимосвязь и сопоставимость между показателями технологичности и критериями оценки.

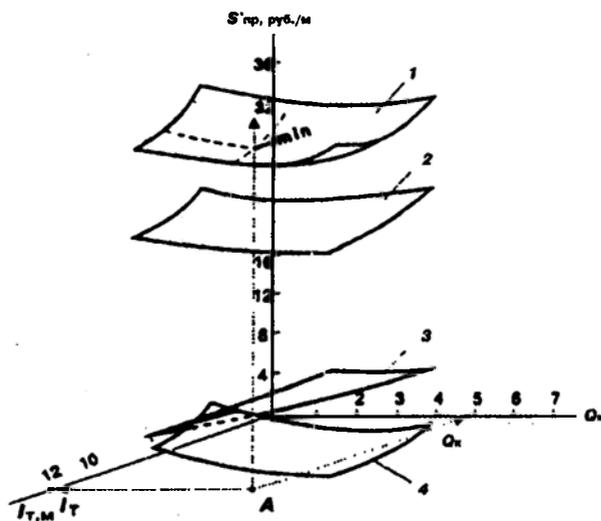


Рис. 2.5. Определение рациональной длины  $l_T$  и массы  $Q_k$  изделия для определенных характеристик производства.

Плоскости характеризуют изменения приведенных затрат под влиянием изменения общей (1), монтажной (2), заводской (3) и транспортной (4) технологичности

В большинстве случаев анализа показатели технологичности выражаются в натуральных единицах измерения и безразмерных величинах.

**Показатели технологичности в натуральных единицах измерения.** Натуральные измерители описываются физическими единицами или отношением этих величин друг к другу. В каждом анализируемом случае может быть различная степень членения производства на отдельные состояния (подсистемы).

Любой из показателей технологичности в отдельности или их некоторая совокупность в различной степени влияют на технологичность и эффективность производства. Например, при оценке технологичности объемно-конструктивных решений зданий или сооружений за обобщенный критерий обычно принимается народнохозяйственная эффективность, выраженная в затратах  $S_{пр}$ . При этом затраты находятся по комплексной или строительной технологичности, так как изменение какого-либо параметра вызывает разнонаправленные темпы изменения затрат по заводским, транспортным, монтажным процессам.

Для оценки изменений затрат строится дерево цели, в котором детализируется объемно-планировочное решение здания или технология его возведения, причем детализацию можно довести до любого уровня. Например, необходимо оценить объемно-планировочное решение промышленного здания. Намечаем, что дерево цели будет состоять из шести уровней (допустим, что это достаточная детализация для поставленной цели) (рис. 2.6): уровень I характеризует здание в целом; II — объемно-планировочные решения; III — виды конструкций и т. д. Степень детализации дерева цели доводится до такого уровня, когда значимость анализируемых факторов по каждой ветви будет равна принятой ошибке расчета:

$$\Delta = g_{y1} g_{b1} g_{y2} g_{b2} \dots g_{yr} g_{br}$$

где  $g_{yi}$  — значимость  $i$ -го уровня, исходя из того, что сумма значимостей всех уровней равна единице:  $g_{y1} + g_{y2} + \dots + g_{yr} = 1$ ;  $g_{bj}$  — значимость  $j$ -й ветви на соответствующем уровне, исходя из того, что сумма значимостей всех ветвей на каждом уровне равна единице:  $g_{b1} + g_{b2} + \dots + g_{bn} = 1$ .

Исходя из этого, можно принять, что рациональным является такое решение, которое проходит по ветвям всех уровней и соответствует максимальной сумме их коэффициентов. Откладывая полученные значения по каждому параметру технологичности, например, животноводческого здания (рис. 2.7, а) и свинооткормочного комплекса (рис. 2.7, б), можно построить

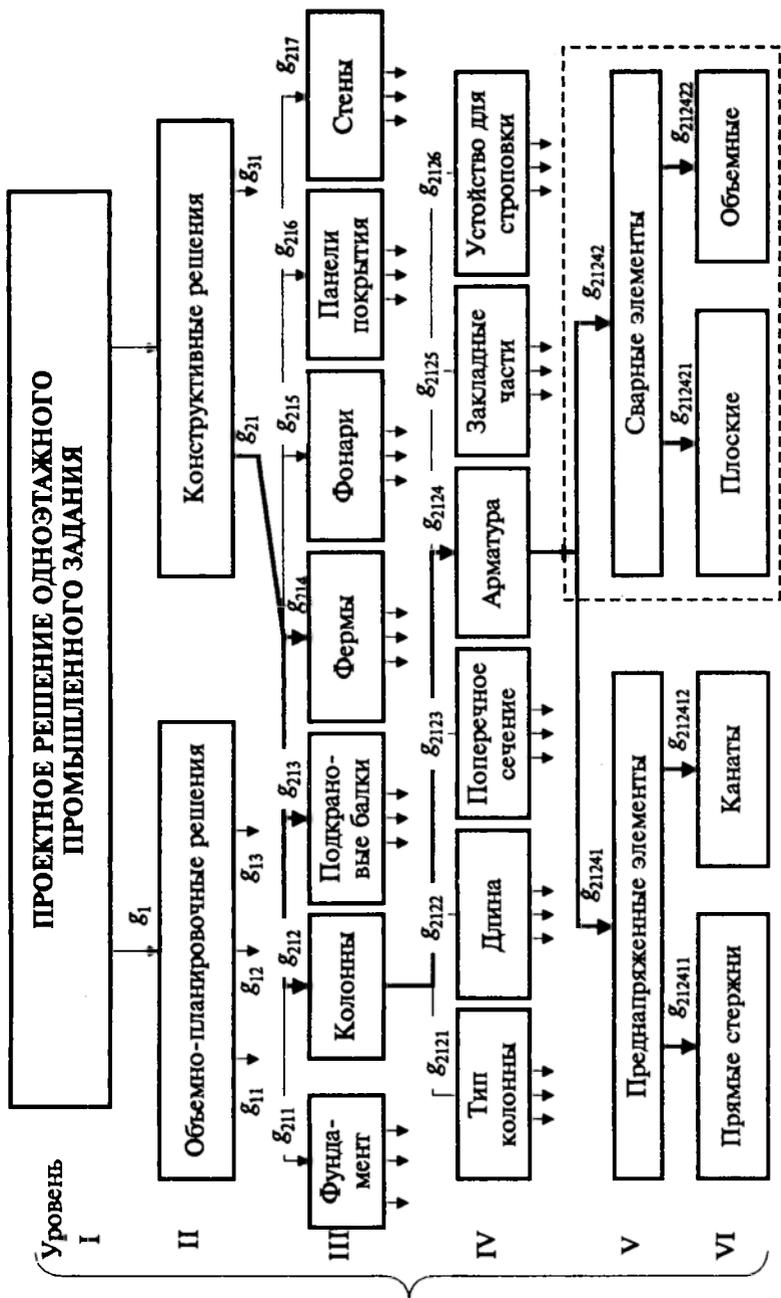
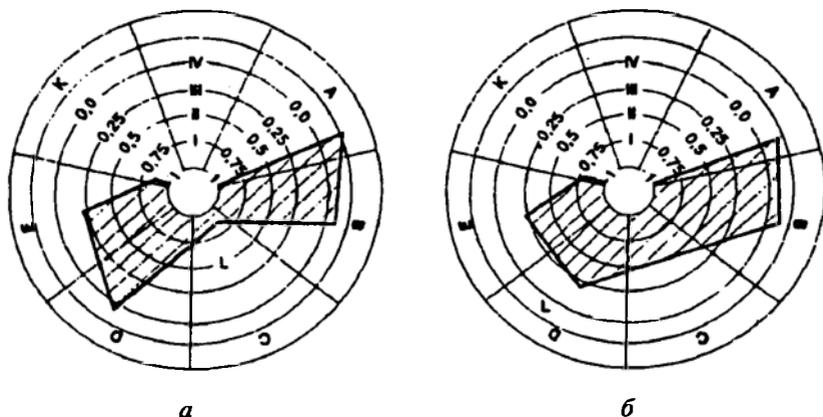


Рис. 2.6. Дерево цели (с ветвями) при определении весомости технологичности различных объемно-конструктивных решений зданий и сооружений

круговую диаграмму с эпюрами изменения относительных коэффициентов, характеризующих показатели членения здания на элементы (сектор *A*), разнотипности ячеек (сектор *B*), концентрации сборных элементов на 1 м<sup>3</sup> здания (сектор *C*), строительной равновесности конструкций (сектор *D*), конфигурации здания (сектор *E*), разновысотности здания (сектор *K*). Наилучшее соответствие этих показателей очерчиваем окружностью *L* при максимальной сумме коэффициентов по ветвям.



**Рис. 2.7. Круговая диаграмма сумм относительных коэффициентов технологичности по их отдельным показателям для сельскохозяйственных зданий:**

*a* — животноводческий комплекс; *б* — свинооткормочный комплекс

Не следует забывать, что результаты оценки технологичности продукции должны всегда сравниваться и исходить из того положения, что они обеспечивают прогрессивность и качество при использовании (эксплуатации) изделий. При этом прогрессивность и качество продукции оцениваются путем сравнения показателей проекта с показателями лучших отечественных и зарубежных аналогов.

Технический прогресс во всех отраслях народного хозяйства приводит к расширению производства. На предприятиях увеличивается ассортимент изделий и конструкций по функциональному назначению и конструктивным особенностям, используются новые материалы, производятся изделия новых типов с вариантными свойствами, позволяющими более полно удовлетворить возрастающие запросы потребителей. Такие процессы

приводят к противоречию между первоначальной ориентацией предприятия, заложенной при его создании, и ситуацией, возникающей через определенный срок эксплуатации.

Кроме отработки на технологичность единичных изделий требуется оценивать технологичность комплекта изделий, т. е. его приспособленность для изготовления на данном предприятии *в комплекте и по срокам поставки*. Для выполнения такой задачи требуется начать с расширенной технологической классификации заводской продукции, которая иллюстрируется табл. 2.9. К одной марке относят изделия, у которых совпадают все признаки, определяющие их функциональные качества, к одному технологическому классу — изделия единого функционального назначения, с одними конструктивными решениями и технологической общностью, к типу — изделия одного функционального назначения. Например, Т — панели наружных стен жилых зданий; ТК — керамзитобетонные однослойные панели; М — те же панели одних геометрических размеров с окном одного размера и расположения, одним очертанием граней и т. п.

Т а б л и ц а 2.9

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКТА МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ**

Классификация	Обозначение	Признаки и общность
Марка	М	Индивидуальный признак. Изделия одной марки взаимозаменяемы
Укрупненная марка	УМ	Группа марок, внутри которой переход от изготовления одного изделия к другому не требует дополнительных затрат времени, труда и др.
Технологическая группа	ТГ	Группа укрупненных марок, приспособленная для изготовления в одной переналаживаемой оснастке (форме, кондукторе, матрице)

Классификация	Обозначение	Признаки и общность
Технологический класс изделий	ТК	Совокупность технологических групп изделий, обладающая конструктивно-технологической общностью, что позволяет изготавливать эти изделия на одной технологической линии, по единой технологии
Тип изделий	Т	Совокупность технологических классов изделий одного функционального назначения

Два промежуточных класса (УМ и ТГ) содержат не только функционально-конструктивные, но и более ярко выраженные производственные признаки, определяющие возможность изготовления этих изделий в едином формовочном оборудовании.

**Пример:** УМ—группы марок, различающихся местами крепления к арматурным каркасам закладных деталей и т. п.; ТГ — группа УМ в пределах одного ТК, которые по своим геометрическим размерам и другим признакам могут быть изготовлены в единой переналаживаемой форме путем установки заглушек и делителей, разного закрепления проема и т. д. Набор использованных в проекте типов изделий (Т) дает общее представление о сооружении и используемых в нем элементах заводского производства. Используемые в номенклатуре технологические классы изделия (ТК) позволяют выбрать заводы-изготовители, а если окажется, что заводы не приспособлены для выпуска этих изделий, то определить средства на их создание, реконструкцию или изменить в проекте типы изделий. При этом происходит привязка ТК изделий к технологическим линиям. Разделение ТК на ТГ позволяет группировать изделия по более детальным конструктивно-технологическим признакам и приступать к раскладке изделий на формах, определять заполнение форм, число и состав их переналадок и т. п. Разделение ТГ на УМ дает возможность определить количество текущих переналадок при изготовлении заданного комплекта изделий. Виды переналадок форм при изготовлении сборных железобетонных изделий и усредненные затраты, связанные с их осуществлением, приведены в табл. 2.10.

Т а б л и ц а 2.10

**УСРЕДНЕННЫЕ ЗАТРАТЫ НА ПЕРЕНАЛАДКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ (ФОРМ) ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
КОМПЛЕКТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Переналадка	Затраты на переналадку, мин/чел.-ч,		Эксплуатационные затраты, руб.,	
	<i>горизонтальной формы</i>	<i>отсека кассет</i>	<i>горизонтальная форма</i>	<i>отсек кассет</i>
Разных М одной УМ	0/0	0/0	0	0
Разных УМ одной ТГ	12/0,87	50/2	1,6	3,6
Разных ТГ одного ТК	60/2,89	180/9	5,2	56,2

Дополнительные затраты, отражающие специфику изготовления многономенклатурной продукции, потери времени и снижение мощности предприятия во многом зависят от организационно-технических решений, заложенных при проектировании завода. В одном случае эти решения позволят с меньшими затратами быстрее осуществить перестройку производства, в другом — затраты и продолжительность перестройки будут больше. Например, для уменьшения затрат, связанных с перестройкой производства, можно предусматривать при технологическом проектировании быструю смену рабочего оборудования.

Технологичность характеризует не общие затраты на изготовление продукции, а лишь ту их часть, которая образуется на рассматриваемом этапе ее изготовления. В эту характеристику не входят затраты на все виды ресурсов, приобретаемых предприятием, но учитываются те единовременные и текущие затраты, которые зависят от номенклатуры изготавливаемой продукции: заработная плата со всеми начислениями, часть накладных расходов, дополнительная оснастка и оборудование, затраты и потери на переналадку оборудования и на изменение мощности предприятия и др. Эту часть затрат будем условно называть *расчетной себестоимостью*.

**Оценка технологичности комплекта продукции заводского производства может быть произведена по четырем факторам:**

1. По степени использования мощности отдельных производственных линий, зависящей от особенностей изготавливаемой продукции, т. е. от изменения загрузки основного оборудования (первый фактор). Мощность любой поточной производственной линии может быть выражена формулой, ед. прод./год:

$$M_i = T_i F_i q_i \theta_i,$$

где  $T_i$  — темп потока, т. е. количество съёмов готовой продукции с единицы оборудования  $i$ -й производственной линии в течение 1 ч;  $F_i$  — плановый фонд времени работы оборудования в течение года без выходных, праздничных дней и запланированных простоев оборудования для проведения планово-предупредительных ремонтов, ч;  $q_i$  — максимальная, технически достижимая загрузка единиц оборудования, ед. прод./ед. оборуд.;  $\theta_i$  — фактический коэффициент загрузки оборудования при изготовлении продукции заданной номенклатуры в условиях предприятия, доли единицы.

Значения величин  $T_i$  и  $q_i$  для разных технологических линий будут определяться так. Для конвейерных линий с непрерывным движением конвейера  $T_i$  — скорость его движения, м/ч, а  $q_i$  — максимальная технически возможная загрузка 1 м конвейера в единицах измерения продукции ( $m^3$ ,  $m^2$  и др.). При пульсирующем движении конвейера  $T_i$  — число форм (вагонеток), проходящих в 1 ч через пост;  $q_i$  — максимальная технически возможная загрузка одной формы (вагонетки). Если формы разные, то  $q_i$  — средневзвешенная загрузка. Это относится и к кассетно-конвейерным линиям. Для поточно-агрегатных и полуконвейерных линий аналогичные показатели — средние за смену, отнесенные к часу. При кассетном производстве, в том числе и в цехах, оборудованных кассетными установками, темп потока, об/ч:

$$T_i = A_i N / 24,$$

где  $A_i$  — количество оборотов станда (кассеты) в сутки;  $N$  — количество стандов на технологической линии или количество полостей всех кассетных установок.

В этом случае  $q_i$  — максимальная технически возможная загрузка одного станда или одной полости кассеты.

Изменение мощности технологических линий, зависящих от номенклатуры изготавливаемой продукции, определяется по сравнению с эталонной мощностью.

Стоимостной показатель, характеризующий технологичность продукции для отдельно взятой технологической линии по первому фактору, равен, руб./ед. продукции:

$$\Delta S_i^I = C \beta \left[ \frac{\theta_{0i}}{\theta_i} - 1 \right],$$

где  $C$  — себестоимость продукции на предприятии, средняя по отрасли или группе предприятий региона;  $\beta$  — коэффициент (доля) условно-постоянных затрат в себестоимости продукции;  $\theta_{0i}$  — эталонный коэффициент загрузки оборудования.

2. По изменению мощности предприятия (как совокупности мощности линий) при изготовлении комплектов продукции (второй фактор). Мощность предприятия, на котором имеется  $n$  технологических линий, будет отличаться от суммы мощностей этих линий, ед. прод./год:

$$M_3 = \sum_{i=1}^n M_i \gamma_i,$$

где  $\gamma_i$  — коэффициент технически достижимой мощности  $i$ -й линии, учитывающий необходимость изготовления комплекта изделий.

Коэффициент  $\gamma_i$  является следствием наличия определенного соотношения в потребности изделий различных типов, например, для возводимых строительных объектов. Эти соотношения будут изменяться в связи с последовательностью возведения разных объектов и стадией их возведения. Например, если завод поставляет панели для жилых домов, то количество панелей наружных стен, приходящееся на 1 м<sup>2</sup> общей площади дома, будет изменяться при переходе от многосекционных к башенным зданиям на различных стадиях возведения зданий и т. п. При этом одна из линий завода, выпускающая изделия, в которых испытывается наибольшая потребность в данное время, будет иметь максимальную загрузку, а остальные окажутся недогруженными. При постоянной (текущей) изменчивости номенклатуры продукции будет изменяться и загрузка линий. В качестве расчетной величины следует принимать среднегодовую загрузку. Максимальное фактическое значение  $\gamma_i$  (при полной загрузке линии) принимается меньше единицы, поскольку следует учитывать также и объективные внешние, случайные факторы, которые будут снижать мощность линии. Для домостроительных заводов рекомендуется принимать следующее максимальное значение этого коэффициента:

эталонное  $\gamma_i = 0,95$ ;

фактическое  $\gamma_i \leq 0,95$ .

Дополнительные затраты, характеризующие технологичность продукции и зависящие от изменения мощности предприятия в целом, будут, руб./ед. прод.:

$$\Delta S_3^{\text{II}} = C \beta \left[ \frac{\gamma_{0i}}{\gamma_i} - 1 \right].$$

3. По изменению затрат на переналадку оборудования (третий фактор). Годовой объем и характер переналадок зависят от состава и структуры продукции завода, которые, в свою очередь, определяются разделением изделий по классификационным группам: чем меньше различных ТГ и УМ, тем меньше переналадок, чем в сумме ТГ и УМ относительно больше УМ, тем проще переналадки и меньше затраты на них.

Количество и характер переналадок определяются при разработке технологического проекта. Затраты на них зависят не только от распределения изделий по классификационным группам, но и от конструктивного решения оборудования и машин на линии, т. е. от конкретных производственных условий. При различной номенклатуре продукции будут изменяться затраты на осуществление переналадок, возможно, появится необходимость в приобретении дополнительного оборудования и технологической оснастки (в том числе форм), потребуется устройство складов для хранения запасного парка форм, постов переналадки и т. п. Сопоставление следует вести с ситуацией, когда на данной технологической линии изготавливается продукция, не требующая переналадок. При этом все затраты, связанные с переналадками, будут условно дополнительными. Затраты, связанные с осуществлением переналадок технологической оснастки на  $i$ -й линии,

$$\Delta S_i^{\text{III}} = Z_{a_i} + Z_{б_i} + A_i E_n K_i,$$

где  $Z_{a_i}$  — затраты на выполнение переналадок в течение года;  $Z_{б_i}$  — годовые затраты на содержание склада форм и оснастки, постов переналадки, транспортирование форм и оснастки и другие операции, руб./ед. прод.;  $A_i$  — годовые амортизационные отчисления со стоимости производственных фондов, руб./ед. прод.;  $E_n$  — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;  $K_i$  — удельные единовременные затраты на приобретение дополнительного парка технологической оснастки, оборудования, устройство склада форм и постов переналадки, включая стоимость занятой ими дополнительной производственной площади, руб./ед. прод.

По предприятию в целом затраты, связанные с производством переналадок и характеризующие технологичность продукции, составляют, руб./ед. прод.:

$$\Delta S_3^{\text{III}} = \sum_{i=1}^n \Delta S_i^{\text{III}}.$$

4. По затратам, связанным с относительной сложностью изготовления изделий (четвертый фактор). В зависимости от конструктивного решения и используемых материалов изделия одного функционального назначения (одного типа) могут требовать при изготовлении различных затрат, входящих в расчетную себестоимость. Разница между этими затратами и аналогичными затратами, подсчитанными для эталонного решения, будут характеризовать относительную сложность изготовления изделий, т. е. относительную технологичность. Тогда для одной линии, специализированной для изделий одного ТК, рассматриваемый показатель будет, руб./ед. прод.:

$$\Delta S_i^{\text{IV}} = Z_i - Z_0,$$

где  $Z_i$  — расчетная себестоимость изготовления изделий на  $i$ -й линии завода, где предполагается изготавливать продукцию, руб./ед. прод.;  $Z_0$  — аналогичные затраты для эталонного решения.

В качестве эталона принимается одно из известных конструктивных решений изделий, которое в наибольшей мере отвечает технологии, принятой на рассматриваемой линии, а следовательно — с наименьшей расчетной себестоимостью. Для комплекта продукции, изготавливаемой заводом,

$$\Delta S_3^{\text{IV}} = \sum_{i=1}^n \Delta S_i^{\text{IV}} \alpha_i;$$

$$\alpha_i = Q_i / Q_3,$$

где  $\alpha_i$  — коэффициент, отражающий долю продукции, изготавливаемой на  $i$ -й линии в комплекте продукции, выпускаемой заводом;  $Q_i$  и  $Q_3$  — объем продукции, изготавливаемой на  $i$ -й линии, и объем продукции в комплекте в целом, м<sup>3</sup>, т, м,...

Общий стоимостной показатель, характеризующий технологичность комплекта продукции, выпускаемой заводом, определяется как сумма показателей по каждому фактору:

$$\Delta S_3 = \Delta S_3^{\text{I}} + \Delta S_3^{\text{II}} + \Delta S_3^{\text{III}} + \Delta S_3^{\text{IV}}. \quad (2.1)$$

Полученный стоимостной показатель характеризует технологичность комплекта продукции, но неудобен для использования, так как выражен в рублях. Целесообразно перевести его в шкалу индексов от 0 до 1. Такая линейная шкала должна быть определена двумя точками: одна — эталонный показатель с индексом  $J = 1$ , другая — специально установленный предельный показатель, при котором  $J = 0$ . Из формулы (2.1) ясно, что при эталонном решении не будет дополнительных затрат в объеме расчетной себестоимости:

$$\Delta S_i = \Delta S_3 = 0.$$

По каждому фактору можно установить предельно допустимые показатели. Например, на основе анализа значительного числа проектных разработок домостроительной продукции можно установить порядок величин исходных расчетных параметров, определяющих предельно допустимые показатели.

**Пример.** Для завода сборного железобетона предельное падение мощности линии в результате снижения уровня технологичности продукции может достигать уровня, характеризуемого показателями:  $\theta = 0,6$ ;  $\gamma = 0,7$ , а их совместное значение  $\theta\gamma \geq 0,5$ ; расчетная себестоимость переналадок форм при установленном ограничении, исключающем коренную реконструкцию линии, не более 5 руб./м<sup>3</sup> изделий.

Дополнительные затраты, связанные с усложнением изделий, не должны увеличивать расчетную себестоимость более чем на 20%.

Используя исходные расчетные величины, по приведенным ранее формулам можно определить стоимостные предельно допустимые характеристики технологичности по факторам  $f$  ( $f = I, II, III, IV$ ) и линиям  $b$ , т. е.  $S_b^f$ . Тогда индексы технологичности по  $i$ -линии и  $f$ -фактору ( $J_i^f$ ), всех линий по  $f$ -фактору ( $J_c^f$ ) и всех линий завода по всем факторам ( $J_c$ ) определяются по формулам:

$$J_i^f = 1 - \frac{S_i^f}{S_b^f}; \quad J_c^f = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i J_i^f}{\sum_{i=1}^n Q_i};$$

$$J_c = \frac{1}{4} (J_3^I + J_3^{II} + J_3^{III} + J_3^{IV}),$$

где  $Q_i$  — объем продукции в натуральных измерителях (м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup> и др.), выпускаемой линией;  $i = 1, \dots, n$  — технологические линии завода.

Показатели технологичности продукции должны служить основой повышения качества проектных разработок и конкретно могут быть использованы для корректировки проектных решений объемно-планировочных и конструктивных параметров зданий, сооружений, их частей и элементов в процессе проектирования, если оценочный индекс технологичности будет низким. Для этого необходимо проверять технологичность проектных решений на всех стадиях проектирования: для оценки деятельности и результатов работы проектировщиков как отдельных исполнителей, так и проектных подразделений и организаций в целом; для определения цены вынужденного снижения технологичности с использованием для этого стоимостных показателей. Поскольку технологичность продукции характеризуется лишь частью себестоимости, оценка технологичности не исключает оценку экономичности принятых решений. Возможны противоречия, когда более технологичное решение окажется дороже, и наоборот. Такие ситуации требуют специального анализа. В зависимости от конкретных условий может быть принято более технологичное и более дорогое решение или то, которое дешевле и менее технологично, или найдено компромиссное решение. При этом во всех случаях следует определять дополнительные затраты, связанные с принятием именно этого решения. Поскольку более технологичное решение может оказаться дороже только из-за более дорогих приобретаемых ресурсов, то следует проанализировать возможность замены их функционально и технологически однотипными дешевыми ресурсами или изыскать возможности снижения их стоимости. Это необходимо, так как повышение технологичности, помимо снижения учитываемых затрат на рассматриваемой стадии производства, будет способствовать повышению надежности достижения на этой стадии предусмотренных в проекте показателей качества продукции.

## **2.5. Разработка и анализ оперативно-плановых заданий**

Разработка плановых заданий для отдельных цехов и линий сводится к распределению программы, составлению декадных, сменно-суточных и часовых графиков, определению сменно-

суточных и часовых заданий, планов выдачи готовых изделий (табл. 2.11, 2.12). Годовой объем работ распределяется по кварталам; внутри каждого квартала по месяцам программа разбивается пропорционально количеству рабочих дней и с учетом наращивания мощности, изменения спроса на продукцию и других факторов. В расчетах обычно используется суточный выпуск изделий. Если же возникает необходимость в определении суточной программы при нарастающем выпуске в течение года, определяют ежемесячный прирост продукции

$$d = 2(N_{\text{год}} - a_1\mu) / [\mu(\mu - 1)],$$

где  $N_{\text{год}}$  — программа выпуска в расчетный период;  $a_1$  — выпуск первого месяца;  $\mu$  — число месяцев в расчетный период.

Т а б л и ц а 2.11

**ПРИМЕР НЕДЕЛЬНОГО ГРАФИКА ВЫДАЧИ ГОТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ, ШТ.**

Изделие	Марка изделия	Дни месяца				
		1—5	7—13	15—20	22—27	29—31
А	A <sub>1</sub>	115	123	140	155	160
	A <sub>2</sub>	20	40	30	40	40
В	B <sub>1</sub>	65	65	70	70	70
	B <sub>2</sub>	30	45	45	30	30

После этого определяется выпуск за каждый месяц года, а затем делением месячного выпуска на число рабочих дней в данном месяце можно определить среднесуточный выпуск в каждом месяце. Производственная программа всех подразделений и звеньев основного производства распределяется с учетом их взаимосвязи и взаимозависимости. При распределении выпуска изделий между отдельными участками и линиями основного производства следует предусматривать специализацию, т. е. закрепление за линиями и участками технологически однородных изделий.

Таблица 2.12

## ПРИМЕР ЧАСОВОГО ГРАФИКА ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ

Изде- -лие	Марка из- -делия	План за сме- ну, шт.	Выпол- нение за смену, шт.	Количество выпускаемых изде- лий, шт., по часам работы ли- нии						
				1	2	3	4	5	6	7
С	С <sub>1</sub>	21	21	3	3	3	3	3	3	3

Для того чтобы добиться максимальной равномерности распределения изделий по отдельным технологическим постам и линиям во времени, а также ритмичности выпуска продукции, следует анализировать комплекс производственных параметров (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Технический анализ производства комплекта изделий на технологических линиях

## 2.5.1. Анализ способов производства и их рациональных параметров

В зависимости от вида изготавливаемой продукции, необходимой производительности технологической линии могут применяться различные способы производства: с перемещением орудий труда или с перемещением предметов труда, т. е. изделия могут изготавливаться *стендовым, агрегатным или конвейерным* способом. Каждый из способов производства характеризуется своими организационно-технологическими параметрами — количеством постов и агрегатов, их ситуационным расположением и т. п. Правильный выбор параметров приводит к повышению эффективности производства и снижению общественных затрат труда. Инженер-технолог часто встречается в своей практической деятельности с решением данных задач.

**Анализ организационно-технологических параметров агрегатного и конвейерного способов производства.** В производстве строительных материалов, изделий и конструкций определяющим организационно-технологическим параметром агрегатного и конвейерного способов производства является количество технологических постов на линии. Если продукцию изготавливают на одном посту, такой способ является *стендовым*. При расчленении процесса изготовления продукции на большое количество постов, (от 2 до 5—7), требуется оборудование каждого поста специализированными машинами-агрегатами (агрегатный способ). В случае еще большей степени специализации постов с дальнейшим расчленением процесса в большинстве случаев линии оснащают специальным транспортом — конвейером. По укрупненным показателям удается определить при конкретных условиях производства (вид продукции, производительность линии и т. п.) рациональное количество постов, которое обеспечивает минимальные затраты производства. Для решения этой задачи следует записать модели, характеризующие изменение всех видов затрат производства в зависимости от степени расчленения технологического процесса на отдельные посты. Для анализа возможности расчленения процесса расчеты целесообразно проводить по отдельным показателям на единицу продукции ( $m^3$ ,  $m^2$ , шт.) в рублях, так как производительность линии не является постоянной и характер изменения общих и удельных показателей различен. Удельные (приведенные

к 1 году) капиталовложения, амортизация и содержание оборудования, руб./ед. прод., выражаются уравнением

$$K'_m = K_0(E_n + \alpha_{об}A_{об}) m u / F_d = (a_1 + b_1 m) r (E_n + \alpha_{об}A_{об}) / F_d,$$

где  $E_n$  — коэффициент эффективности;  $\alpha_{об}$ ,  $A_{об}$  — коэффициенты, учитывающие затраты на эксплуатационное обслуживание и амортизацию в процентах к капиталовложениям  $K_0$  в первый пост технологической линии, руб.;  $u$  — коэффициент, характеризующий изменение количества постов  $m$  в зависимости от производительности линии  $F_d/r$ ;  $a_1$ ,  $b_1$  — коэффициенты, характеризующие изменение капиталовложений в зависимости от  $m$ ;  $r$  — такт линии на физическую единицу измерения изделий (материала), мин.

Как показывают исследования, кривая, отражающая характер изменения указанных затрат в зависимости от расчленения процесса, приближается к прямой.

Капитальные вложения в производственную площадь и затраты на ее содержание, руб., можно записать аналогично:

$$K'_{пл} = (a_2 + b_2 m) r (E_n + \alpha_{пл}A_{пл}) / F_d,$$

где  $a_2$ ,  $b_2$  — коэффициенты, характеризующие изменение затрат в зависимости от  $m$ ;  $\alpha_{пл}$  — коэффициент, учитывающий затраты на содержание производственной площади;  $A_{пл}$  — амортизация площади, %.

Капиталовложения в технологическую оснастку определяются исходя из ее количества и времени нахождения в первой зоне элементарного потока:

$$K_{ф} = M_{ф} C_{ф} m r (E_n + \alpha_{ф}A_{ф}) / F_d,$$

где  $M_{ф}$  — материалоемкость оснастки, т/м<sup>3</sup>;  $C_{ф}$  — стоимость оснастки, руб./т;  $\alpha_{ф}$  — коэффициент, характеризующий затраты на содержание оснастки;  $A_{ф}$  — амортизационные отчисления, %.

Удельная заработная плата в связи с увеличением производительности линии, вызванным ее механизацией, будет снижаться по зависимости:

$$Z_{yd} = a_3 + b_3/m,$$

где  $a_3$ ,  $b_3$  — коэффициенты, учитывающие изменение заработной платы при расчленении потока;  $m$  — количество постов на линии.

Затраты на энергию для технологических нужд, приходящиеся на единицу продукции, с некоторым допущением можно принять постоянными, не зависящими от числа постов.

Уравнение связи, отражающее приведенные затраты в зависимости от  $m$ , принимает вид:

$$S'_{\text{пр}} = \frac{S_M}{n} + \frac{(a_1 + b_1 m)r}{F_d} (E_H + \alpha_{\text{об}} A_{\text{об}}) + \frac{M_{\Phi} C_{\Phi} m r}{F_d} (E_H + \alpha_{\Phi} A_{\Phi}) + \\ + \frac{(a_2 + b_2 m)r}{F_d} (E_H + \alpha_{\text{пл}} A_{\text{пл}}) + a_3 + \frac{b_3}{m} + \vartheta.$$

Требуется найти  $\min$  функции  $f(m)$ . Тогда

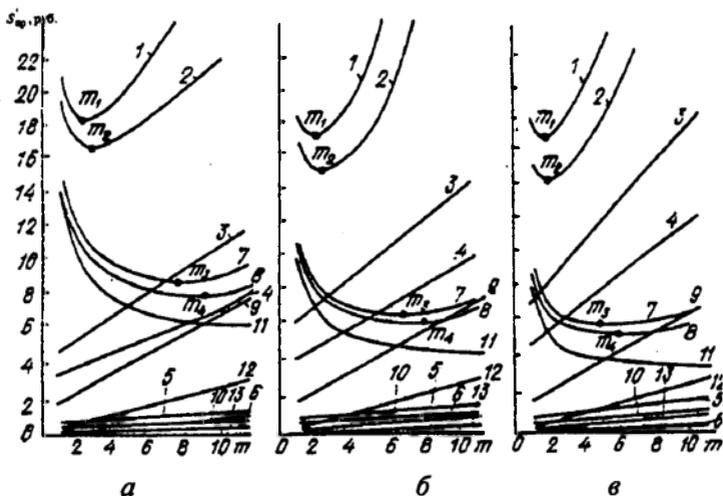
$$\frac{dS'_{\text{пр}}}{dm} = y'(m) = \frac{b_1 r}{F_d} (E_H + \alpha_{\text{об}} A_{\text{об}}) + \frac{b_2 r}{F_d} (E_H + \alpha_{\text{пл}} A_{\text{пл}}) + \\ + \frac{M_{\Phi} C_{\Phi} r}{F_d} (E_H + \alpha_{\Phi} A_{\Phi}) - \frac{b_3}{m^2} = 0;$$

$$m = \sqrt{\frac{b_3 F_d}{r \{ b_1 (E_H + \alpha_{\text{об}} A_{\text{об}}) + b_2 (E_H + \alpha_{\text{пл}} A_{\text{пл}}) + M_{\Phi} C_{\Phi} (E_H + \alpha_{\Phi} A_{\Phi}) \}}}. \quad (2.2)$$

Из уравнения (2.2) видно, что количество технологических постов на линии зависит от степени механизации процесса, материалоемкости, оснастки, трудовых затрат и других факторов.

На рис. 2.9 показаны кривые изменения всех видов затрат на производство изделий при различной степени механизации технологических линий. Из приведенных данных видно, что особое влияние на степень расчленения процесса на посты оказывает производительность линии. Минимальные затраты производства меняются в зависимости от его конкретных условий. Так, при такте линии 1 ч на одну единицу продукции количество постов не превышает 2 (агрегатный способ — точки  $m_1, m_2$ ) при двухсменной работе и 3 при трехсменной работе. С увеличением производительности до 40 тыс. единиц (такт = 0,1 ч) количество постов на линии должно быть в пределах 8 при маломеханизированном производстве (точки  $m_3, m_4$ ), в пределах 7 при среднемеханизированном производстве и в пределах 5 при высокомеханизированном производстве (предпосылки для конвейерного способа производства).

Располагая конкретными данными, можно аналогично получить оптимальные, а в некоторых случаях рациональные, значения степени расчленения технологического процесса на посты при производстве любых видов изделий.



**Рис 2.9. Оптимальное количество постов  $m$  на технологической линии при производстве изделий в зависимости от минимальных приведенных затрат  $S'_{пр}$  :**

*a* — при маломеханизированном производстве; *б* — при среднемеханизированном производстве; *в* — при высокомеханизированном производстве; 1, 2 — приведенные затраты соответственно при двух- и трехсменной работе с тактом линии 1 ч на единицу изделий; 7, 8 — то же с тактом 0,1 ч на единицу изделий; 3, 4 — удельные капитальные вложения в оборудование и затраты на его содержание соответственно при двух- и трехсменной работе с тактом линии 1 ч на единицу изделий; 5, 6 — то же с тактом линии 0,1 ч на единицу изделий; 9, 10 — капитальные вложения в производственную площадь и затраты на ее содержание с тактом линии соответственно 1 ч и 0,1 ч на единицу изделий; 11 — полная заработная плата рабочих с начислениями; 12, 13 — капитальные вложения в металлические формы и затраты на их содержание при такте линии соответственно 1 ч и 0,1 ч на единицу изделий.

**Анализ организационно-технологических параметров станочного производства.** При станочном производстве изделий и конструкций станоместа могут располагаться в одну линию (нитку) или параллельно. При этом в пролете промышленного здания для выпуска продукции определенного объема может быть расположено несколько ниток станочных мест.

При таких способах характерной особенностью, определяющей форму организации процесса, длительность технологического цикла и объем производства, является взаимное расположение  $n$  стенов в технологической нитке станда (количество этих ниток —  $m$ ). Соотношение  $n$  и  $m$  является рациональным, когда издержки производства минимальны. Для анализа и вывода расчетной формулы принимаем варианты компоновочных решений стенов при различных соотношениях  $n$  и  $m$ .

Приведенные затраты  $S'_{\text{пр}}$  на единицу продукции при общем количестве стандомест в пролете  $mn$  и затратах на одно стандоместо  $S_{\text{пр}}$  можно записать в следующем виде:

$$S'_{\text{пр}} = S_{\text{пр}} mn / (N_{\text{п}} mn) = S_{\text{пр}} / N_{\text{п}},$$

где  $N_{\text{п}}$  — производительность одного стандоместа, единицы продукции:

$$N_{\text{п}} = V_{\text{и}} F_{\text{д}} / T_{\text{ц}}, \quad (2.3)$$

где  $V_{\text{и}}$  — объем изделия, конструкции,  $\text{м}^3$ ,  $\text{м}^2$ ,  $\text{м}$ ;  $F_{\text{д}}$  — действительный фонд времени работы оборудования за плановый период, ч;  $T_{\text{ц}}$  — длительность технологического цикла, ч.

При этом длительность цикла зависит от формы организации процесса и количества изделий в нитке  $n$ :

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{ст}} + t_{\text{ф}} n,$$

где  $t_{\text{ст}}$  — длительность стандовых операций, не зависящих от расположения изделий в нитке, ч;  $t_{\text{ф}}$  — длительность повторяющихся операций на каждом стандоместе, ч.

Тогда выражение (2.3) принимает вид

$$N_{\text{п}} = V_{\text{и}} F_{\text{д}} / (t_{\text{ст}} + t_{\text{ф}} n).$$

Решение задачи сводится к выбору и описанию общего уравнения связи между основными технологическими и управляемыми факторами  $n$ . Первая производная уравнения приравняется к нулю

$$\begin{aligned} \frac{dS'_{\text{пр}}}{dn} &= \frac{A_1 t_{\text{ф}}}{F_{\text{д}} V_{\text{и}}} - \frac{\alpha_1 t_{\text{ст}}}{n^2 F_{\text{д}} V_{\text{и}}} + \frac{A_2 t_{\text{ф}}}{F_{\text{д}} V_{\text{и}}} - \frac{\alpha_2 t_{\text{ст}}}{n^2 F_{\text{д}} V_{\text{и}}} + \frac{A_3 t_{\text{ф}}}{F_{\text{д}} V_{\text{и}}} - \frac{\alpha_3 t_{\text{ст}}}{n^2 F_{\text{д}} V_{\text{и}}} + \\ &+ \frac{A_4 t_{\text{ф}}}{F_{\text{д}} V_{\text{и}}} - \frac{\alpha_4 t_{\text{ст}}}{n^2 F_{\text{д}} V_{\text{и}}} + \alpha_5 + \frac{A_6 t_{\text{ф}}}{F_{\text{д}} V_{\text{и}}} = 0, \end{aligned}$$

и экстремальное значение  $n$  по минимуму приведенных затрат (как рациональное значение параметра) с учетом количества рабочих смен на формование  $C_1$  и тепловую обработку изделий  $C_2$  будет равно

$$n = \sqrt{\frac{t_{\text{ст}} + (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)C_2}{t_{\text{ф}}[(C_2(A_1 + A_2 + A_3 + A_4) + C_1A_6) + C_1C_2F_{\text{д}}V_{\text{и}}\alpha_5]}}$$

где  $\alpha_1, A_1; \alpha_2, A_2; \alpha_3, A_3; \alpha_4, A_4; \alpha_5, A_5$  — коэффициенты, характеризующие изменение соответственно стоимости оборудования, здания, спецсооружений, цеховых расходов, полной заработной платы в зависимости от  $n$ .

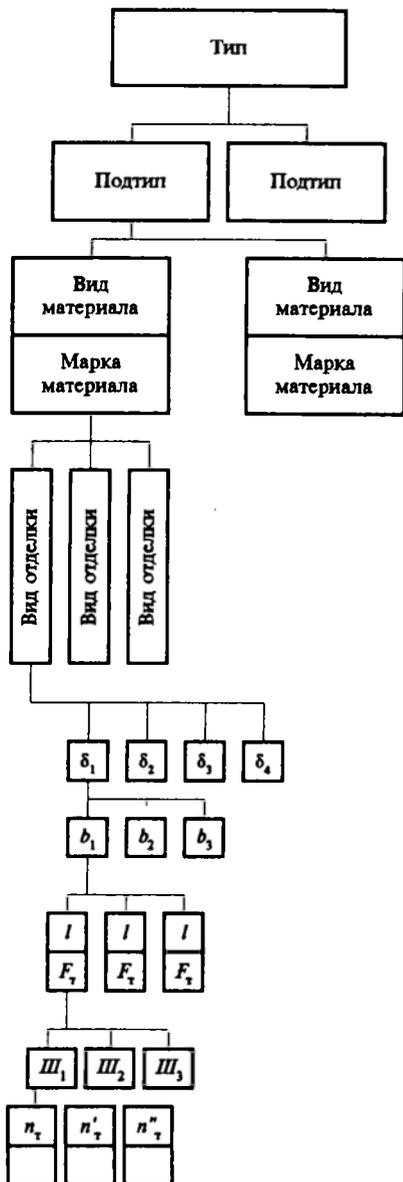
## 2.5.2. Анализ производства комплекта изделий

При комплектном изготовлении конструкций и изделий при оперативном планировании возникает ряд особенностей, учет которых позволяет заметно повысить эффективность производства.

При планировании работы многопредметных линий и обосновании их основных параметров необходимы разработка технологического ряда изделий, определение производительности линии и установление последовательности обработки изделий технологического ряда с минимальными затратами. При этом на многопредметных линиях решающее значение в их рациональной работе имеет правильный выбор технологического ряда конструкций и изделий. Подбор изделий должен исходить из условия разработки технологического ряда, т. е. выбора изделий, которые бы обладали идентичными технологическими признаками (подобием геометрических форм и технологических баз). Установление такого технологического ряда позволит выбрать одинаковые или близкие по значению режимы обработки, использовать идентичное оборудование и средства контроля производства, что, в свою очередь, создает предпосылки для использования типовых технологических процессов.

Разработка технологического ряда должна базироваться на предварительном подборе конструкций из числа намеченных к изготовлению. При этом одну из конструкций, обладающую максимальным числом основных технологических признаков, принимают за основание технологического ряда, а остальные рассматривают как технологические производные этого основания.

Примером тождественности и подобия признаков комплектов изделий является схема последовательного их анализа по технологическим показателям (рис. 2.10). Однотипные изделия (например, изделия типа плит) вначале разделяют по виду и маркам материала, что позволит при изготовлении одного ряда изделий подавать на линию один вид и одну марку материала.



Типы изделий:  
плиты, балки, фермы,  
трубы и др.

Изделя типа плит —  
ребристые, плоские;  
типа балок —  
прямоугольные,  
с выступами и др.

Марки материала: 50,  
100, 150, 200, 300, 400,  
500, 600

Виды отделки:  
плиткой,  
декоративная окраска  
и др.

Толщина  $\delta$ , мм: до 50,  
100, 150, 200, 250, 300,  
400, 500, 600, ...

Ширина  $b$ , мм: до  
200, 500, 1000, 1500,  
2000, 3000, 6000, ...

Длина  $l$ , мм: до 1200,  
1500, 3000, 6000,  
12000, 18000, ...

Группа изделия  
(площадь  $F_x$ , м<sup>2</sup>: до 3,  
6, 12, 18, 36, ...)

Подгруппа изделия  
(типоразмер  $n_x$ )  
Марки изделия  $n_x$ : 5,  
6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ...

Рис. 2.10. Схема разработки технологического ряда изделий

Затем отобранные изделия классифицируют по видам отделки, требующим различных технологических приемов. После этого каждое из идентичных изделий делят, например, по ширине и длине, по классам чистоты поверхности и точности изготовления. Из сгруппированных по таким признакам изделий можно составить технологический ряд, который допускает применение идентичных способов изготовления на одной и той же линии (класс изделия) и способов формования материала (подкласс изделия). В один технологический ряд могут войти изделия, равные, к примеру, по толщине и ширине, но различные по длине. Внутри технологического ряда изделия распределяются по типоразмерам  $m_T$  (по убывающей длине) и по маркам  $n_m$  (изделия одних и тех же габаритов, но имеющие различные выступы, отверстия и другие элементы). Пример технологических рядов изделий приводится на рис. 2.11.

Общее количество элементов (изделий) в технологическом ряду

$$m_3 = (m_T - m_{mT}) + \sum m_{mT} n_m,$$

где  $m_{mT}$  — количество типоразмеров изделий, имеющих свои марки.

Для установления взаимосвязи объема производства  $N$ , действительного фонда времени  $F_d$  и такта линии  $r_n$  разрабатывается модель движения формомест (поддонов) во времени — определяются параметры технологического поля. *Технологическое поле* — это необходимое количество формомест  $m_\phi$  в плановом периоде  $F_d$  для выполнения заданной программы  $N$ . Технологическое поле характеризуется количеством поддонов  $m_{\text{под}}$  и количеством их оборотов  $n_{\text{об}}$  в течение  $F_d$ . Оно служит для того, чтобы показать последовательность оборачивания формомест (поддонов) во времени.

Количество оборотов или поддонов зависит от длительности цикла их оборота  $T_{\text{ц под}}$ :

$$n_{\text{об}} = F_d / T_{\text{ц под}}; \quad T_{\text{ц под}} = r_n m + T_{\text{ц об}},$$

где  $T_{\text{ц об}}$  — длительность цикла тепловой обработки изделий;  $r_n$  — такт линии, мин:

$$r_n = F_d R^0 / N;$$

$m$  — количество постов на линии;  $R^0$  — коэффициент одновременности изготовления изделий на поддоне (для двухмодульных поддонов  $R^0 = 1,82 \div 1,92$ , для одномодульных —  $R^0 = 0,95 \div 0,98$ ).

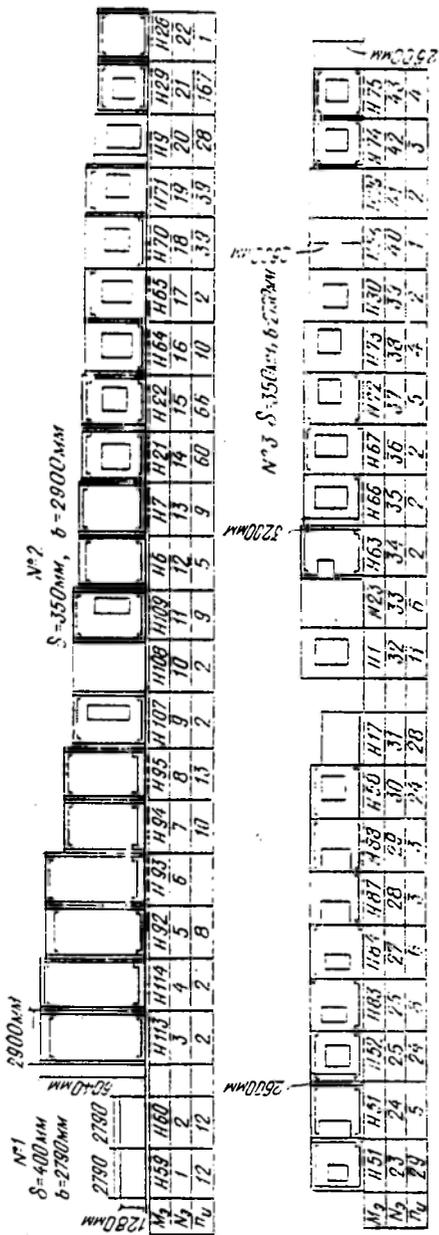


Рис. 2.11. Группировка изделий в технологические ряды:  
 $M_6$  — номер технологического ряда;  $\delta$ ,  $b$  — соответственно толщина и ширина элемента;  
 $M_5$  — номер элемента;  $M_3$  — марка (шифр) элемента, например H51 ... ;  $M_4$  — количество изделий

Общее количество формомест на технологическом поле

$$M_{\text{тп}} = n_{\text{об}} m_{\text{под}} = M'_{\text{тп}} + M''_{\text{тп}},$$

где  $M'_{\text{тп}}, M''_{\text{тп}}$  — сумма использованных и неиспользованных мест на поддонах.

Для нахождения величин  $M'_{\text{тп}}$  и  $M''_{\text{тп}}$  разрабатывается рациональный вариант раскладки комплекта изделий на поддонах: находятся возможные варианты совмещенного изготовления изделий различных технологических рядов на одних и тех же поддонах и определяется количество мест на технологическом поле для каждого ряда изделий. На поддоне размещаются изделия в таком сочетании, которое позволяет наилучшим образом использовать рабочую площадь поддона с учетом конструктивных и технологических особенностей размещения изделий на поддоне.

Раскладка начинается с наиболее массовых изделий, а свободные места на поддоне затем заполняются малосерийными. После того, как типоразмер с небольшим количеством изделий выбыл, в сочетании участвует следующий типоразмер из данного ряда и т. д. За критерий правильности раскладки комплекта изделий можно принять величину максимального использования технологического поля с минимальной металлоемкостью формооснастки, которая характеризуется коэффициентом использования технологического поля

$$\beta_T = \sum_1^m F_T n_T / (f_{\text{п}} n_{\text{под}} n_{\text{об}}),$$

где  $F_T$  — технологическая база изделий определенного типоразмера,  $\text{м}^2$ ;  $n_T$  — количество изделий данного типоразмера;  $f_{\text{п}}$  — площадь поддона,  $\text{м}^2$ ;  $n_{\text{под}}$  — количество поддонов на линии;  $n_{\text{об}}$  — количество оборотов поддонов за  $F_{\text{д}}$ .

Значение коэффициента  $\beta_T$  должно быть в пределах 0,6—0,7. Количество формооснастки на линии при правильной раскладке изделий не должно превышать

$$n_{\text{ф}} = \sum_1^{m_T} n_T / n_{\text{об}} + \alpha(m_{\text{э}} - 1),$$

где  $\alpha = 0,66$  — коэффициент, учитывающий вероятность неполного использования оснастки по количеству элементов изделий.

В некоторых случаях, если это конструктивно возможно, технологический ряд конструкций можно сократить приведением некоторых видов изделий к одному или нескольким техно-

логическим типам. Зачастую одни и те же марки конструкций выпускаются идентичной формы, но с разными по толщине узлами.

В процессе оперативного планирования при разработке технологического ряда можно пойти по пути сохранения всех марок одноименных конструкций или объединить их в один или несколько технологических типов. В первом случае затраты на материалы будут минимальными, но могут заметно возрасти затраты на изготовление конструкций, так как увеличится объем оснастки и сократится производительность линии из-за увеличения числа переналадок. Во втором случае увеличатся затраты на материалы, но сократятся затраты на переработку в технологическом процессе изготовления. Следовательно, необходимо определить оптимальный вариант количества типов одноименных конструкций в технологическом ряду. Для этого достаточно провести анализ функции изменения затрат на повышение расхода материалов  $S_M$  при приведении изделий к одному типу и функции изменения затрат на изготовление  $S_{изг}$  серии изделий этого типа:

$$S_M + S_{изг} \rightarrow \min.$$

При технологическом ряде конструкций изменения затрат на материалы с переходом от одного вида изделия  $m$  к  $m_b$  видам

$$S_M^m = S_M^{(1)} - S_M^{(1)}\beta(m_b - 1) = S_M^{(1)}[1 - \beta(m_b - 1)],$$

где  $S_M^{(1)}$  — стоимость материалов на единицу продукции одного вида, руб.;  $\beta$  — коэффициент, характеризующий изменение стоимости материалов при переходе к изготовлению  $m_b$  видов изделий.

В этом случае приведенные к одному году капитальные вложения в формы и затраты на их содержание  $\alpha_\phi$  и амортизацию  $A_\phi$  отвечают выражению

$$S_\phi^m = M_\phi K_\phi (E_n + \alpha_\phi A_\phi) T_{ци} m_b / F_d,$$

где  $M_\phi$  — металлоемкость форм на одно изделие, т/м<sup>3</sup>;  $K_\phi$  — стоимость форм, руб.;  $T_{ци}$  — длительность цикла изготовления изделия, ч.

Одновременно с этим изменяется полезно используемое время оборудования за счет увеличения количества переналадок на величину

$$E_{гни} = F_d - m_b a t_{ср},$$

где  $a$  — количество переналадок на один тип изделий.

### **2.5.3. Технический анализ технологического процесса в любом производстве**

Организация стадийных процессов (переделов) при сохранении общих принципов технологического процесса может меняться как в пространстве, так и во времени. Значительная вариация возможна при выборе стадийных процессов и установлении технологических режимов благодаря развитию и решению теоретических и практических задач в области физико-химической механики, материаловедения, арматуроведения, кинетики прогрева влажных капиллярно-пористых тел и других наук, позволивших создать современную технологию изготовления материалов, изделий и конструкций на научной основе.

Кроме установления рациональных научно обоснованных режимов необходимо производить поиск процесса с минимальными затратами с учетом производительности линий, серийности изделий, себестоимости отдельных переделов и других факторов. При проектировании организации производства необходимо найти (установить) и обосновать такой один или несколько технологических параметров, характеризующих предметы труда (сырье, полуфабрикаты), которые бы, с одной стороны, влияли на конечную цель процесса, например его эффективность, а с другой — связывали бы все переделы этого процесса. Например, к такому параметру в деревообработке можно отнести твердость древесины. От плотности древесины зависит ее твердость, а следовательно, и большинство режимов обработки на различных переделах: при сушке, строжке, пилении. Следовательно, твердость древесины определяет способ ее обработки, типы и производительность станков, квалификацию рабочих, т. е. качество всех элементов производства (труда, предметов, орудий труда). Если нам удастся найти и обосновать такой технологический параметр, то нетрудно через него записать общую модель производства, определить взаимосвязь его эффективности и определяющих параметров, установить оптимальное значение организации производства как рациональное сочетание его элементов. В каждом технологическом процессе обработки различных видов сырья существуют такие технологические параметры, которые связывают между собой элементы

производства и позволяют моделировать его рациональную организацию. При этом надо рассматривать весь процесс в целом, а не по отдельным его этапам, так как влияние определяющего технологического параметра на эффективность этих этапов может быть различным и даже противоположным. Поэтому эффект отдельного этапа переработки сырья не может быть определяющим. Только сумма эффектов всех переделов дает основание для выбора рациональной организации производства.

Рассмотрим технический анализ на процессе изготовления изделий из сыпучих смесей, например, форм в опоках в литейных цехах или бетонных и железобетонных конструкций.

Все стадийные переделы, входящие в общий технологический процесс изготовления изделий и конструкций в заводских условиях, связанные с переработкой смеси, подразделяются на смешение, транспортирование, уплотнение смеси и интенсификацию твердения свежееотформированных изделий. При переработке бетонной смеси на всех этапах процесса режимы, типы машин, их производительность связаны с реологическими свойствами сырья (прочностью структуры, пластической вязкостью, мгновенным модулем упругости и др.). При решении практических задач производства изделий технологические качества смеси оцениваются условным показателем — величиной удобоукладываемости. Этот показатель характеризует способность смеси перемещаться и принимать любую форму под влиянием собственного веса и динамических воздействий и оценивается пластичностью — величиной осадки стандартного конуса, см, или жесткостью — временем, с, необходимым для заполнения формы технического вискозиметра. Поскольку основные физико-механические характеристики смеси для технолога являются величинами, установленными расчетом, то выбор рациональных режимов и рациональной организации производства можно осуществить с учетом удобоукладываемости смеси. Именно этот показатель может меняться в процессе производства в больших пределах при отсутствии специальных требований к изделиям по водонепроницаемости, жаростойкости и др. Поэтому в качестве управляющего показателя, определяющего состав смеси, режимы его смешения, уплотнения и тепловой обработки, можно принять показатель удобоукладываемости. При построении математической модели производства записываем взаимосвязи показателя удобоукладываемости смеси  $\eta$  с затратами производства по отдельным переделам.

Стоимость материалов  $S_x$ , руб., падает с увеличением жесткости смеси за счет снижения расхода вяжущего (рис. 2.12):

$$S_x = S_M^0 - \alpha_0 \eta, \quad (2.4)$$

где  $S_M^0$  — стоимость материалов для смеси с осадкой конуса 12 см, руб.;  $\alpha_0$  — коэффициент изменения стоимости материалов;  $\eta$  — условный коэффициент удобоукладываемости, удобный для записи математических моделей и их дальнейшего анализа. Например, условный показатель удобоукладываемости смеси принимается в зависимости от физического по схеме:

				см					с
Физический									
показатель .....	12	8	5	2	30	60	90	120	
Условный									
показатель $\eta$ .....	0	1	2	3	4	5	6	7	

Из полученной закономерности  $S_x = f(\eta)$  (рис. 2.12, а) можно сделать практический вывод — необходимо при производстве изделий использовать сверхжесткие смеси. Они самые экономичные. Но такой вывод можно сделать без учета затрат на энергию, труда на другие переделы.

Учитывая длительность технологического цикла приготовления смеси в зависимости от  $\eta$  (при современном техническом решении процессов смешения), можно определить текущие и удельные приведенные затраты  $S_{см}$  на приготовление смесей в цехах различной производительности. Изменение этих видов затрат аппроксимируется прямой, наклон которой зависит от производительности смесительных цехов: чем более жесткая смесь, тем длительнее цикл смешения и выше затраты производства (рис. 2.12), руб.:

$$S_{см} = S_{см}^0 + \alpha_1 \eta, \quad (2.5)$$

где  $S_{см}^0$  — удельные приведенные затраты на приготовление смеси с осадкой конуса 12 см;  $\alpha_1$  — коэффициент изменения затрат в зависимости от удобоукладываемости смеси ( $\alpha_1 = 0,007; 0,055; 0,045$  — для бетоносмесительных узлов производительностью соответственно до 50, 100 и 200 тыс. м<sup>3</sup> смеси в год).

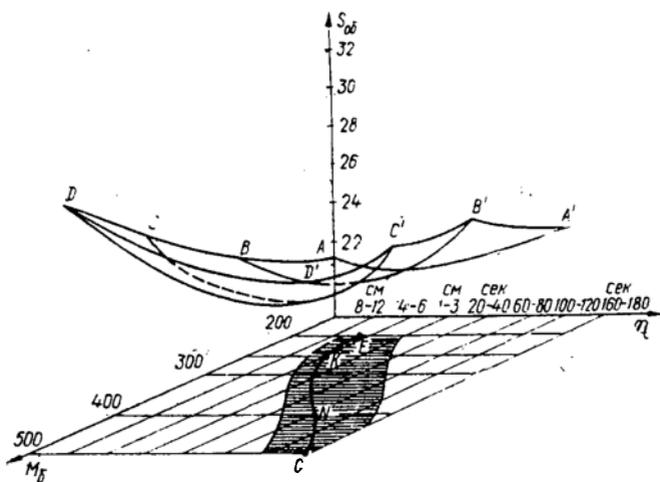


Рис. 2.12. Графическое решение задачи по определению оптимального значения удобоукладываемости смеси  $\eta$

Анализ кривой, характеризующей затраты на приготовление смеси, приводит к противоположному выводу: с точки зрения общественной производительности труда необходимо, наоборот, стремиться к использованию пластичных смесей.

Зависимость между затратами на формование  $S_{\phi}$  (удельными приведенными затратами) и показателем удобоукладываемости смеси определяется с учетом роста цикла формования при увеличении жесткости смеси (рис. 2.12). Такая закономерность влияет на затраты на формование изделий, которые рассчитываются по формуле

$$S_{\phi} = S_{\phi}^0 + \alpha_2 \eta^n, \quad (2.6)$$

где  $S_{\phi}^0$  — приведенные затраты на уплотнение  $1 \text{ м}^3$  смеси (формование изделия) при ее условном показателе удобоукладываемости  $\eta$ ;  $\alpha_2$  — коэффициент, характеризующий разницу приведенных затрат при разных показателях удобоукладываемости смеси (для изделий типа плит (для расчетов на стадии прогнозирования)  $\alpha_2 = 0,18$ ;  $n = 1,25$ ; для изделий типа балок  $\alpha_2 = 0,22$ ;  $n = 1,25$ );  $n$  — показатель, характеризующий изменение приведенных затрат, устанавливаемый путем статистической обработки данных.

Здесь вновь выявляются противоречия — наиболее эффективным является передел с переработкой пластичных смесей.

Увеличение длительности цикла сушки или термообработки зависит от степени изменения водоцементного отношения при различных значениях удобоукладываемости смеси. В некоторых случаях изменение показателя удобоукладываемости от 12 см и 120 с вызывает изменение удельных приведенных затрат на сушку или термообработку (рис. 2.12):

$$S_T = S_T^0 (t'_{06} - \alpha_3 \eta), \quad (2.7)$$

где  $S_T^0$  — приведенные затраты на сушку или термообработку изделий в различных агрегатах, руб./ч;  $t'_{06}$  — длительность изотермической обработки изделий, принятая по технологическим нормам;  $\alpha_3$  — коэффициент, характеризующий изменение длительности термообработки. При этом изменение водоцементного отношения принимается по показателям удобоукладываемости смеси 12 см и 120 с.

Для того чтобы однозначно назвать значение технологического показателя (в данном случае  $\eta$ ), необходимо совместно проанализировать уравнения (2.4)—(2.7). Тогда общее уравнение связи, характеризующее эффективность всего процесса в зависимости от  $\eta$ , будет иметь вид

$$S_{06} = (S_M^0 - \alpha_0 \eta) + (S_{cm}^0 + \alpha_1 \eta) + (S_\phi^0 + \alpha_2 \eta^n) + S_T^0 (t'_{06} - \alpha_3 \eta);$$

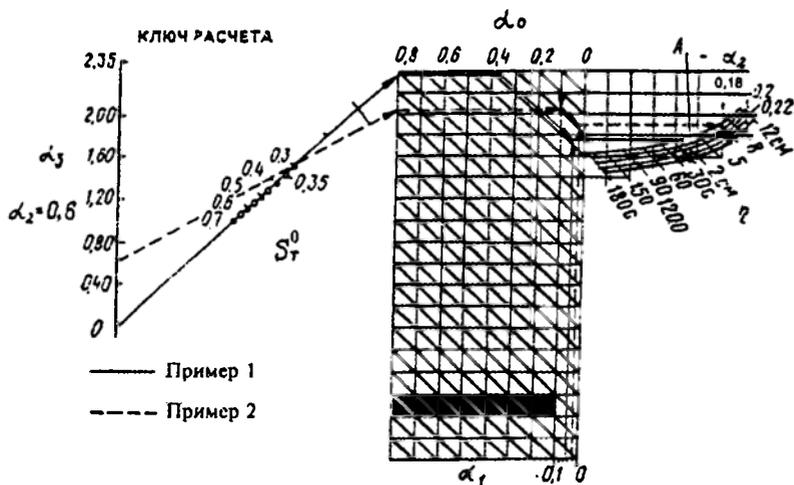
$$\eta_{opt} = n \sqrt[n]{\frac{\alpha_0 + S_T^0 \alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 n}}.$$

После нахождения  $\eta_{opt}$  условные единицы удобоукладываемости переводятся в физические. Для удобства и быстроты практических расчетов оптимальный показатель удобоукладываемости смеси, обеспечивающий минимальные затраты на ее обработку, можно находить при графическом моделировании процесса (рис. 2.13).

При  $\alpha_0 = 0,38$ ;  $\alpha_1 = 0,055$ ;  $\alpha_2 = 0,18$ ;  $\alpha_3 = 0$   $S_T^0 = 0,366$ ;  $\eta = 30 \div 60$  см (пример 1). Если же  $\alpha_0 = 0,1$ ;  $\alpha_1 = 0,02$ ;  $\alpha_2 = 0,8$ ,  $\alpha_3 = 0,60$ ,  $S_T^0 = 0,3$ ;  $\eta = 5 \div 8$  с.

Находится  $\eta_{opt}$  следующим образом: отмечаются на шкалах  $\alpha_3$ ,  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , соответствующие значения точками. Из каждой отмеченной точки проводятся прямые, параллельные шкалам

ключа расчета. Точка  $\eta = 30 \div 60$  с по масштабу  $\eta_{\text{опт}}$  дает иско-  
мую величину.



**Рис. 2.13. Номограмма для определения оптимальной  
удобокладываемости смеси**

Такой подход к моделированию процесса при проектировании организации производства позволяет установить оптимальное или близкое к нему значение определяющего технологического параметра с учетом всех материальных и трудовых затрат. По оптимальному показателю подбирается технологическое оборудование и определяется производительность линии. Совокупность этих параметров при определенной форме организации процесса дает возможность получить максимум эффекта.

### **2.5.4. Анализ рационального распределения заказов по отдельным технологическим линиям**

Необходимость распределения заказов по отдельным технологическим линиям возникает в том случае, если одна и та же серия изделий может быть произведена в различных цехах и на различных линиях. В этом случае анализ нескольких вариантов

технологических процессов позволяет принять самый экономичный план производства. При анализе технологических характеристик основного процесса, параметры и режимы которого уже известны, можно ограничиться определением оптимальных планов с учетом производительности и серийности изделий.

Размещение заказа на линии с учетом ее производственной мощности производится путем сравнения вариантов процессов по экономическим параметрам. В качестве критерия можно принять минимум приведенных затрат или при оперативном планировании — минимум себестоимости. Себестоимость единицы продукции в зависимости от объема производства выражается суммой двух величин (при действительном фонде времени  $F_d = \text{const}$ )

$$S'_{06} = a / N + b,$$

где  $a$  — затраты, не зависящие от производительности линий, руб.;  $b$  — постоянные затраты на единицу продукции, руб.;  $N$  — объем производства, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>.

Следовательно, при анализе двух процессов производства

$$\left. \begin{aligned} S'_{06} &= a_1 / N + b_1 \\ S'_{06} &= a_2 / N + b_2 \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

минимум затрат можно найти, решая систему уравнений (2.8).

Решаем систему (2.8) следующим образом.

Сначала каждое уравнение приводим хотя бы к одному одинаковому члену (например, путем умножения на коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$ ). Затем вычитаем из первого уравнения второе и получаем равенство, из которого находим значения  $S'_{06}$ :

$$\begin{aligned} S'_{06} &= (a_1 b_2 - a_2 b_1) / (a_1 - a_2); \\ N &= (a_1 - a_2) / (b_2 - b_1). \end{aligned}$$

Решением такой системы является точка  $G(N_i, S'_i)$  (рис. 2.14, а). Минимальную себестоимость в этом случае имеют

$$\begin{aligned} 1 \leq N \leq (a_1 - a_2) / (b_2 - b_1); \\ (a_1 - a_2) / (b_2 - b_1) \leq N \leq +\infty. \end{aligned}$$

После исследования функций  $F(N, S)$  в обоих интервалах (при  $N = 1$ ) находим, что в первом интервале экономичным является процесс II, а во втором — процесс I.

В случае если определители  $N$  равны нулю, система уравнений не имеет решения и экономичной является одна из технологических линий на весь плановый период (рис. 2.14, б). При различной производительности технологической линии меняется эффективность процесса. Так, в интервалах от  $N_1$  до  $N_3$  самым экономичным будет процесс I, а свыше  $N_3$  — процессы IV, III и II не являются рациональными (рис. 2.14, в).

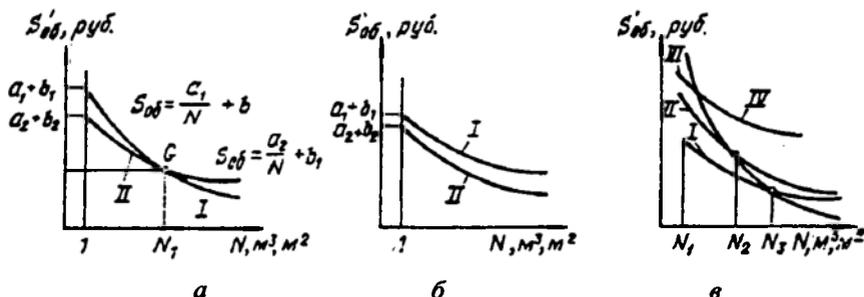


Рис. 2.14. Графическое решение системы уравнений (2.8):

*a* — при двух вариантах, если система имеет решение; *б* — то же, если система не имеет решения; *в* — при множестве вариантов

В некоторых случаях оперативного планирования производства и при размещении заказа по линиям возникает необходимость определения оптимального варианта процесса при его освоении или переналадке с учетом дополнительных затрат для выпуска серии изделий за определенное время. При этом важно установить, какой из анализируемых процессов будет самым рациональным при заданных параметрах производства. Постоянным фактором  $N_c = \text{const}$  является серийность изделия, а переменным фактором — время выполнения заказа  $T$ . В этом случае переменными затратами на единицу продукции и единицу времени будут затраты, связанные с содержанием оборудования  $K_\alpha$ , с его амортизацией  $K_\alpha A$ , а также цеховые затраты  $\Pi$ :

$$a_2 = (\Pi + \sum_{i=1}^n K_\alpha A) / (F_D N_c),$$

где  $n$  — количество элементов капитальных вложений;  $N_c$  — годовая мощность линии.

При анализе принимаем, что условно постоянными на единицу времени будут затраты на материалы одного изделия  $S_m$ , руб.; приведенные капиталовложения в оборудование и сооружения  $E_n K$ , руб., а также основная заработная плата  $Z_{oc}$  на единицу продукции, руб.:

$$b_2 = S_m + Z_{oc} + E_n K.$$

Тогда функция удельных затрат вида  $S'_{np} = aT + b_2$  является линейной, растущей по мере увеличения времени изготовления конструкций на технологической линии. Значение  $T$  может изменяться в пределах  $1 \leq T \leq F_d$ . При  $T = 1$   $S'_{np} = a_2 + b_2$ .

При двух методах изготовления конструкций минимум затрат можно получить при решении системы уравнений:

$$S'_{np} = a_2 T + b_2, \quad \text{или} \quad a_2 T - S'_{np} = -b_2;$$

$$S'_{np2} = a'_2 T + b_2 \quad \text{или} \quad a'_2 T - S'_{np2} = -b'_2;$$

$$S_{np} = (a_2 b'_2 - a_2 b_2) / (a_2 - a'_2); \quad T = (b'_2 - b_2) / (a_2 - a'_2),$$

где  $a_2, a'_2$  — переменные затраты, руб.;  $b_2, b'_2$  — постоянные затраты (не зависящие от  $T$ ), руб.

В случае увеличения анализируемых вариантов методы решения системы уравнений аналитическим путем усложняются и ее решают графически (рис. 2.15).

Рассмотренные ранее случаи позволяют определить рациональный вариант технологического процесса изготовления изделий на линиях с различной производительностью при постоянном значении  $F_d$  и на линиях с постоянной производительностью при изменении длительности выполнения заказа (серии изделий). Зачастую при оперативном планировании возникает необходимость комплексного решения этих задач и выбора при этом оптимального варианта технологического процесса  $F(N, T, S_{об})$ . Находим расчетные величины:

условно изменяющиеся затраты от  $F_d$  в единицу времени (руб.)

$$a_3 = (Ц + \sum_{i=1}^n K_{\alpha} A) / F_d;$$

условно изменяющиеся затраты от  $N$

$$b_3 = E_n / (N \sum_{i=1}^n K);$$

условно постоянные затраты на единицу продукции

$$C = Z_{oc} + S_M.$$

Тогда общее уравнение приведенных удельных затрат примет вид

$$\begin{aligned} S_{об} &= TЦ + \sum_{i=1}^n K_{\alpha} A / (N F_D) + E_H / (N \sum_{i=1}^n K) + Z_{oc} + S_M = \\ &= a_3 T / N + b_3 / N + C. \end{aligned}$$

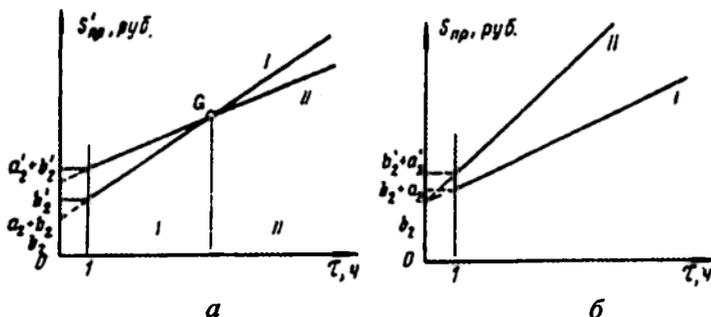


Рис. 2.15. Графоаналитическое решение систем уравнения при  $N_c = \text{const}$ :

*а* — при двух вариантах, если система имеет решение; *б* — то же, если система не имеет решения

Анализ такой функции можно провести в трехмерной системе координат с определением значения  $S_{об}$  в рациональной зоне процесса, выраженной в виде однополного гиперболоида, образованного кривыми изменений приведенных затрат при  $T = \text{const}$  и прямыми изменений этих затрат при  $N = \text{const}$ .

При рассматриваемой системе могут быть три вида изоквант (линий пересечения плоскостей с гиперболоидом) при различных значениях  $N$  и  $T$  (рис. 2.16):

при  $N = \text{const}$  и  $T = 1$

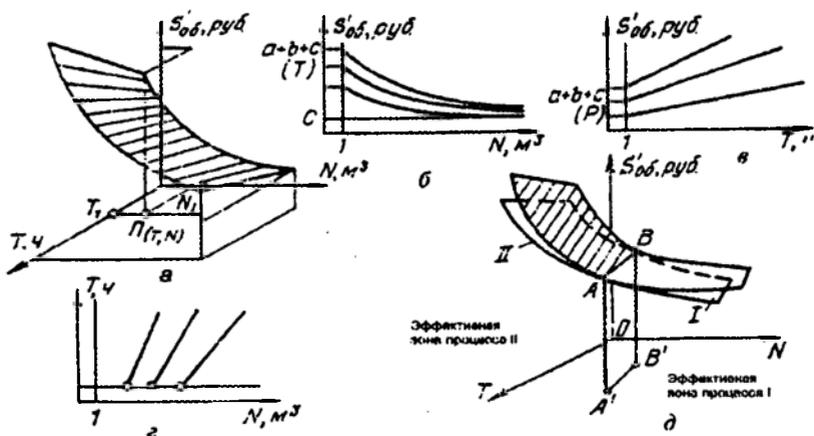
$$S'_{об} = (a_3 + b_3) / N + C;$$

при  $T = \text{const}$  и  $N = 1$

$$S_{пр} = a_3 T + b_3 + C.$$

При  $S_{пр} = \text{const}$  и  $N = T = 1$  можно получить семейство прямых параллельных плоскостей  $NT$ .

Из условий задачи (по минимизации затрат при возможном изменении производительности линии и длительности изготовления серии изделий) следует определить  $S_0 = \min$  при переменных  $N$  и  $T$ . Таким значениям будет отвечать точка пересечения плоскостей при  $N = \text{const}$  и  $T = \text{const}$  и их изоквант (рис. 2.16, *a—г*). Искомая поверхность, образованная изоквантами, является гиперboloидом.



**Рис. 2.16.** Изменения затрат  $S'_{об}$  в зависимости от  $N$  и  $T$ :   
*a* — пространственное изображение изменений затрат; *б* — изменения затрат от объема производства; *в* — изменения  $S'_{об}$  во времени; *г, д* — определение границ эффективности

При  $S'_{об1} = S'_{об2}$ , параллельной плоскости  $NT$ , проекции прямой и пересечения гиперboloидов на плоскости  $NT$  дают возможность определить область использования рассматриваемых процессов производства (рис. 2.16, *д*). В области между осью  $OT$  и прямой  $A'B'$  более экономичным является процесс II, а правее  $A'B'$  — процесс I. Для аналитического анализа оптимальности метода в различных интервалах следует составить таблицу сумм коэффициентов при различных значениях  $N$  и  $T$ :

$$\begin{aligned}
 S'_{об1} &= a' + b' + C_1; \\
 S'_{об2} &= a'' + b'' + C_2; \\
 &\dots\dots\dots \\
 S'_{обn} &= a_n + b_n + C_n.
 \end{aligned}$$

В случае, когда  $S'_{061} > S'_{062}$ , наиболее экономичным в этой зоне является процесс II. При  $S'_{061} < S'_{062}$  — наоборот, процесс I и т.д. Граница зон эффективности применения анализируемого варианта определяется уравнением

$$N = T(a' - a'') + (b' - b'') / (C_2 - C_1),$$

тогда значения, отвечающие неравенству

$$(a' - a'')T + (C_1 + C_2)N \leq b' - b'',$$

находятся в зоне эффективности процесса I, а значения, отвечающие неравенству

$$(a'' - a')T + (C_1 - C_2)N \leq b' - b'',$$

— в зоне эффективности процесса II.

При оперативном планировании значительного количества методов производства и нахождения областей минимальных затрат в зависимости от производительности линии можно использовать метод определения огибающей семейства гиперболоидов, которая, в свою очередь, является касательной к оптимальной точке каждого гиперболоида, находящегося в выделенном интервале.

Более сложными, но необходимыми в производственных условиях, особенно при оперативно-производственном планировании, являются определения оптимальной производительности линии  $N$  и длительности выполнения заказа при заданном уровне себестоимости изделий.

Если заводскую себестоимость изделий выразить зависимо-  
стью

$$S'_{06} = KT / (F_d N) + A,$$

где  $K$  — затраты, связанные с эксплуатацией линии, которые изменяются в зависимости от объема производства  $N$  и от времени эксплуатации линии  $T$ ;  $A$  — затраты, условно не изменяющиеся от значений  $N$  и  $T$ ,

тогда изокванты  $D'A'$  и  $B'C'$ , полученные в виде линии пересечения плоскости  $Z_{\Pi}$  и однополюсного гиперболоида, характеризующего изменение себестоимости изделий, являются областями эффективности технологических процессов (рис. 2.17).

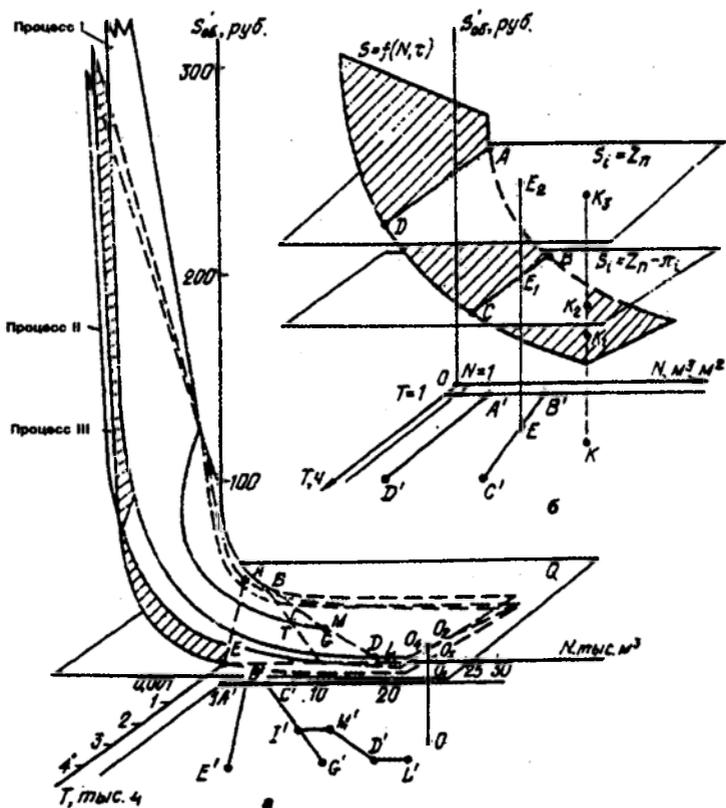


Рис. 2.17. Графическое определение оптимальной производительности линии, размера серии и длительности выполнения заказа при их анализе:

*a* — при ограничении себестоимости и прибыли; *б* — при ограничении себестоимости; — видимая линия; ---- невидимая линия; ▨ — видимая часть поверхности, описывающей изменения параметров процесса

В случае, когда себестоимость изделий равна оптовой цене  $Z_{\Pi}$  (плоскость  $S'_{об} = Z_{\Pi}$ ), производительность линии, а также размер серии изделий  $N_i$  и длительность выполнения заказа  $T_i$  ограничиваются областью, находящейся правее линии  $A'D'$ . В случае, когда планируется получение прибыли в размере  $\Pi_i$ , процесс будет эффективен только при параметрах  $N_i$ ,  $\Pi_i$  и  $T_i$ , которые проецируются на область, правее линии  $C'B'$ . Например, необходимо изготовить серию изделий  $\Pi_1$  за время  $T_1$ , координаты которых сходятся в точке  $E$ . Переносим точку на од-

нополюсный гиперboloид и плоскости, ограничивающие себестоимости изделий, находим, что экономические данные при эксплуатации линии будут обеспечены, себестоимость равна  $S_i$  (для  $i$ -го процесса), а прибыль —  $\Pi_i$ . При серии изделий  $\Pi_2$  и времени изготовления заказа  $T_2$  (точка  $K$ ) себестоимость изделий будет ниже заданной на величину отрезка  $K_1K_2 - \Delta\Pi$ , а прибыль — выше на эту величину:  $\Pi = \Pi_1 + \Delta\Pi$ .

Рассмотрим методику анализа технологического процесса при оперативном планировании на примере изготовления плит ПНС.

Изменение себестоимости изготовления плит ПНС агрегатным методом, в зависимости от производительности линии и длительности выполнения заказа, имеет вид однополюсных гиперboloидов. Линии пересечения плоскости  $Q$  с гиперboloидами, проецируемые на плоскость с координатами, дают возможность получить области эффективности каждого из анализируемых процессов. В процессе эксплуатации линии при данных условиях прибыль может быть получена только в том случае, если характеристика линии по объему серии  $\Pi_i$  и длительности выполнения заказа  $T_i$  будет находиться в области, которая простирается правее линии: для одного комбината (метод III) —  $A'E'$ , для другого (метод II) —  $B'I'C'$  и для третьего (метод I) —  $C'I'M'D'L'$ . Все другие случаи будут убыточными.

Допустим, что заказ определяет изготовление плит типа ПНС-10 в объеме  $N = 32000 \text{ м}^3$ , которые необходимо изготовить в течение  $T = 3300 \text{ ч}$ . Если технические данные линий обеспечивают заданные параметры, легко найти уровень прибыли. Точка  $O = 32000 \text{ м}^3$  ( $T = 3300 \text{ ч}$ ) находится в зоне эффективности всех трех процессов, а ожидаемая прибыль по процессу I  $\Pi = 32000 (15,2 - 11,5) = 118400 \text{ руб.}$ ; по процессу II  $\Pi = 32000 (51,2 - 45,8) = 172800 \text{ руб.}$ ; по процессу III  $\Pi = 32000 (51,2 - 42,1) = 291200 \text{ руб.}$

Ожидаемый уровень рентабельности по себестоимости:  
для процесса I

$$U_p = (15,2 - 11,5)/11,5 = 0,321 \text{ или } 32,1\%$$

для процесса II

$$U_p = (51,2 - 45,8)/45,8 = 0,118 \text{ или } 11,8\%$$

для процесса III

$$U_p = (51,2 - 42,1)/42,1 = 0,216 \text{ или } 21,6\%$$

Следовательно, разработку оперативного плана необходимо обязательно заканчивать его экономической оценкой, которая позволяет уточнить выводы анализа технологических характеристик процесса по производительности, серийности изделий и длительности выполнения заказа. Данный анализ дает полную оценку производства с установлением ожидаемых прибыли и уровня рентабельности линии, что является решающим на этапе оперативно-производственного планирования.

### 2.5.5. Закрепление за линией различных типоразмеров изделий

При оперативно-производственном планировании следует обращать особое внимание на изменение производительности многопредметной линии. При среднем времени переналадок  $t_{cp}$  и времени между выпуском отдельных партий  $R_{п}$  средней производительности многопредметной линии можно определить по формуле

$$N_{м} = [F_{д} - F_{д} / (R_{п} t_{cp})] m_{в} n / R_{п}.$$

Производительность однопредметной линии будет заметно выше многопредметной. Производительность однопредметной линии

$$N_{о} = (F_{д} - k_{в} m_{в}) / R_{п} = F_{д} k_{в} m_{в} / (m_{в} r_{cp}) = F_{д} k_{в} / r_{cp},$$

где  $k_{в}$  — время на обработку одного вида изделия, ч.

Тогда снижение производительности многопредметной линии по отношению к однопредметной

$$N_{о} / N_{м} = 1 - m_{в} / (R_{п} t_{cp}).$$

Из этого следует, что приведенные капитальные вложения в оборудование, амортизацию и содержание его на единицу продукции составят

$$S_{об}^m = \frac{K_{об}(E_{н} + \alpha A_{об}) r_{cp}}{F_{д} \left(1 - \frac{m_{в} t_{cp}}{R_{п}}\right)},$$

или

$$S_{об}^m = \frac{K_{об}(E_{н} + \alpha A_{об}) r_{cp}}{F_{д} m_{в}^{-n}} = \frac{K_{об}(E_{н} + \alpha A_{об}) r_{cp}}{F_{д}} m^n.$$

Пренебрегая возможным изменением заработной платы при формировании изделий одного типа, но различных типоразмеров и принимая равными затраты на интенсификацию твердения единицы объема бетона для обоих вариантов в зависимости от объема изделий  $V_{изд}$  и количества их видов  $m_B$ , закрепленных за одной линией, технологическую себестоимость  $S_{общ}$  можно выразить

$$S_{общ} = S_m - S_m(m-1)\beta + [M' K_{\phi}(E_H + \alpha_{\phi} A_{\phi}) T_{цф} m_B V_{худ} + K_{об}(E_H + \alpha_{об} A_{об}) r_{ср} m_B V_{изд} c_p] / F_d.$$

Если выразить эти затраты как функцию количества типов изделий  $m_B$ , взять первую производную от  $S_{общ}$  по  $m_B$  и приравнять ее к нулю, то оптимальное количество типов изделий найдем, решив уравнение

$$\frac{dS_{общ}}{dm_B} = \frac{M' K_{\phi}(E_H + \alpha_{\phi} A_{\phi}) T_{цф}}{F_d} - \frac{n K_{об}(E_H + \alpha_{об} A_{об}) r_{ср}}{F_d m_B^{1-n}} - S_{m\beta} = 0.$$

Тогда

$$\frac{dS_{общ}}{dm_B} = A - B \frac{1}{m_B^{1-n}} - S_{m\beta} = 0.$$

Рассмотрим изменение приведенных затрат, связанных, например, с изготовлением лотков, блоков стен подвала, фундаментных балок и бетонных подушек. По данным заводов, выпускающих изделия таких видов, можно получить оптимальное значение количества изделий, которые эффективнее всего изготавливать на одной технологической линии. При программе 5000—8000 м<sup>3</sup> в год значение  $n$  колеблется в пределах 0,05—0,15.

Графическое решение задачи приводится на рис. 2.18. В этом случае оптимальное значение  $m_B$  получится при  $\frac{dS_{общ}}{dm_B} = 0$  (кривая пересечет ось абсцисс). Когда это не наблюдается, более эффективным вариантом следует считать такой, при котором значение  $\frac{dS_{общ}}{dm_B}$  находится на наименьшем расстоянии от оси абсцисс. При данных условиях анализа на оптимальное значение  $m_B$  наряду с другими факторами оказывает влияние металлоемкость оснастки. Например, для оснастки с металлоемкостью 1—2 т/м<sup>3</sup> оптимальным является 6 типоразмеров лот-

ков, при  $3 \text{ т/м}^3$  — 22 типоразмера с толщиной стенок 100 и 90 мм, а при  $4 \text{ т/м}^3$  — типоразмер с толщиной стенок 100 мм. При изготовлении блоков более эффективным вариантом количество видов фундаментных балок и бетонных подушек также зависит от металлоемкости форм.

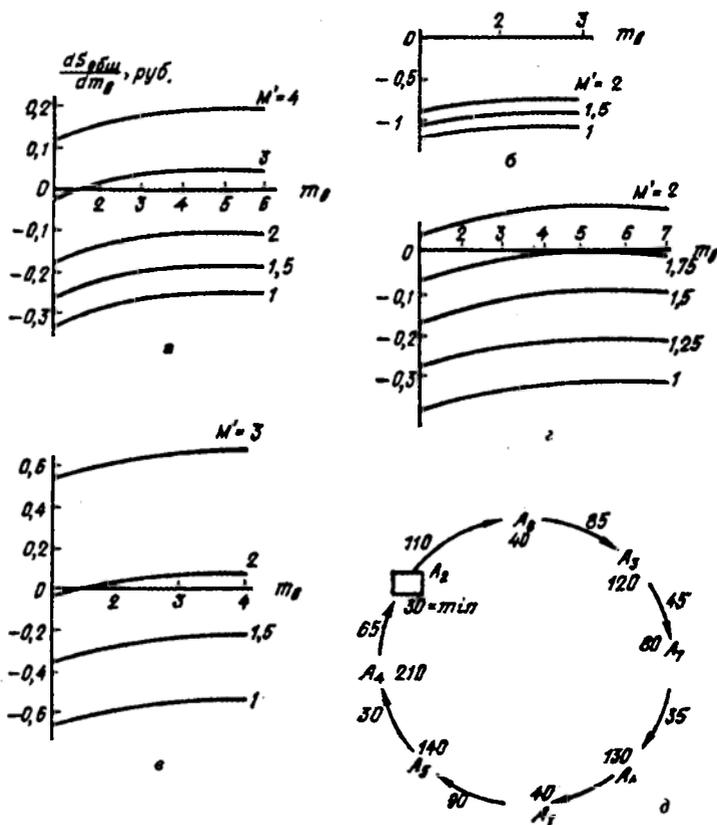


Рис. 2.18. Изменение  $\frac{dS_{общ}}{dm_n}$  в зависимости от типоразмера

изделий и металлоемкости оснастки  $M'$ :

- a* — лотки; *б* — блоки стен подвала; *в* — фундаментные блоки;
- г* — бетонные подушки; *д* — циклограмма последовательности обработки изделий (начало цикла —  $A_2$ );  $A_1, A_2, \dots, A_8$  — типы конструкций

Следовательно, при анализе процесса нельзя однозначно выбрать его оптимальные параметры. Они могут меняться в

зависимости от многих технологических факторов и должны подбираться на научной основе. При разработке технологического ряда идентичную задачу можно решить по количеству материалов на конструкции  $\Delta S_M$  и по экономии затрат при их изготовлении  $\Delta S_{изг}$  с использованием ЭВМ.

## 2.5.6. Анализ программы запуска изделий

Программа запуска порции изделий по отдельным цехам и переделам разрабатывается с учетом межлинейных, оборотных транспортных заделов с таким расчетом, чтобы выпуск продукции отвечал заданиям. Рассматривая технологический процесс производства на заводах в виде математической модели, пропорциональность распределения программы на основе сопряжения питающих и потребляющих линий можно выразить формулами:

$$N^{I\text{вып}} = \sum_{i=1}^n N_i^{I\text{зап}} = \sum_{i=1}^n N_i^{\text{мл}} / T_{\text{пл}};$$

$$N^{I\text{зап}} = \sum_{i=1}^n N_i^{I\text{вып}} (1 + \alpha / 100) \sum_{i=1}^n N_i^{\text{вл}} / T_{\text{пл}},$$

где  $N^{I\text{вып}}$  — программа выпуска питающей линии, м<sup>3</sup>;  $n$  — количество типов изделий;  $N_i^{I\text{зап}}$  — программа запуска потребляющей линии, м<sup>3</sup>;  $N_i^{\text{мл}}$  — количество, необходимое для восполнения межлинейного задела, м<sup>3</sup>;  $T_{\text{пл}}$  — длительность планового периода, дни;  $N^{I\text{зап}}$  — программа запуска питающей линии, м<sup>3</sup>;  $\alpha$  — коэффициент, характеризующий степень использования мощности линии;  $N_i^{\text{вл}}$  — внутрелинейный задел на питающей линии.

Объем производства, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, определяется по отдельным зонам и сменам:

для приготовления, например, бетонной смеси

$$П_{б.см} = \sum_{i=1}^n N_i^{I\text{зап}} K_{\text{п}} / (K_{\text{т.п}} C_{\text{м}});$$

для обработки арматуры и изготовления арматурных элементов

$$П_{а.см} = \sum_{i=1}^n N_i^{I\text{зап}} Q_a / [C_{\text{м}} (1 + \alpha / 100)] + \Delta Z'_{\text{вл}};$$

для формования изделий

$$P_{\text{ф.см}} = \sum_{i=1}^n N_i^{\text{IIIзап}} / [(K_{\text{т.п}} C_{\text{м}})(1 + \alpha / 100)] + \Delta Z'_{\text{мл}};$$

для термообработки бетона

$$P_{\text{т.см}} = \sum_{i=1}^n N_i^{\text{IVзап}} / [C_{\text{м}}(1 + \alpha / 100)];$$

для обработки (отделки) изделий

$$P_{\text{обр}} = \sum_{i=1}^n N_i,$$

где  $N_i^{\text{Iзап}}$ ,  $N_i^{\text{IIIзап}}$ ,  $N_i^{\text{IVзап}}$  — суточная программа запуска потребляющей зоны  $i$ -го изделия (формование, термообработка, отделка);  $K_{\text{п}}$  — коэффициент пустотелости изделий;  $K_{\text{т.п}}$  — коэффициент технологических потерь;  $C_{\text{м}}$  — число смен в сутки по принятому режиму;  $\alpha$  — процент брака по зонам;  $Q_{\text{а}}$  — расход арматурных элементов по  $i$ -му изделию, шт.;  $\Delta Z$  — задел.

При этом объем задела обычно должен быть определен для полуфабрикатов и материалов, которые поставляются на посты армирования и формования. Межлинейный задел состоит из суммы оборотных  $\Delta Z_{\text{об}}$ , транспортных  $\Delta Z_{\text{тр}}$  и межлинейных  $\Delta Z_{\text{мл}}$  заделов с учетом принятых единиц измерения ( $\text{м}^3$ ,  $\text{м}^2$ ):

$$\begin{aligned} \Delta Z &= \Delta Z_{\text{об}} + \Delta Z_{\text{тр}} + \Delta Z_{\text{мл}}; \\ \Delta Z_{\text{об}} &= N_{\text{ч}}(t_{\text{мин}} - t_{\text{мак}}); \\ \Delta Z_{\text{тр}} &= P_{\text{тр}} / (K_{\text{о}} r'); \quad \Delta Z_{\text{мл}} = t_{\text{п}} / r, \end{aligned}$$

где  $N_{\text{ч}}$  — часовая программа линии с меньшей производительностью;  $t_{\text{мин}}$ ,  $t_{\text{мак}}$  — продолжительность работы линии за смену с меньшей и большей производительностью, ч;  $P_{\text{тр}}$  — период транспортирования;  $K_{\text{о}}$  — количество одновременно транспортируемых комплектов;  $t_{\text{п}}$  — время взаимного перебоя в работе питающей линии;  $r'$ ,  $r$  — такты потребляющей и питающей линий соответственно.

## 2.5.7. Анализ последовательности обработки изделий технологического ряда

На многопредметной технологической линии наблюдается организация поточного производства с различными параметрами в зависимости от вида изделий и длительности их изготовления. Поэтому работа некоторых многопредметных линий осуществляется с переменным тактом. Постоянные параметры

потока можно сохранять на несколько смен, так как этого требует комплектация изделия. Переход производства от одного типа изделия к другому требует различных по объему затрат. Следовательно, оперативно-производственное планирование должно проходить с установлением последовательности переналадки технологической линии с наименьшими затратами. Для этого можно использовать математический метод наибольших суммарных величин.

Принимаем, что технологический ряд многопредметной линии состоит из конструкций 8 типов ( $A_1, A_2, \dots, A_8$ ). Затраты на переналадку оборудования при переходе от одной партии к другой приведены в табл. 2.13. Кроме того, устанавливаются затраты, связанные с пуском технологической линии при условии, что она находится в положении  $A_i$ . Затраты на пуск линии — 40, 30, 120, 210, 140, 130, 80, 40 руб. Вид изделия  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$ . Следовательно, при указанных условиях существует большое количество возможных вариантов переналадок, из которых необходимо найти такой, которому соответствуют минимальные затраты при постоянной величине ресурсов. Математический метод наибольших суммарных величин позволяет установить при определенной последовательности (путем роста суммарных объемов затрат) минимальные затраты на обработку железобетонных изделий (табл. 2.14).

Т а б л и ц а 2.13

ЗАТРАТЫ НА ПЕРЕНАЛАДКУ ОБОРУДОВАНИЯ, РУБ.

$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_i$
—	100	120	80	140	200	40	90	$A_1$
100	—	50	40	80	100	90	110	$A_2$
120	50	—	30	60	70	100	100	$A_3$
80	40	30	—	100	80	40	30	$A_4$
140	80	60	100	—	70	80	60	$A_5$
200	100	70	80	70	—	90	40	$A_6$
40	90	100	40	80	90	—	40	$A_7$
90	120	100	30	60	40	40	—	$A_8$

### Нахождение минимальных затрат по матрице

$B_4 =$ $= B_6 - A_5$	$B_5 =$ $= B_5 - A_1$	$B_5 =$ $= B_4 - A_4$	$B_4 =$ $= B_3 - A_3$	$B_3 =$ $= B_2 - A_7$	$B_2 =$ $= B_1 - A_2$	$B_1 =$ $= \sum A_i - A_8$	$\sum A_i$
—	—	—	180	250	370	470	670
—	140	240	345	400	495	495	605
—	—	—	—	—	—	—	630
—	30	80	220	335	485	550	710
—	—	120	265	390	545	620	785
—	—	—	—	—	495	600	715
—	—	—	—	505	505	600	790
—	—	—	—	—	—	1025	1025
						1-е	
					2-е		
				3-е			
			4-е				
		5-е					
	6-е						
7-е преобразование							

Таблица 2.14

последовательности технологического ряда, руб.

$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$A_7$	$A_8$	$A_i$
—	100	70	50	90	40	120	200	$A_1$
100	—	55	65	72	105	95	110	$A_2$
70	55	—	115	125	135	45	85	$A_3$
50	65	115	—	30	140	150	160	$A_4$
90	75	125	30	—	145	155	165	$A_5$
40	105	135	140	145	—	35	115	$A_6$
120	95	45	150	155	35	—	190	$A_7$
200	110	85	160	165	115	190	—	$A_8$
670	605	630	710	785	715	790	1025	$\Sigma A_i$
600	—	545	595	660	580	745	—	$\Sigma A_i - A_1$
400	—	460	435	495	465	555	—	$\Sigma A_i - A_1 - A_8$
360	—	325	295	370	465	—	—	$\Sigma A_i - A_1 - A_8 - A_6$
240	—	—	145	195	430	—	—	$\Sigma A_i - A_1 - A_8 - A_6 - A_7$
240	—	—	95	105	—	—	—	$\Sigma A_i - A_1 - A_8 - A_6 - A_7 - A_4$
—	—	—	65	30	—	—	—	$\Sigma A_i - A_1 - A_8 - A_6 - A_7 - A_4 - A_5$
—	—	—	—	30	—	—	—	$\Sigma A_i - A_1 - A_8 - A_6 - A_7 - A_4 - A_5 - A_2$

Минимальные затраты на переналадку находят по матричной системе:

- записывают суммарные затраты по колонкам и строкам  $A_i$ ;
- выбирают наибольшую суммарную величину или любую из равных максимальных, если они имеются (в нашем случае колонка  $A_8$  — затраты 1025 руб.);
- выбирают в колонке  $A_8$  минимальную сумму переналадки ( $A_3 = 85$  руб.) и производят преобразование (останавливаются на переходе  $A_8 \rightarrow A_3$  — 85 руб., а остальные затраты по колонке  $A_8$  и строке  $A_3$  вычеркивают);
- выбирают наибольшую суммарную величину из оставшихся затрат в матрице ( $A_7 = 745$  руб.) и аналогично выполняют второе преобразование;
- минимальное число выбирается из строки за вычетом затрат обратной связи предыдущей переналадки  $A_8 \rightleftharpoons A_3$ .

По расчетным данным строится циклограмма с учетом затрат по переходу от положения  $A_8$  к  $A_{\text{раб}}$ . По наружной окружности указываются затраты, связанные с переналадкой оборудования, а по внутренней — с подготовкой линии к рабочему состоянию. Минимальные затраты по подготовке линии и переналадке оборудования будут при цикле

$$A_2 \rightarrow A_4 \rightarrow A_5 \rightarrow A_1 \rightarrow A_6 \rightarrow A_7 \rightarrow A_3 \rightarrow A_8,$$

т. е. обратные рассчитанному. Тогда минимальные общие затраты могут быть найдены по формуле

$$Z_{\text{сб}} = Z_{\text{ц}} - Z_{\text{пз}} + Z_{\text{п}},$$

где  $Z_{\text{ц}}$  — затраты цикла:  $Z_{\text{ц}} = A_1 \rightarrow A_2, \dots, A_i$ ;  $Z_{\text{п}}$  — затраты последнего звена цикла;  $Z_{\text{пз}}$  — затраты на подготовку линии.

Следовательно, при оперативно-производственном планировании производства изделий на многопредметной линии можно добиться значительного снижения технологических затрат только путем рациональной организации процесса и установления научно обоснованных его параметров.

## 2.5.8. Анализ выбора рациональных агрегатов обработки изделий

В производственной практике часто возникает необходимость выбора наиболее рационального агрегата с различными параметрами. Например, в производстве строительных материалов, изделий и конструкций используются различные агрегаты для интенсификации таких процессов, как сушка керамики, древесины, обжиг керамики, тепловая обработка бетона и др. После установления организационно-технологической связи между основными параметрами производства необходимо установить организационные параметры по каждому переделу, в том числе и по отдельным агрегатам (по их объему и взаимосвязи с производительностью всего процесса, по длительности стадийных циклов и т. п.). Наилучшие результаты можно получить при моделировании этой системы и решении задачи по какому-либо критерию. Например, для тепловой обработки строительных материалов и изделий широко используются тепловые агрегаты разных типов. При проектировании организации производства необходимо установить рациональную длительность тепловой обработки  $t_{об}$  с учетом изменения при этом стоимости материалов и затрат производства на содержание этих агрегатов. Изменение затрат на тепловую обработку бетонных изделий как функцию от ее длительности  $t_{об}$  можно проанализировать по следующим составляющим.

Стоимость материалов, например, на приготовление тяжелого бетона на вяжущих увеличивается с уменьшением  $t_{об}$  и может быть записана в следующем виде:

$$S_M^{об} = B^n (S_M^0 - \alpha_0 \eta) K' / t_{об}^n.$$

где  $(S_M^0 - \alpha_0 \eta)$  — стоимость материалов для тяжелого бетона с учетом удобоукладываемости смеси;  $B, \eta$  — коэффициенты, характеризующие изменение стоимости материалов при различной длительности термообработки  $t_{об}$ ;  $K'$  — коэффициент, учитывающий дефицитность ресурсов (цемента):  $B = 12$  при использовании портландцементов и  $B = 14$  — при шлакопортландцементах.

Приведенные затраты на оборудование тепловых агрегатов и на их содержание для пакетировщиков при длительности цикла тепловой обработки  $T_{гр} = t_{об} \beta_1$  могут быть записаны так, руб.:

$$S'_{об} = \frac{\alpha_1 F'_T (E_H + \alpha_{об} A_{об})}{F'_d V'_{изд}} t_{об} \beta_1 \beta_2 = A_1 t_{об} \beta_1 \beta_2,$$

где  $F'_T$  — технологическая база изделия, м<sup>2</sup>;  $E_H = 0,12$  — нормативный коэффициент эффективности;  $\alpha_{об} = 4$  — коэффициент, учитывающий затраты на содержание оборудования;  $A_{об} = 0,156$  — норма амортизационных отчислений на оборудование;  $F'_d$  — действительный фонд времени работы оборудования, ч;  $V'_{изд}$  — объем изделия, м<sup>3</sup>;  $\beta_1$  — коэффициент, характеризующий затраты времени на загрузку агрегатов:

$$\beta_1 = 1 + 0,1 n_k r;$$

$n_k$  — число изделий в камере, в стопке (для щелевых, вертикальных камер, передвижных и стационарных пакетировщиков  $n_k = 1$ );  $r$  — такт линии, ч;  $\beta_2$  — коэффициент, характеризующий эффективность прогрева бетона (при прогреве в формах  $\beta_2 = 1$ ; в формах, закрытых сверху металлическим листом,  $\beta_2 = 0,8$ ; в формах с укрытием резиновым листом или полиамидной пленкой  $\beta_2 = 0,85$ ; в пакетировщиках  $\beta_2 = 0,9$ );  $\alpha_1$  — удельные затраты.

Для других видов агрегатов

$$S_{об} = \alpha_1 (E_H + \alpha_{об} A_{об}) t_{об} \beta_1 \beta_2 / (F_d V_{изд}) = A_1 t_{об} \beta_1 \beta_2.$$

Приведенные средние удельные затраты на формы и на их содержание можно выразить следующим образом:

$$S'_{ср} = M_{ф} C_{ф} (E_H + \alpha_{ф} A_{ф}) t_{об} \beta_1 \beta_2 / F_d = A_2 t_{об} \beta_1 \beta_2,$$

где  $M_{ф}$  — металлоемкость форм для ямных камер, т<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;  $C_{ф}$  — стоимость форм, руб./м<sup>3</sup>;  $\alpha_{ф}$  — коэффициент, учитывающий затраты на содержание форм ( $\alpha_{ф} = 2$ ;  $A_{ф} = 0,303$ ).

Приведенные удельные затраты на вагонетки-поддоны (если формы устанавливаются на поддоны или закрепляется бортоснастка)

$$S'_n = P_n C_n (E_H + \alpha_n A_n) t_{об} \beta_1 \beta_2 / (F'_d V'_{изд}) = A_3 t_{об} \beta_1 \beta_2,$$

где  $P_n$  — масса поддона, т;  $C_n$  — стоимость поддона, руб./т;  $V'_{изд}$  — объем изделий, размещающихся на поддоне, м<sup>3</sup>;  $\alpha_n = 2,5$ ;  $A_n = 0,133$  (для форм вагонеток с бортами  $A_n = 0,176$ ).

Приведенные затраты на строительную площадь для пакетировщиков

$$S'_{пл} = \alpha_4 F'_T C_{пл} (E_H + \alpha_{пл} A_{пл}) t_{об} \beta_1 \beta_2 / F_d = A_4 t_{об} \beta_1 \beta_2;$$

для щелевых, вертикальных и ямных камер

$$S'_{пл} = \alpha_4 C_{пл} (E_n + \alpha_{пл} A_{пл}) t_{об} \beta_1 \beta_2 / (R_{зап} F_d) = A_4 t_{об} \beta_1 \beta_2,$$

где  $\alpha_4$  — коэффициент, характеризующий использование площади (для стационарного пакетиروщика  $\alpha_4 = 0,5$ ; для передвижного —  $\alpha_4 = 1$ ; для пакета термоформ  $\alpha_4 = 0,4$ ; для щелевых камер  $\alpha_4 = 3$ ; для вертикальных —  $\alpha_4 = 0,25$ ; для ямных —  $\alpha_4 = 0,4$ );  $C_{пл}$  — стоимость 1 м<sup>2</sup> площади УТП-1;  $R_{зап} = 0,1+0,35$  — коэффициент заполнения камер ( $A_{пл} = 0,025$ ).

Приведенные затраты на спецоборудование (камер и др.):  
для пакетирировщиков

$$S'_c = \alpha_5 F'_T (E_n + \alpha_c A_c) t_{об} \beta_1 \beta_2 / (F_d V_{изд}) = A_5 t_{об} \beta_1 \beta_2;$$

для щелевых, вертикальных и ямных камер

$$S'_c = \alpha_5 (E_n + \alpha_c A_c) t_{об} \beta_1 \beta_2 / (R_{зап} F_d) = A_5 t_{об} \beta_1 \beta_2,$$

где  $\alpha_5$  — коэффициент, характеризующий удельные затраты, руб.;  $\alpha_c$  — удельные капитальные вложения, руб.;  $A_c = 0,025\%$  — амортизационные отчисления.

Полную заработную плату рабочих можно найти по формуле

$$S_3 = \alpha_6 t_{об} \beta_2,$$

где  $\alpha_6$  — удельная полная заработная плата за единицу времени, руб. (для стационарного пакетирировщика  $\alpha_6 = 0,06$ ; для передвижного —  $\alpha_6 = 0,05$ ; для пакета термоформ и щелевой камеры  $\alpha_6 = 0,07$ ).

Энергия для технологических целей

$$S_3 = 0,1 p C_3 (0,7 + 0,3 t_{об}) \beta_2; \quad S_3 = 0,07 p C_3 + 0,03 p C_3 t_{об},$$

где  $p$  — расход энергии (пара, электроэнергии) на тепловую обработку изделия, кВт · ч;  $C_3$  — стоимость единицы энергии, руб.

При учете описанных закономерностей изменения отдельных частей приведенных затрат общее уравнение связи будет иметь вид

$$S'_{об} = \frac{B^n (S_m^0 - \alpha_1 \eta) K'}{t_{об}^n} + (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) t_{об} \beta_1 \beta_2 + (\alpha_6 + \alpha_7) t_{об} \beta_2 + \alpha_8. \quad (2.9)$$

При анализе затрат с целью нахождения экстремального значения необходимо взять первую и вторую производные:

$$\frac{dS'_{06}}{dt_{06}} = \frac{B^n (S_M^0 - \alpha_0 \eta) n K'}{t_{06}^{n+1}} + (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) \beta_1 \beta_2 + (\alpha_6 + \alpha_7) \beta_2 = 0.$$

Следовательно, из формулы (2.9) можно получить минимум функции

$$t_{06} = n+1 \sqrt{\frac{nB^n (S_M^0 - \alpha_0 \eta) n K'}{(A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) \beta_1 - (\alpha_6 + \alpha_7) \beta_2}}.$$

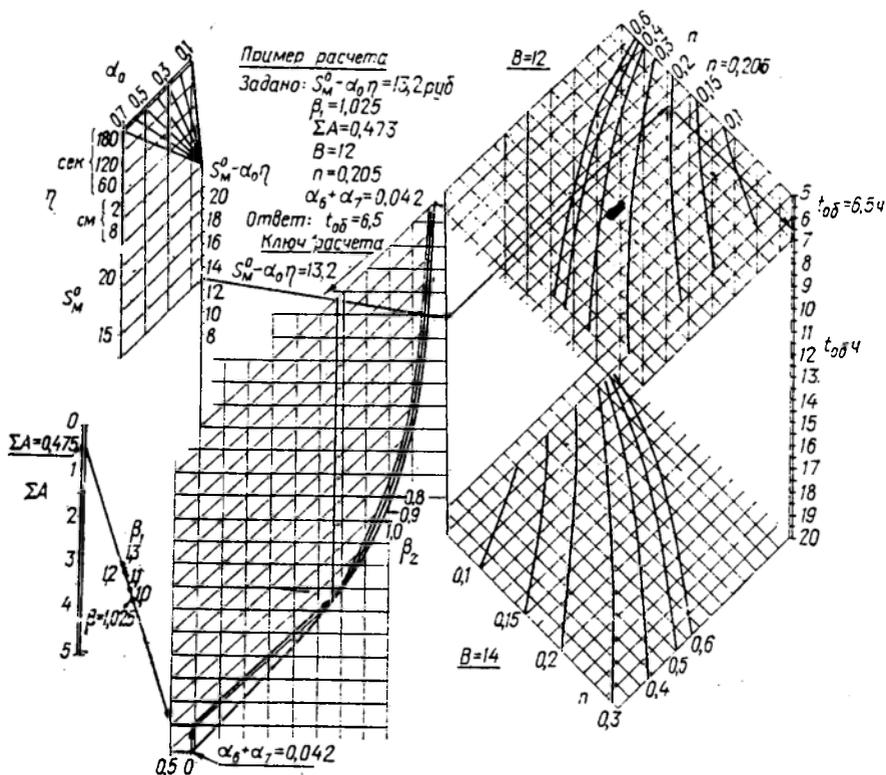


Рис. 2.19. Номограмма для определения оптимальной длительности термовлажностной обработки изделий

Графическая модель и пример определения оптимального значения  $t_{06}$  приводятся на рис. 2.19 при следующих исходных

данных:  $S_M^0 = 13,2$  руб.;  $\beta_1 = 1,025$ ;  $\Sigma A = 0,473$  руб.;  $B = 12$ ;  $n = 1,205$ ;  $\alpha_6 + \alpha_7 = 0,042$  руб.

После определения оптимальной длительности тепловой обработки для каждого из агрегатов можно перейти к выявлению их рациональности в конкретных условиях производства. С этой целью необходимо определить для анализируемых способов тепловой обработки приведенные удельные затраты при оптимальном значении  $t_{об}$ :

$$S'_{пр} = \frac{B^n (S_n^0 - \alpha_0 \eta) K'}{t_{об}^n} + t_{об} \beta_1 [(A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5) B_1 + (\alpha_6 + \alpha_7)] \quad (2.10)$$

Из анализа видно, что наиболее рациональным из рассматриваемых следует считать тот способ, у которого минимальное значение  $S'_{пр}$ . Приведенные удельные затраты  $S'_{пр}$  на тепловую обработку изделий можно определять аналитическим путем (уравнение (2.10)) или графоаналитическим (рис. 2.20), т. е. путем суммирования кривых 1, 2, ..., 6 с кривой  $S_M$ ). Рациональный агрегат выбирается по анализу кривых.

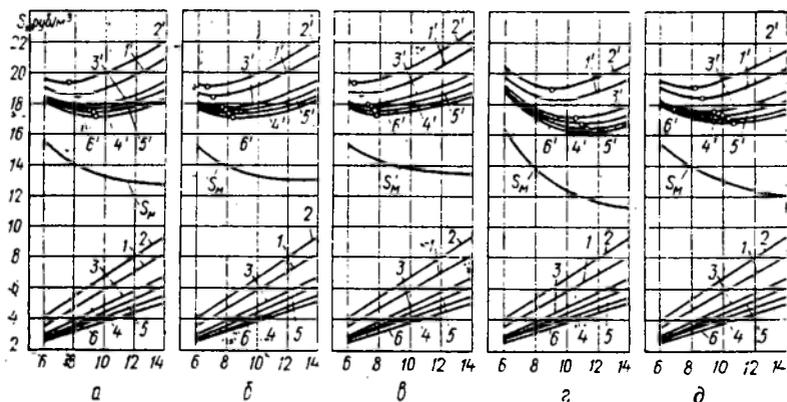


Рис. 2.20. Изменение приведенных затрат на тепловую обработку  $1 \text{ м}^3$  изделий из тяжелого бетона М200:

*a, б, в* — на порглицементе соответствуют М300, М400, М500; *г, д* — на шлакопортглицементе М300 и М400; 1 — удельные затраты на тепловую обработку при обработке в стационарном пакетирующем, 2 — в передвижном, 3 — в пакете термоформ, 4 — в вертикальной камере, 5, 6 — в щелевой и ямной камерах; 1'—6' — приведенные затраты

## **Вопросы для самопроверки**

- 1. Изложите основные задачи комплексного анализа производственного процесса.*
- 2. Для чего проводится оценка интенсивности и эффективности производства?*
- 3. Составьте схему взаимосвязей экстенсивных и интенсивных факторов производства.*
- 4. По каким показателям анализируется динамика реализации продукции?*
- 5. Как можно оценить качество продукции?*
- 6. Какие основные показатели анализируются при оценке выполнения договорных обязательств?*
- 7. Раскройте сущность анализа ритмичности производства.*
- 8. Для чего и как проводится оценка продукции на ее технологичность?*
- 9. Какие особенности существуют при оценке комплекта изделий на технологичность?*
- 10. В чем заключается анализ способов производства и их параметров?*
- 11. Какова основная цель технического анализа технологического процесса?*
- 12. Каким методом можно выбрать рациональный вариант распределения заказов по отдельным технологическим линиям?*
- 13. Какие особенности производства учитываются при определении рациональной последовательности обработки разнообразных изделий на технологической линии?*
- 14. Каким образом провести анализ программы запуска изделий?*
- 15. Раскройте сущность выбора рациональных агрегатов для обработки изделий.*

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВА

### 3.1. Анализ использования трудовых ресурсов

Обеспеченность предприятия трудовыми ресурсами определяется сравнением фактического количества работников по категориям и профессиям с плановой потребностью, с анализом обеспечения предприятия кадрами наиболее важных профессий по качественному составу и по квалификации.

Соответствие квалификации рабочих сложности выполняемых работ оценивают путем сопоставления средних тарифных разрядов работ и рабочих по средневзвешенной:

$$T_p = \frac{\sum T_p \cdot KP_i}{\sum KP}; \quad T_p = \frac{\sum T_{pi} \cdot VP_i}{\sum VP},$$

где  $T_p$  — тарифный разряд;  $KP$  — количество (численность) рабочих;  $VP_i$  — объем работ каждого вида.

Если фактический средний тарифный разряд рабочих ниже планового и ниже среднего тарифного разряда работ, то это может привести к выпуску менее качественной продукции.

Анализ использования трудовых ресурсов осуществляется по следующим показателям.

*По движению трудовых ресурсов:* движение рабочей силы по процессам рассчитывают и анализируют:

по коэффициенту оборота рабочих, принятых на работу,

$$K_{пр} = \frac{\text{Количество принятого на работу персонала}}{\text{Среднесписочная численность персонала}};$$

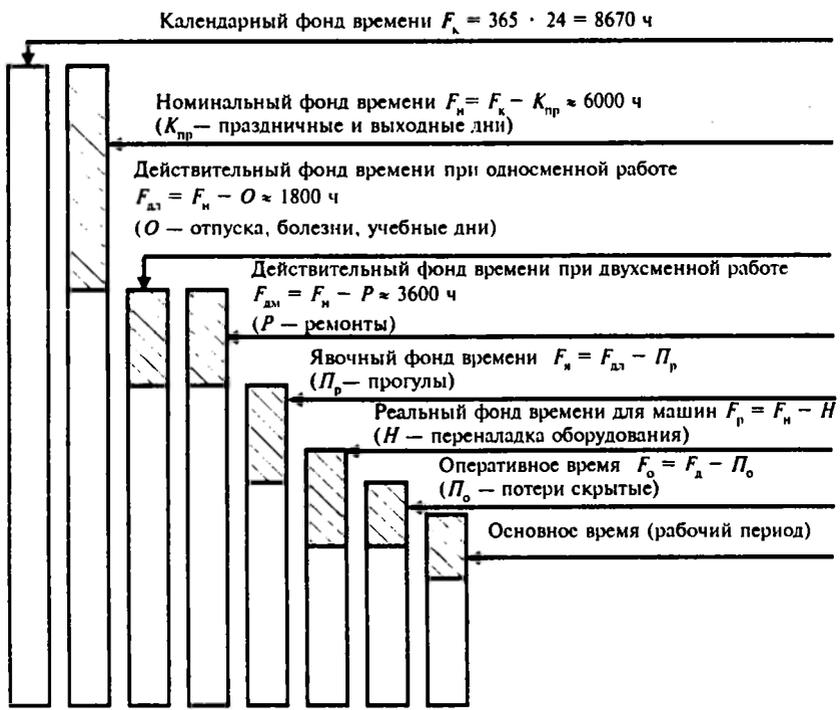


Рис. 3.1. Формирование фондов времени

по коэффициенту оборота по выбытию рабочих

$$K_{\text{в}} = \frac{\text{Количество уволившихся работников}}{\text{Среднесписочная численность персонала}};$$

по коэффициенту текучести кадров

$$K_{\text{т}} = \frac{\text{Количество уволившихся по собственному желанию и за нарушение трудовой дисциплины}}{\text{Среднесписочная численность персонала}};$$

по коэффициенту постоянства персонала на предприятии

$$K_{\text{пс}} = \frac{\text{Количество работников, проработавших весь год}}{\text{Среднесписочная численность персонала}}.$$

**По использованию трудовых ресурсов:** использование трудовых ресурсов можно оценить по количеству отработанных дней и часов одним работником за анализируемый период времени  $D$ , по степени использования фонда рабочего времени  $\PhiРВ$  (рис. 3.1), а также численности рабочих  $KР$  и средней продолжительности рабочего дня  $P$ :

$$\PhiРВ = KР \cdot D \cdot P;$$

Если фактически одним рабочим отработано меньше дней и часов, чем предусматривалось планом, то сверхплановые потери рабочего времени составят:

целодневные, ч,

$$\text{ЦДП} = (D_{\text{ф}} - D_{\text{пл}}) \cdot KР_{\text{ф}} \cdot P_{\text{пл}} = (230 - 240) \cdot 1653 \cdot 8 = 132240;$$

внутридневные, ч,

$$\text{ВСП} = (P_{\text{ф}} - P_{\text{пл}}) \cdot D_{\text{ф}} \cdot KР_{\text{пл}} = (7,8 - 8,0) \cdot 230 \cdot 1653 = 76038;$$

Всего 208278.

Формирование фондов времени иллюстрирует рис 3.1.

Анализ использования трудовых ресурсов при необходимости проводится по категориям работников по производственному подразделению или по предприятию в целом (табл. 3.1).

**По производительности труда:** анализ производительности труда осуществляется по обобщающим, частным и вспомогательным показателям.

*К обобщающим показателям* относятся среднегодовая, среднедневная и среднечасовая выработка продукции одним рабо-

чим, а также среднегодовая выработка продукции на одного работающего в стоимостном выражении.

Т а б л и ц а 3.1

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Показатель	Преды- дущий год	Отчетный год		Отклонение (+, -)	
		Прогноз	Факт	от пре- дыдущего года	от прогноза
Среднегодовая численность (количество) рабочих (КР)	1620	1600	1653	+ 33	+ 53
Отработано за год одним рабочим:					
дней (Д)	238	240	230	- 8	- 10
часов (Ч)	1868	1920	1794	- 74	- 26
Средняя продолжительность рабочего дня (П), ч	7,85	8	7,8	- 0,05	- 0,2
Фонд рабочего времени, тыс. ч	3026,6	3072	2965,48	- 61,12	- 106,52
В том числе сверхурочно отработанное время, тыс. ч	19,3	—	15,2	- 4,1	+ 15,2

К частным показателям относятся затраты времени на производство единицы продукции (трудоемкость продукции) или объем выполненных работ (услуг) в натуральном выражении за один человеко-день или один человеко-час.

К вспомогательным показателям относятся затраты времени на выполнение работ (услуг) за единицу времени (выработка).

Рассмотрим наиболее распространенный анализ производительности труда по среднегодовой и среднечасовой выработке.

Среднегодовая выработка продукции одним работником рассчитывается и анализируется на основе алгоритма взаимосвязей факторов, влияющих на искомую величину\* (рис. 3.2). Тогда уравнения связи примут следующий вид:

\* Источник: Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. — М.: Эксперспектива, 1997.

среднегодовая выработка

$$V_r = УД \cdot Д \cdot П \cdot СВ,$$

доля рабочих в общей численности

$$\Delta V_r = \Delta УД \cdot V_{r \text{пл}};$$

среднечасовая фактическая выработка

$$\Delta V_{\text{Гч}} = УД_{\text{ф}} \cdot Д_{\text{ф}} \cdot П_{\text{ф}} \cdot СВ_{\text{ф}}.$$

В некоторых случаях выработку рабочих рассчитывают по *многофакторным корреляционным моделям*, например, по *фондовооруженности* и *энерговооруженности* труда, сроку службы оборудования, материалоемкости продукта и т.п.



Рис. 3.2. Алгоритм взаимосвязей факторов, определяющих среднегодовую выработку продукции работника предприятия

*По трудоемкости продукции:* трудоемкость — это затраты времени  $T_i$  на объем выпускаемой продукции, и она может быть определена на единицу продукции или на его полный объем  $V$ :

$$TE_{об} = T_i; \quad TE_{ед} = T_i/V.$$

*Трудоемкость изготовления* — это показатель, отражающий затраты труда на изготовление изделия и конструкции на конкретной технологической линии с учетом ее производительности. На стадии проектирования технологических процессов трудоемкость можно определить аналитическим путем, например расчетом по аналогу. Так, по фактическим данным заводов представляется возможным построить номограммы трудоемкости изготовления изделий (рис. 3.3), которые с достаточной степенью точности позволяют определить трудоемкость на стадии технологической подготовки. Изменение трудоемкости в зависимости от формы организации процесса (характеризующейся количеством постов  $m$ ) и производительности технологической линии  $N$  для сборки изделий из узлов выражается криволинейной поверхностью  $ABCDEK$ , а сборки изделия из деталей — поверхностью  $ABCD$ . Штриховыми линиями показано пересечение поверхности с плоскостями, параллельными плоскости  $NOm$ , отстоящими от начала системы координат на различную масштабную величину трудоемкости. Например, линия  $aa'$  характеризует трудоемкость в 6 чел.-ч/шт., линия  $bb'$  — 4,5 чел.-ч/шт., а линия  $cc'$  — 3 чел.-ч/шт.

*По оплате труда:* оплата труда тесно взаимосвязана с уровнем его производительности. Обычно на каждом предприятии рассчитывается фонд заработной платы ( $\Phi ЗП$ ), т.е. прогнозируемая величина на выпуск определенного количества продукции. В процессе производства  $\Phi ЗП$  сличается с фактически выплачиваемой величиной ( $\Phi ВВ$ ) заработной платы и объемом произведенной продукции. При этом определяются абсолютное и относительное отклонения.

*Абсолютное отклонение*  $\Delta_{\Phi ЗП}$  определяют как разность между фондом заработной платы  $\Phi ЗП$  и фактически используемыми средствами для оплаты труда  $\Phi ВВ$ .

$$\Delta_{\Phi ЗП} = \Phi ЗП - \Phi ВВ.$$

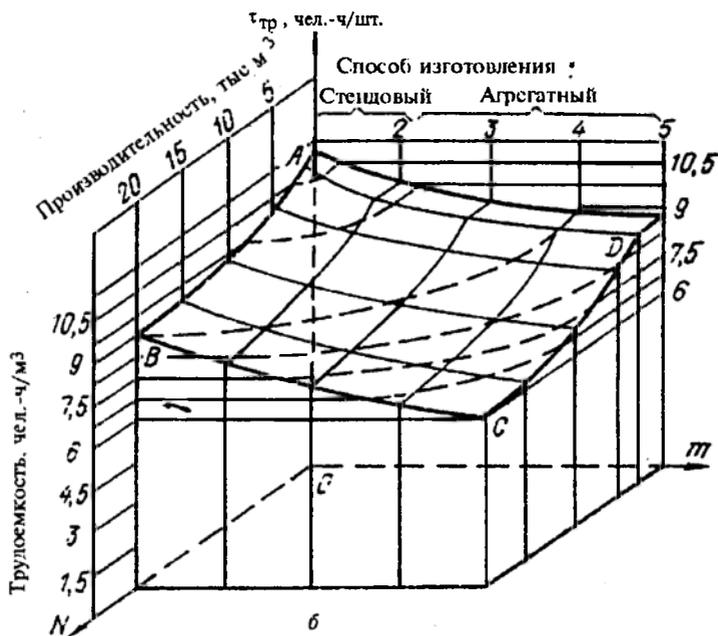
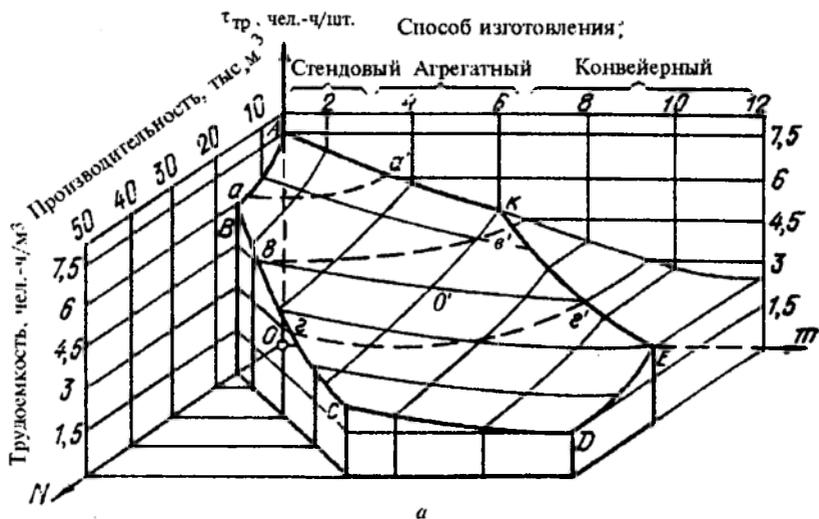


Рис. 3.3. Номограмма для определения трудоемкости сборки изделий из узлов (а) и из деталей (б)

Относительное отклонение  $\Delta_{от}$  рассчитывается аналогично  $\Delta_{ФЗП}$  и корректируется на коэффициент выполнения задания по производству  $k_1$ :

$$\Delta_{от} = \PhiЗП - \frac{\PhiВВ}{k_1},$$

где  $k_1$  — отношение фактически произведенной продукции  $N_{ф}$  к плано-вому заданию  $N_{пл}$ :

$$k_1 = N_{ф}/N_{пл}.$$

При этом расчет отклонений заработной платы анализируется отдельно по переменной части фонда заработной платы  $\PhiЗП_{п}$  (для сельщиков), по постоянной части рабочих  $\PhiЗП_{пос}$  (для повременщиков) и по постоянной части служащих  $\PhiЗП_{пос.с}$ .

**Структура кадров.** Работающие на предприятии подразделяются на две категории:

- промышленно-производственный персонал, занятый производством и его обслуживанием;
- персонал непромышленных организаций — в основном работники жилищно-коммунального хозяйства, детских и врачебно-санитарных учреждений, принадлежащих предприятию.

В свою очередь, работающие подразделяются на рабочих, специалистов и руководителей и служащих\*.

К *рабочим* относят работников предприятия, непосредственно занятых созданием материальных ценностей или оказанием производственных и транспортных услуг. Рабочие подразделяются на основных и вспомогательных. Их соотношение — аналитический показатель работы предприятия.

Коэффициент численности основных рабочих определяется по формуле

$$K_{о.р} = 1 - P_{в.р}/P_{р},$$

где  $P_{в.р}$  — среднесписочная численность вспомогательных рабочих на предприятии, в цехах, на участке, чел.;  $P_{р}$  — среднесписочная численность всех рабочих на участке, чел.

К *специалистам и руководителям* относятся работающие, которые организуют производственный процесс и руководят им.

К *служащим* относятся работники, выполняющие финансово-расчетные, снабженческо-сбытовые и другие функции.

---

\* Источник: Савицкая В.Г. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. — М.: Эксперспектива, 1997.

*Профессиональная пригодность* работника определяется уровнем специальных знаний и практических навыков и характеризует степень сложности выполняемого им конкретного вида работы, соответствие его способностей, физических и психических качеств той или иной профессии.

**Нормирование труда.** Для управления трудом необходимо знать, какое его количество требуется для выполнения той или иной работы, т.е. установить норму труда.

*Нормирование труда* позволяет установить количество времени для выполнения конкретной работы или операции в условиях данного производства (минимально допустимого количества продукции, изготавливаемой в единицу времени: час, смену). В практике используют опытно-статистический и аналитический методы нормирования труда.

*Аналитический метод* включает в себя:

- исследование трудового процесса, расчлененного на составные элементы;
- изучение всех факторов, влияющих на затраты труда;
- проектирование более совершенного состава операции и методов ее выполнения;
- разработку мероприятий, улучшающих обслуживание рабочего места;
- расчет времени на выполнение работы;
- внедрение нормы в производство.

Аналитический метод нормирования подразделяется на аналитически-расчетный, позволяющий получить готовые нормативы времени расчетным путем, и аналитически-исследовательский, в соответствии с которым нормы определяются непосредственным изучением рабочего времени с широким использованием хронометража, фотографии рабочего дня, выборочного метода изучения потерь рабочего времени.

**Хронометраж** — это метод изучения затрат времени путем наблюдения и замеров длительности отдельных, повторяющихся при производстве каждого изделия элементов операции. При хронометраже проводят подготовку к наблюдению, собственно наблюдение, обработку, анализ данных наблюдения — проверку длительности каждого элемента операции, проверку устойчивости хронометражных рядов, сравнение с действующими нормативами, определение мероприятий рационального состава операции, продолжительности ее элементов и операции в целом.

**Фотография рабочего дня** — это метод изучения рабочего времени путем наблюдения и замеров его дли-

тельности в течение всего или части рабочего дня, а именно: времени обслуживания рабочего места, подготовительно-заключительного времени и времени перерывов в работе. Данные фотографии рабочего дня используются для устранения потерь и непроизводительных затрат времени, изучения работы передовиков производства, определения норм обслуживания оборудования, нормирования времени на обслуживание рабочего места и выполнение подготовительно-заключительных работ, времени отдыха, а в мелкосерийном и единичном производствах — для нормирования оперативного времени, главным образом на маломеханизированных работах.

Обычно фотографию рабочего дня подразделяют на станционную, маршрутную, рабочего-многостаночника.

При фотографии рабочего дня осуществляют:

- подготовку к наблюдению — ознакомление с работником и его рабочим местом, характером и условиями выполнения работы, определение элементов работы, подлежащих фиксации;
- наблюдение за всеми затратами рабочего времени — запись цифровым или графическим методом моментов окончания каждого элемента работы, отметку перекрываемых элементов работы;
- анализ наблюдений — определение длительности отдельных затрат и индексацию, группировку затрат рабочего времени, составление фактического баланса рабочего времени, анализ затрат рабочего времени по категориям персонала;
- разработку мероприятий по улучшению использования рабочего времени, проектирование нормативного баланса рабочего времени, определение возможного роста производительности труда.

Хронометраж и фотография рабочего дня позволяют выявить и обосновать *нормы времени*, т.е. затраты времени на единицу продукции или работы на одно изделие в человеко-часах или человеко-минутах.

В состав нормы времени включаются работы при ручных, машинно-ручных и машинных операциях:

$$t_n = t_o + t_b + t_{об} + t_{п.з} + t_{от} + t_{н.т},$$

где  $t_o$  — основное время;  $t_b$  — вспомогательное время;  $t_{об}$  — время обслуживания рабочего места;  $t_{п.з}$  — подготовительно-заключительное время;  $t_{от}$  — время на отдых и личные надобности;  $t_{н.т}$  — время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологией и организацией производственного процесса.

Важным этапом аналитической работы на предприятии является *поиск резервов производительности труда*, разработка организационно-технических мероприятий по реализации этих резервов и непосредственное внедрение этих мероприятий. Под *резервами роста производительности труда* понимаются не использованные еще возможности экономии затрат живого и овеществленного труда. Внутрипроизводственные резервы обусловлены совершенствованием и наиболее эффективным использованием техники и рабочей силы, сокращением рабочего времени, экономией сырья и материалов, рациональным использованием оборудования. Внутрипроизводственные резервы включают резервы снижения трудоемкости, улучшения использования рабочего времени, совершенствования структуры кадров, экономии предметов и средств труда.

В отечественной практике получила распространение следующая классификация резервов повышения производительности труда:

- повышение технического уровня производства:
  - механизация и автоматизация производства;
  - внедрение новых видов оборудования;
  - внедрение новых технологических процессов;
  - улучшение конструктивных свойств изделий;
  - повышение качества сырья и применение новых конструктивных материалов;
- улучшение организации производства и труда:
  - повышение норм и расширение зон обслуживания;
  - уменьшение числа рабочих, не выполняющих нормы;
  - упрощение структуры управления;
  - механизация учетных и вычислительных работ;
  - изменение рабочего периода;
  - повышение уровня специализации производства;
- изменение внешних, природных условий:
  - изменение горно-геологических условий добычи угля, нефти, руд, торфа;
  - изменение содержания полезных веществ;
- структурные изменения в производстве:
  - изменение удельных весов отдельных видов продукции;

изменение трудоемкости производственной программы;  
изменение доли покупных полуфабрикатов и комплектующих изделий;  
изменение удельного веса новой продукции.

## 3.2. Анализ использования материальных ресурсов

По своему назначению и характеру потребления сырье и полуфабрикаты для предприятий делятся на основные и вспомогательные.

*Основные материалы* используются для производства продукции, характерной для данного предприятия (например, цемент и асбест для изготовления асбоцементных труб).

*Вспомогательные материалы* потребляются в процессе обслуживания основного производства (например, электроды для сварки арматурных каркасов, смазочные и обтирочные материалы, спецодежда, осветительные приборы и т.д.).

На рациональную организацию и планирование материально-технического снабжения и сбыта предприятия особое влияние оказывают нормирование расхода материальных ресурсов, организация складского хозяйства предприятия, комплектация готовой продукции.

**Нормирование расхода материальных ресурсов.** Материальные ресурсы представляют собой часть оборотных фондов предприятия и, следовательно, влияют на себестоимость готовой продукции и уровень рентабельности производства. Регулировать материальные ресурсы и повышать эффективность их использования в производственном процессе позволяет систематическое совершенствование методов нормирования расхода материалов и производственных запасов.

*Нормы расхода* материальных ресурсов регламентируют производственные затраты материалов, сырья, полуфабрикатов, топлива. Основные и частично вспомогательные материалы нормируются на единицу продукции, а некоторые вспомогательные, связанные с обеспечением ритмичной работы оборудования, — на единицу времени его работы. При этом нормы могут быть **перспективными** (учитываемыми прогрессивные направления в области рационального использования сырья и материалов в течение ряда лет), **годовыми** (выражающими

среднегодовой расход материальных ресурсов) и текущим (привязанными к конкретному технологическому процессу на ограниченный календарный период).

Технико-экономическое обоснование и анализ расхода материальных ресурсов связаны с анализом структуры затрат конкретных видов материалов. Обычно затраты материальных ресурсов состоят из трех элементов: чистого расхода материала на единицу продукции или производственной работы  $P_y$  (полезный расход), технологических отходов и потерь  $g'$ ,  $g''_{ут}$  (технико-организационные потери), возникающих при поставке немерных материалов, естественного убытия материала (рис. 3.4). В общем виде норма расхода материалов

$$H_p = P_y + \sum [(g' - g'_{исп}) + (g'' - g''_{ут})],$$

где  $g'_{исп}$ ,  $g''_{ут}$  — соответственно используемые и утилизируемые отходы, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, т, м и др.

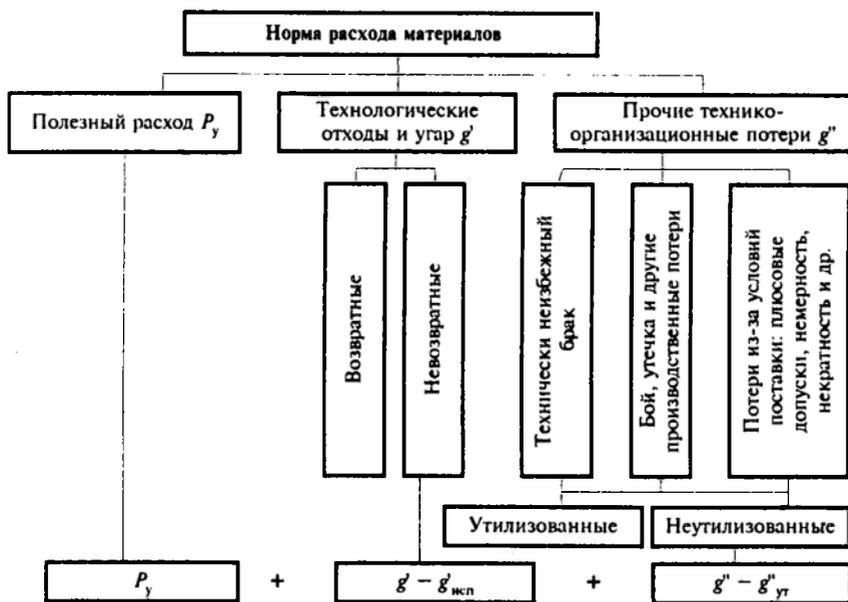


Рис. 3.4. Схема образования нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов на изготовление единицы продукции рассчитывают с учетом ее материалоемкости.

К основным методам нормирования материальных ресурсов относятся: аналитически-расчетный, опытно-производственный и отчетно-статистический.

*Аналитически-расчетный* метод является наиболее прогрессивным и основывается на анализе конкретных производственных условий и технико-экономическом расчете расхода материала по каждому виду изделий с учетом их технологичности.

*Опытно-производственный метод* основан на установлении норм по результатам опытных испытаний и является обобщенным.

*Отчетно-статистический метод* используется для установления среднестатистических годовых норм по заводу, технологической линии и т.д.

Нормирование производственных запасов необходимо для установления их минимального уровня, достаточного для обеспечения ритмичной и бесперебойной работы предприятия при наименьших затратах. Производственные запасы измеряются в абсолютных величинах (тонны цемента, песка и др.) и в относительных величинах (дни), на которые обеспечено производственное потребление соответствующего вида материала. Общий производственный запас материалов  $Z_{\max}$  состоит из текущего  $Z_{\text{тек}}$  (запас равен количеству одной партии поставки), сезонно-страхового  $Z_{\text{ст}}$  (создается на случай нерегулярных поставок сырья при прекращении навигации, распутице, сезонности гидронамыва и т.д.) и технологического  $Z_{\text{тех}}$  (зависящего от сроков подготовки и анализа сырья), т/м<sup>3</sup>:

$$Z_{\max} = Z_{\text{тек}} + Z_{\text{ст}} + Z_{\text{тех}}.$$

При планировании материально-технического снабжения и расчетах суммы оборотных средств определяется средний запас материалов в сутки

$$Z_{\text{ср}} = \frac{Z_{\text{тек}}}{2} + Z_{\text{ст}} = \frac{Z_{\text{нор}}}{2} + H_{\text{сут}} + Z_{\text{сут}},$$

где  $Z_{\text{нор}}$  — нормативный запас материалов, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, м, т;  $Z_{\text{сут}}$ ,  $H_{\text{сут}}$  — суточный страховой запас и потребность материалов на одни сутки работы предприятия, м<sup>3</sup>, м<sup>2</sup>, м, т.

Образование запасов и управление ими осуществляются с целью обеспечения непрерывности производственного процесса (рис. 3.5).

Обеспеченность материальными ресурсами предприятия анализируется по состоянию запасов, их использованию с учетом материалоемкости продукции и затратам, связанным с запасами (рис. 3.6).

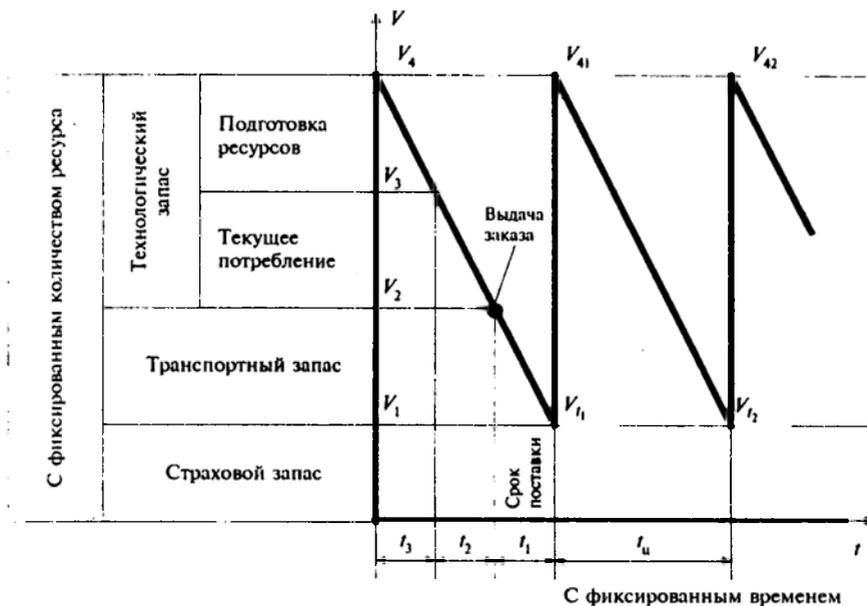


Рис. 3.5. Образование запасов и управление ими

Запасы могут фиксироваться по объему ресурсов  $N$  и времени их поставки  $t$  и подразделяются на технологические (необходимый объем запасов для текущего потребления и переработки); транспортные (по времени погрузки, перевозки и разгрузки ресурса) и страховые (предусмотренные на сезонное потребление из-за затруднений поставки ресурсов). Поэтому величина запаса на производстве изменяется по ломаной линии  $OV_4 V_1 V_{41} V_{i2} \dots$ , которая связывает поставку ресурсов по объему  $V_i$  и времени  $t_i$ .

Характер ломаной кривой запаса может меняться в зависимости от объемов производства, его детерминированного или вероятностного развития, одно- или многономенклатурного вида, одно- или многоразового типов поступления и потребления ресурсов.



**Рис. 3.6. Типы запасов и связанные с ними затраты**

Для сокращения запасов до минимума применяются японские принципы «точно во-время» и «использование с колес», при которых необходимо выбирать альтернативу: затраты на точность выполнения заказов по графикам и затраты на содержание запасов при равной непрерывности технологических процессов.

### 3.3. Анализ использования основных производственных фондов

Задача анализа — определение обеспеченности предприятия основными производственными фондами (ОПФ) и установление уровня их использования. Анализ производится в несколько этапов. При этом анализируются:

1. *Движение и техническое состояние ОПФ*, которые характеризуются несколькими расчетными коэффициентами:

*коэффициентом обновления*

$$K_{\text{обн}} = \frac{\text{Стоимость поступивших ОПФ}}{\text{Стоимость ОПФ на конец периода}};$$

*коэффициентом выбытия*

$$K_{\text{в}} = \frac{\text{Стоимость выбывших ОПФ}}{\text{Стоимость ОПФ на начало периода}};$$

*коэффициентом прироста*

$$K_{\text{пр}} = \frac{\text{Сумма прироста ОПФ}}{\text{Стоимость ОПФ на начало периода}};$$

*коэффициентом износа*

$$K_{\text{изн}} = \frac{\text{Сумма износа основных фондов}}{\text{Первоначальная стоимость основных фондов на соответствующую дату}};$$

*коэффициентом годности*

$$K_{\text{г}} = \frac{\text{Остаточная стоимость основных фондов}}{\text{Первоначальная стоимость основных фондов}}.$$

2. *Эффективность использования основных фондов*, которая определяется:

*по показателю фондоотдачи*

$$\Phi_{\text{от}} = \frac{\text{Стоимость товарной продукции}}{\text{Средняя стоимость ОПФ}};$$

*показателю фондоемкости*

$$\Phi_{\text{ем}} = \frac{\text{Средняя стоимость ОПФ}}{\text{Стоимость товарной продукции}};$$

*показателю рентабельности*

$$R = \frac{\text{Прибыль}}{\text{Среднегодовая стоимость ОПФ}};$$

*показателю удельных капитальных вложений*

$$P_p = \frac{\text{Объем капитальных вложений}}{\text{Стоимость прироста товарной продукции}}.$$

**3. Использование производственной мощности предприятия,** которое характеризуется следующими расчетными коэффициентами:

*общим коэффициентом*

$$K_{об} = \frac{\text{Фактический или плановый объем производства продукции}}{\text{Среднегодовая производственная мощность предприятия}};$$

*коэффициентом интенсивного использования*

$$K_{ин} = \frac{\text{Среднесуточный выпуск продукции}}{\text{Среднесуточная производственная мощность}};$$

*коэффициентом экстенсивного использования*

$$K_{эк} = \frac{\text{Фактический или плановый фонд рабочего времени}}{\text{Расчетный фонд рабочего времени, принятый при определении производственной мощности}};$$

*степенью использования производственной площади*

$$F_n = \frac{\text{Стоимость товарной продукции}}{\text{Величина производственной площади}}.$$

**4. Использование и привлечение оборудования** на основе принципов управления потоками оборудования.

Главными задачами управления потоками оборудования в производстве являются поддержание, модификация, модернизация, реконструкция и замена технических систем с целью обеспечения их работоспособности и выполнения заданных функций, исходя из целей производственного процесса, физического и морального состояния оборудования и машин.

Для выполнения указанных задач используют различные системы текущего обслуживания и ремонта оборудования, как совокупность организационно-технических мероприятий по уходу, надзору, обслуживанию и ремонту его в целях постоянной эксплуатации и предупреждения отказов (аварий). Примером такой системы является структура планово-предупредительных ремонтов (ППР) (рис. 3.7), состоящая из чередования

капитальных ремонтов  $K$  и текущих осмотров  $ТО_i$  через определенное нормативами количество часов работы технической системы:

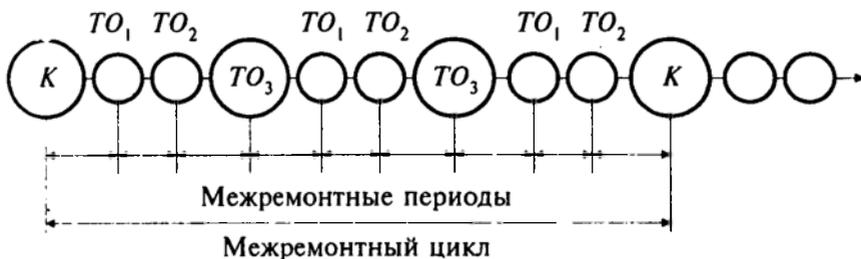


Рис. 3.7. Структура планово-предупредительных ремонтов

Техническое обслуживание выполняется регулярно с осмотром, смазкой, заправкой системы, регулированием узлов и заменой деталей. Капитальный ремонт связан с восстановлением работоспособности и ресурсов систем путем замены и модернизации изношенных узлов, деталей, восстановления их геометрических форм и жесткости, чистоты поверхности, износоустойчивости и коррозионной стойкости.

Для проведения ППР разрабатываются и используются ремонтные нормативы для различных технических систем с установлением сложности и структуры ремонта (на условную единицу ремонта), его состава, длительности межремонтных периодов и межремонтных циклов, продолжительности простоя машин во время ремонтов.

Наиболее рациональной организацией ремонта технических систем являются поузловой (с заменой целых узлов) и централизованный (ремонт выполняется на специализированных заводах, цехах). Накопление средств для управления потоками оборудования осуществляется путем отчислений амортизации по схемам: прямого начисления по времени (одинаковой суммы или доли стоимости); арифметического начисления (сумма отчислений определяется при ее ежегодном уменьшении по арифметическому ряду); эксплуатационного (пропорционально объему выпуска продукции); ускоренного (с увеличением срока службы повышается амортизация); комбинированного начисления (как совокупности нескольких методов).

Затраты на ежегодное обслуживание и ремонт машин и оборудования составляют около 25%, а зданий и сооружений — до 5% от их первоначальной стоимости.

Степень использования оборудования характеризуется: *коэффициентом использования парка наличного оборудования*

$$K_n = \frac{\text{Количество используемого оборудования}}{\text{Количество наличного оборудования}}$$

*коэффициентом использования парка установленного оборудования*

$$K_y = \frac{\text{Количество используемого оборудования}}{\text{Количество установленного оборудования}}$$

5. *Установление оптимального срока эксплуатации технических систем* осуществляется с учетом их физического и морального износа (табл. 3.2).

*Физический износ* технической системы — потеря ее работоспособности по техническим параметрам и времени из-за износа узлов и деталей (рис. 3.8).

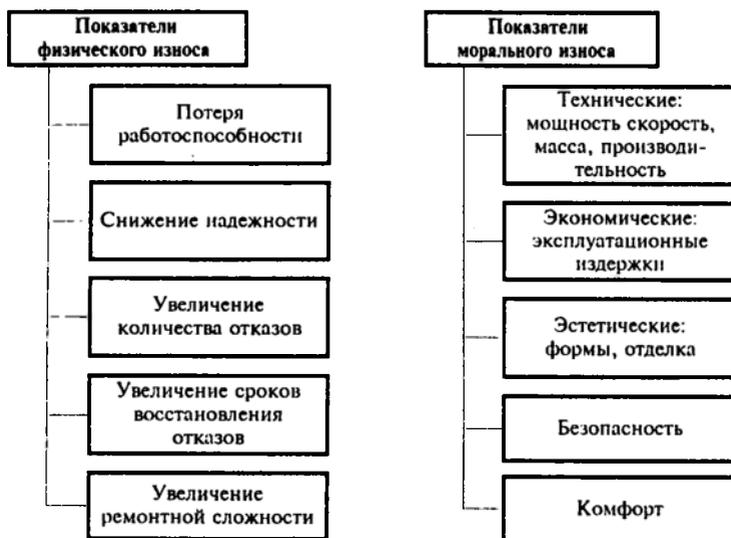


Рис. 3.8. Показатели физического и морального износа технической системы

Таблица 3.2.

## ОПТИМАЛЬНЫЕ СРОКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

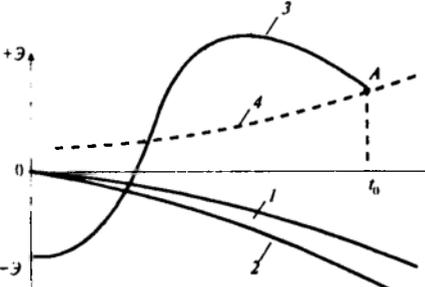
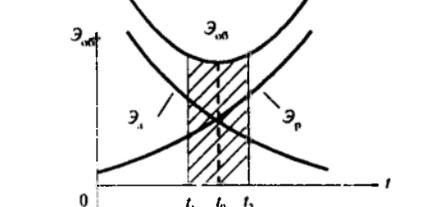
 <p><i>Жизненный цикл оборудования</i></p>	<p>Жизненный цикл технической системы (оборудования) от 0 до <math>t_0</math> связан с издержками ее функционирования: 1 — физического износа; 2 — морального износа. Интегральный эффект системы 3 с учетом прибыли от ее эксплуатации за время <math>t_1</math> под влиянием эффектов 1 и 2 в точке A пересечет нормативную линию 4. Проецирование этой точки на временную ось дает продолжительность жизненного цикла системы</p>
 <p><i>Эффекты от физического и морального износа оборудования</i></p>	<p>На интегральной кривой эффекта можно выделить ее части: эффект <math>\mathcal{E}</math>, изменяемый под влиянием физического (1) и морального (2) износа системы (соответственно <math>t_\phi</math> и <math>t_m</math>). Наибольший эффект для системы (оборудования) достигается в том случае, если удастся совместить длительность циклов <math>t_\phi</math> и <math>t_m</math>.</p>
 <p><i>Издержки содержания оборудования</i></p>	<p>Изменение удельных затрат на текущий и капитальный ремонты описывается ломаной кривой 1, показывающей, что издержки возрастают от одного капитального ремонта к другому и могут быть аппроксимированы кривой 2:</p> $\mathcal{E}_p = a + bt^n$ <p>где <math>a</math> — постоянные издержки; <math>b</math> — изменение издержек во времени; <math>n</math> — степень изменения издержек</p>
 <p><i>Оптимальный срок эксплуатации оборудования</i></p>	<p>Удельные амортизационные отчисления на восстановление технических систем обратно пропорциональны времени их эксплуатации: <math>\mathcal{E}_a = A_p/t</math> (<math>A_p</math> — первоначальная стоимость оборудования). Тогда общие затраты на эксплуатацию <math>\mathcal{E}_{об} = a + bt^n + A_p/t</math>. После дифференцирования функции <math>d\mathcal{E}_{об}/dt</math> приравняем полученное выражение к нулю и найдем оптимальный срок эксплуатации технической системы. Такой точкой будет <math>t_0</math> с областью равных издержек <math>t_1 - t_2</math></p>



Таблица 3.3

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ

Показатель	Количество
Располагаемый фонд времени в год, ч, на оборудова- ние:	
вида I $y_1$	3400
вида II $y_2$	5100
Затраты оборудования вида I, маш.-ч:	
на 1-е изделие $y_{11}$	20
на 2-е изделие $y_{12}$	10
Затраты оборудования вида II, маш.-ч:	
на 1-е изделие $y_{21}$	16
на 2-е изделие $y_{22}$	25

Составляются уравнения:

$$y_{11}x_1 + y_{12}x_2 = y_1; \quad 20x_1 + 10x_2 = 3400;$$

$$y_{21}x_1 + y_{22}x_2 = y_2; \quad 16x_1 + 25x_2 = 5100,$$

следовательно,

$$x_1 = \frac{y_{22}y_1 - y_{12}y_2}{y_{11}y_{22} - y_{21}y_{12}} = \frac{25 \cdot 3400 - 10 \cdot 5100}{20 \cdot 25 - 16 \cdot 10} = 100 \text{ шт.};$$

$$x_2 = \frac{y_{11}y_2 - y_{21}y_1}{y_{11}y_{22} - y_{21}y_{12}} = \frac{20 \cdot 5100 - 16 \cdot 3400}{20 \cdot 25 - 16 \cdot 10} = 140 \text{ шт.};$$

Из полученных результатов видно, что изделие  $x_1 = 100$  шт. закрепляется за оборудованием вида I, а изделие  $x_2 = 140$  шт. — за оборудованием вида II.

## 3.4. Анализ производственной информации

Роль *производственной информации* не одинакова на различных этапах или стадиях процесса управления. На одних стадиях управления важны объем информации, ее виды, возможности притока новой, дополнительной информации, на других — возможности ее обработки; на третьих — ее движение.

Информация имеет большое значение в управлении производством. Ориентируясь на исследования процесса управления,

можно заключить, что информация — это совокупность сведений о состоянии управляемой системы и внешней среды. В таком понимании информация выступает как основа процесса управления. Действительно, все стадии и этапы процесса управления содержат в том или ином объеме информационную работу. Без информации немислимо определение цели управления, невозможна оценка ситуации. Разработка вариантов управленческих решений — это тоже в значительной степени информационная работа. Наконец, организационно-практическая деятельность руководителя и аппарата управления также во многих своих чертах имеет информационный характер, ибо включает в себя необходимость передачи информации о принятом решении.

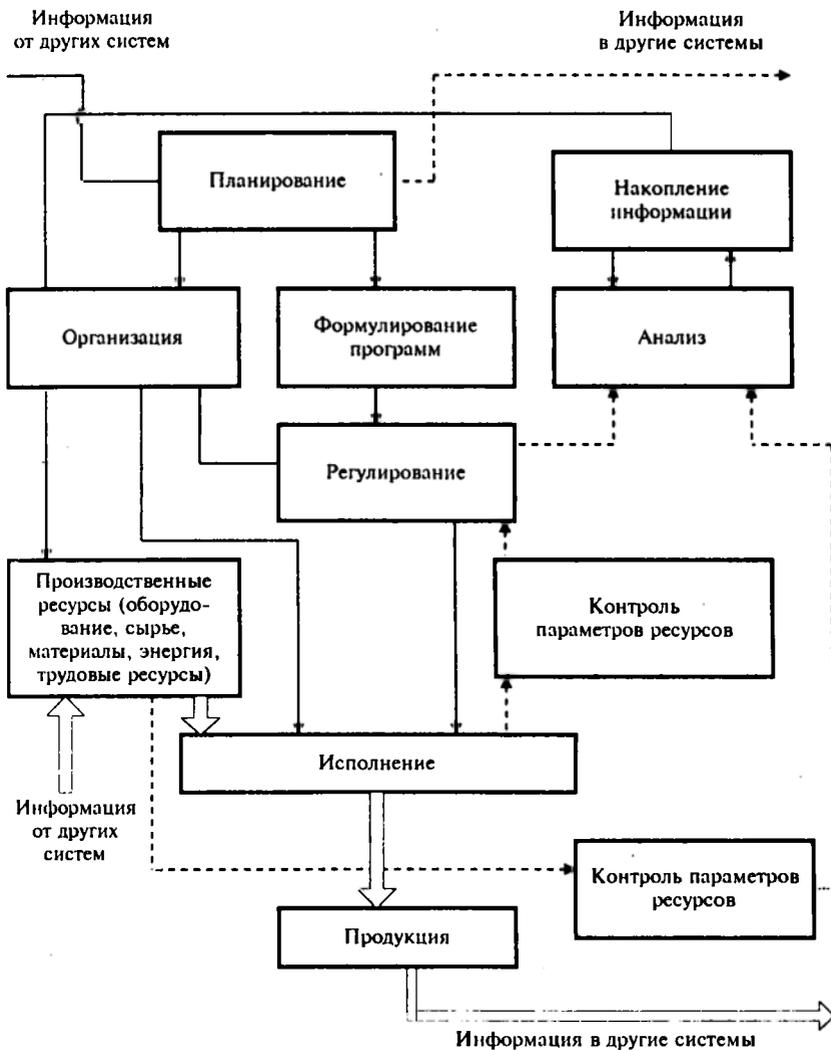
Но нередко особая роль информации в процессе управления абсолютизируется, и сам процесс управления рассматривается всего лишь как процесс движения информации или, в лучшем случае, процесс ее трансформации от исходной к командной. Процесс управления нельзя полностью свести к процессу движения, передачи и трансформации информации. Он гораздо богаче по своему содержанию. Воздействие на человека — это не столько передача ему информации, сколько сложнейшие социально-психологические акты взаимодействия людей, включающие в себя такие факторы, как интересы, долг, дисциплина, воля, авторитет, мораль и др. В осуществлении этих актов информация выступает как средство воздействия. Иногда создается видимость, что передача информации и есть воздействие. Но это лишь внешняя сторона процесса управления. Он сложнее, чем механическое циркулирование информации. Одна и та же информация по-разному действует на различных людей (рис. 3.9).

- Понятие информации определяет ее основные характеристики, свойства:

- ✓ в основе информации лежат материальные процессы, всегда существует ее материальный носитель. Но нельзя информацию отождествлять с ее материальным носителем. Одна и та же материальная вещь может иметь различную информацию и различный объем информации;

- ✓ передача информации не обязательно уменьшает ее количество. Информация не исчезает от постоянного ее употребления;

- ✓ информация способна накапливаться. Объективной закономерностью развития человеческого общества является накопление информации, и этому процессу нет предела;



**Рис. 3.9. Материальные и информационные потоки в производственной системе:**

 потоки материальные; 
  потоки информации прямой связи; 
  потоки информации обратной связи

✓ информация имеет количественные и качественные характеристики. Она формализуема в области своих количественных характеристик;

✓ существование информации определяется ее использованием, т.е. ее движением, обработкой, переработкой и пр. Это не противоречит свойству информации накапливаться, ибо накопление информации само определяется потребностью ее использования, фактором ее движения.

• По форме передачи и фиксирования можно классифицировать информацию на *визуальную*, *аудиоинформацию* и *аудиовизуальную*. Разнообразие форм передачи и фиксирования информации имеет большое значение в информационном обеспечении управления. Так, *визуальная* форма передачи и фиксирования информации, особенно в виде графиков, таблиц, табло, увеличивает скорость ее восприятия; может одновременно передаваться целой группе людей; способствует аналитическому характеру восприятия информации, показывая тенденции и зависимости. Использование наглядных форм передачи информации способствует совершенствованию информационного обеспечения управления.

*Аудиоинформация* — это информация, воспринимаемая на слух. В современных условиях управления очень важны новые формы фиксирования и передачи аудиоинформации — использование портативных магнито- и диктофонов, применение звукозаписи в качестве документа.

*Аудиовизуальная форма* передачи информации совмещает в себе информацию в виде изображения и звука. Это различные киноустановки и телевизионная аппаратура, наиболее распространенная в настоящее время в процессе управления.

По форме фиксирования можно выделить информацию цифровую, буквенную и кодированную. Цифровая, безусловно, играет весьма важную роль в процессе управления. Считается, что цифры более емки в информационном отношении, они вносят точность фиксирования информации. Но в процессе управления невозможно все свести к цифровым формам. Буквенная информация помогает понять и оценить качественные тенденции развития управляемой системы, содержательные аспекты ее состояния, без чего невозможно обойтись в процессе управления.

*Кодированная информация* предназначена для использования современных технических средств управления, помогающих собирать, хранить, искать, передавать и обрабатывать информацию.

- По источникам информация подразделяется на *внешнюю* и *внутреннюю*. Здесь же можно выделить входящую, исходящую и дифференцируемую по ступеням системы управления. Классификация информации по источникам ее возникновения играет важную роль в проектировании информационных систем.

- Информация предназначена для разработки управленческого решения. Здесь можно выделить информацию *плановую, отчетную, статистическую, контрольную* и др. Упорядоченная предназначенность информации создает благоприятные условия для ее поиска и использования при разработке управленческих решений.

- В процессе управления информация претерпевает различную обработку и переработку, в результате чего появляется новая информация. По степени обработки информацию можно разделить на *первичную* и *производную*. Качество управления во многом зависит от организации сбора и фиксирования первичной информации, ибо первичная информация лежит в основе всех информационных потоков, определяет достоверность и ценность производной информации. Тем не менее нередки случаи, когда в управлении мало внимания уделяется оформлению первичных документов, фиксированию первичной, исходной информации. Как бы строго и точно не рассчитывались все показатели, они будут давать искаженное представление о состоянии системы, если нет порядка в фиксировании первичной информации.

- Информация может быть классифицирована и по времени ее активного использования. Здесь можно выделить информацию *постоянную* и *переменную*. *Постоянная* — часто используется в форме нормативных и регламентационных актов, долгосрочных заданий и пр. *Переменная* — это текущая информация, оперативная, используемая сравнительно небольшой промежуток времени.

- Каждое звено системы управления работает со своей, *специфической* для этой функции, информацией. Можно разделить информацию по ее функциональной принадлежности. Причем это деление можно произвести как по основным функциям управления, так и по конкретным. Такое классификационное деление информации имеет большое значение в проектировании системы управления, в частности в выравнивании трудоемкости работ по различным звеньям системы управления.

- По возможности продуктивного использования можно выделить информацию *полезную, ложную* и *избыточную*. В ин-

формационном обеспечении процесса управления присутствуют все эти виды. Необходимо стремиться к сведению до минимума получения ложной информации, затрудняющей разработку управленческого решения, и определению правильного объема необходимой информации. Избыточность информации в информационном обеспечении процесса управления также создает дополнительные трудности для его осуществления.

**Оценка качества информации и разработки управленческих решений** прежде всего зависит от количества и качества информации, которые могут быть оценены следующими основными показателями:

*энтропией* — величиной (от 0 до 1) необратимого рассеяния информации. Если принять за  $n$  множество видов информации, используемых для принятия решений с вероятностями  $P_1, P_2, \dots, P_n$ . ( $0 < P_i < 1$ ), то энтропия

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i.$$

Из уравнения энтропии видно, что потеря информации увеличивается с ростом числа ее видов и уменьшением надежности;

*количеством достаточной информации  $I$* , которое определяется с учетом регулируемых состояний системы по параметрам соответственно  $P_0$  — до получения информации и  $P_1$  — после получения ее:

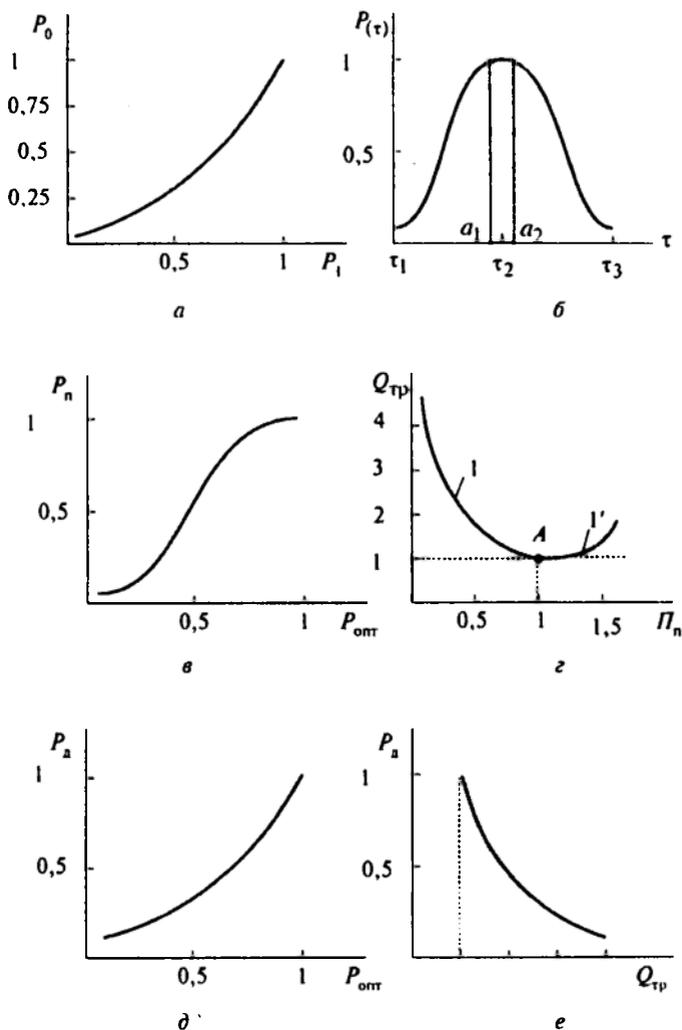
$$I = \log \frac{P_0}{P_1}.$$

Следовательно, с увеличением количества получаемой информации растет достоверность управленческих решений  $P_1$  (рис. 3.10, *a*) и их оптимальность  $P_{\text{опт}}$  (рис. 3.10, *b*);

*вероятностью поступления информации* во время  $\tau$ . Наибольшая вероятность поступления информации и ее ценность  $a_1 - a_2$  соответствуют максимальному значению ее достоверности при  $\tau_2 P(\tau)$  (рис. 3.10, *b*);

*трудностью подготовки управленческих решений  $Q_{\text{тр}}$*  (рис. 3.10, *г*). Минимальная трудоемкость принятия управленческих решений зависит от полноты и достаточности информации. При недостаточном количестве информации (кривая  $I$  до точки  $A$ ) требуется увеличение затрат труда для покрытия условий неопределенности. Это же наблюдается при избытке информации

(кривая  $I'$  от точки  $A$ ), т.е. трудоемкость возрастает за счет увеличения объема переработки информации;



**Рис. 3.10.** Изменение составляющих ценности информации при управлении предприятием в зависимости от вероятности поступления информации (а); вероятности поступления ее в срок (б); полноты информации (в); трудоемкости ее обработки (г); достоверности информации (д); взаимосвязи трудоемкости обработки и достоверности информации (е)

ценностью (качеством) информации, которая характеризуется интегральным показателем  $\Pi$  с учетом следующих измерителей:

$$\Pi = (a_1 S - a_2 P a_3 U + a_4 F) \tau P_i,$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  — коэффициенты весомости показателей информации;  $S, P, F, \tau, P_i$  — показатели информации (соответственно значение, полезность, периодичность, своевременность, достоверность), выраженные в относительных измерителях от 0 до 1.

Информационная система должна обеспечивать обработку первичной информации (отражающей события производства вне зависимости от ее дальнейшего использования) и вторичной информации (переработанной, подвергнутой анализу, обобщенной). Кроме того, система должна удовлетворять следующим требованиям: информация должна быть максимально достоверной, сплошной (первичная — охватывать все наблюдаемые объекты), унифицированной по содержанию и форме, оптимальной по маршрутам движения, доступной для обработки и учета. Все это требует специального проектирования информационной системы промышленного предприятия, подразделяемой на подсистемы, из которых наиболее важными являются системы технической подготовки производства, технико-экономического планирования, оперативно-производственного регулирования производства, материально-технического снабжения и сбыта, управления качеством продукции, труда и заработной платы, финансовой деятельности и др. Поэтому на каждую систему и совокупность подсистем разрабатывают информационную модель функции управления (рис. 3.11), которая содержит номенклатуру всех видов первичной информации с указанием ее качественных признаков: потребителей информации по объему и периодичности потребления; направление и скорость движения информации, а также технико-эксплуатационные параметры информационного носителя.

Все потоки информации, циркулирующие в системе, необходимо обрабатывать с учетом времени, периода их использования, применяя определенные методы обработки информации: *поточная информация* (оперативные данные процесса) требует немедленной обработки, *аккумулирующая информация* — накопления и последовательной обработки. Для нормального функционирования информационной системы на промышленном предприятии необходимо обеспечить обработку информационных потоков, которая состоит из регистрации носителя информации, передачи, обработки, контроля исполнения, размножения документов, накопления информационных массивов и т.д. В зависимости от количества информации в потоках методы обработки

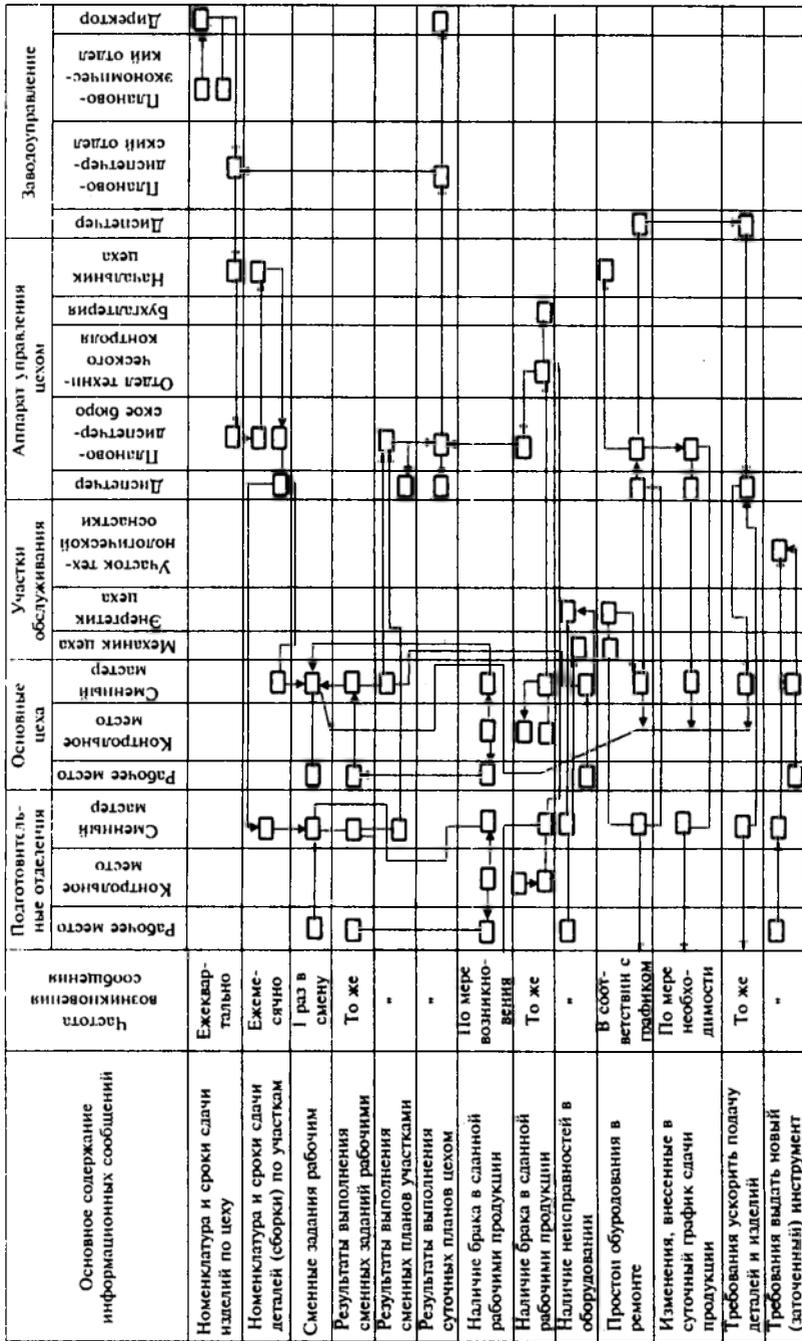


Рис. 3.11. Информационная модель управления основного производства:

→ потоки информации; □ — появление, накопление и обработка информации

делятся на четыре группы: немеханизованная, основанная на ручном труде работников управления; полумеханизованная с использованием клавишных вычислительных машин; машинная, обеспечивающая обработку информации на ЭВМ с использованием живого труда по сбору информации (машиносчетные бюро и станции); автоматизированная, основанная на автоматических системах сбора, обработки и накопления информации (вычислительные центры). На основе автоматизированных систем обработки информационных потоков создаются автоматизированные системы управления промышленными предприятиями.

Технический прогресс в промышленности вызывает лавинный рост объема информации, что затрудняет принятие оптимальных технологических решений без использования автоматических систем обработки информационных потоков. Тем более, что человеческие возможности по сравнению с ЭВМ в части накопления и обработки информации очень малы (табл. 3.4).

Т а б л и ц а 3.4

**СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА И ЭВМ**

Характеристика	Мозг человека	ЕС-1040
Время срабатывания элементов, передающих информацию, с	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-6}$
Скорость передачи информации, байт/с	1—3	$3 \cdot 10^2$
Скорость ввода информации, байт/с	0,1—0,2	$1,5 \cdot 10^2$
Емкость памяти	$1 \cdot 10^9$ бит*	$1 \cdot 10^7$ байт

\* Теоретический максимум за время жизни.

При анализе информации (фильтрация информации, тип решения проблем, параллельность обработки и др.) мозг человека намного превосходит комбинационную возможность ЭВМ.

Под автоматизированной системой управления понимается система, в которой используются современные автоматические средства обработки данных (ЭВМ), а также технико-экономические методы для регулярного решения основных задач управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия. Автоматизированные системы управления в зависимости от его уровня, отрасли народного хозяйства, объема обработки информации дифференцируются на отдельные группы:

ОГАС — общегосударственная автоматизированная система сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством страны;

ОАСУ — отраслевые автоматизированные системы управления министерств, комитетов, ведомств;

АСУС — автоматизированные системы управления строительными организациями;

АСУП — автоматизированные системы управления промышленными предприятиями;

АСУТП — автоматизированные системы управления технологическими процессами с регулированием их параметров.

В зависимости от степени механизации и автоматизации процессов по сбору, хранению, обработке и выдаче результатов системы управления промышленными предприятиями (рис. 3.12) подразделяются на информационно-справочные, информационно-советующие, информационно-управляющие, самонастраивающиеся и самообучающиеся.

*Информационно-справочные системы* состоят из средств механизации по сбору, классификации и выдаче информации, характеризующей объект управления. На основе этой информации орган управления (руководитель) анализирует результаты и осуществляет управление производством. К таким системам относятся автоматизированные информационно-справочные системы (АИС).

*Информационно-советующие системы* кроме сбора и выдачи информации осуществляют выработку нескольких вариантов решений и советов. Эти решения используются только после того, как их рассмотрит и утвердит руководитель организации управления. К таким относятся автоматизированные системы обработки данных АСОП. Они используются в АСУП, АСУС и др.

*Информационно-управляющие системы* собирают, анализируют, обобщают информацию, сравнивают (оценивают) ее с определенными заданными программами с учетом конкретных производственных ситуаций и подают команду управления. В этом случае за человеком остается общий контроль за работой системы. Такие системы широко используются для управления отдельными звеньями АСУТП и АСУП.

*Самонастраивающиеся и самообучающиеся системы* состоят из управляющих устройств двух рангов. Устройство первого ранга состоит из информационно-управляющей подсистемы, снабженной конкретной ситуационной схемой управления объектов.

В случае возникновения ситуации, которая выходит из рамок типового решения, подключается подсистема второго ранга, которая настроена на решение задач вариантным методом и способна выбрать наилучший возможный вариант команды или внести изменение в схему первого ранга для регулирования параметров объекта управления. В этих системах процесс управления автоматизирован, а человек периодически контролирует их работу. Такие системы применяются пока только для управления отдельными агрегатами.

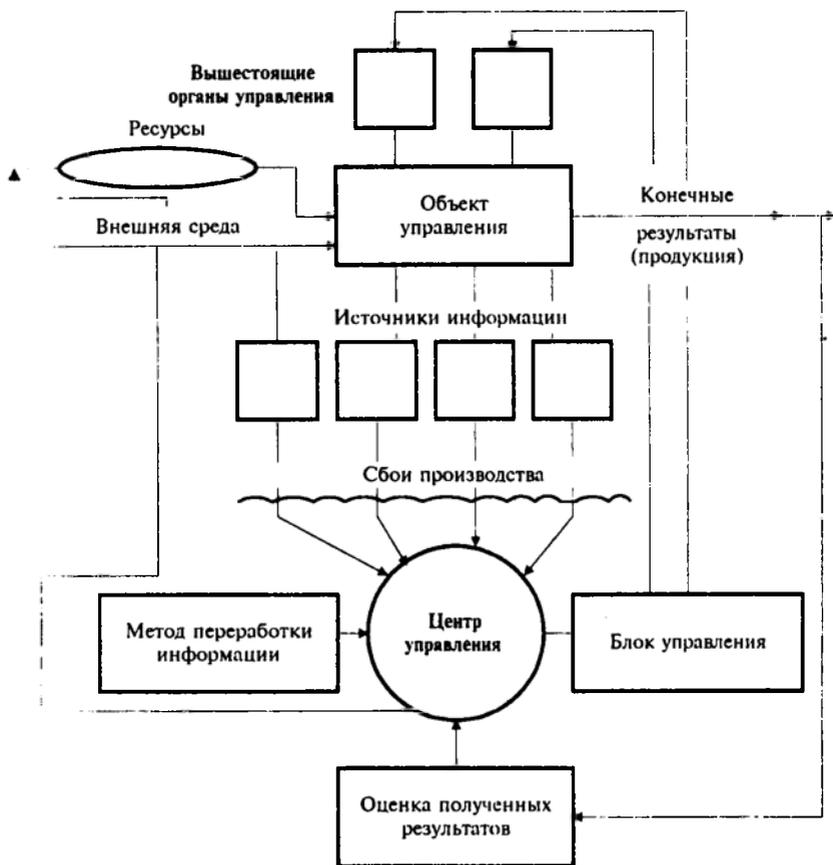


Рис. 3.12. Схема управления промышленным предприятием

Применение различных систем управления всегда основывается на создании наиболее эффективной структуры «человек — машина — системы взаимодействия между людьми и машинами». За человеком всегда остается решение сложных логических со значительной степенью неопределенности задач, требующих применения эвристических методов (способности мозга человека к творческому продуктивному мышлению на основе прошлого опыта), а за машиной — механизированные и автоматизированные счетные и вычислительные работы или принятие решений по подготовленной человеком программе-алгоритму. Алгоритм — точное предписание о порядке выполнения некоторой системы операций для решения задач определенного класса.

Для каждого вида производства, способа изготовления изделий и конструкции проектируется своя, характерная для промышленного предприятия автоматизированная система управления или система управления технологическими процессами. Проектирование АСУП и АСУТП осуществляется в несколько этапов: выбираются задачи, которые целесообразно решить в этой системе, разрабатывается алгоритм их решения, устанавливаются технические средства, проектируется система автоматического управления.

Примерный состав АСУП приводится на рис. 3.13, из которого видно, что основными составными частями этой системы являются функциональные и обеспечивающие подсистемы. Особое значение для эффективности работы АСУП имеют обеспечивающие подсистемы, к которым относятся техническая, программная, информационная и организационная.

Техническое обеспечение АСУП состоит из организационной и вычислительной техники, информационно-вычислительного центра и периферийных блоков, установленных в цехах и других звеньях системы управления. К техническим устройствам относятся: устройства сбора, регистрации и подготовки данных по системе АСОД (регистраторы производства, телетайпы, автоматы сбора и кодирования данных, расшифровочные машины); устройства передачи данных (узлы коммуникации и передачи информации); комплексные устройства обработки данных (счетно-клавишные, счетно-перфорационные машины, сортировочные узлы с контролем, ЭВМ для автоматической обработки данных); устройства хранения и накопления данных (накопители на магнитных дисках, барабанах и лентах, на ферритовых сердечниках, электромеханические узлы); устройства вывода

(перфорирующие и магнитные машины, цифроаналоговые преобразователи, печатающие и сигнализирующие узлы). Основой технического обеспечения АСУП являются ЭВМ различных типов с большими скоростью вычисления и емкостью памяти, необходимые для решения технико-экономических задач.



Рис. 3.13. Состав АСУП и виды ее обеспечения

*Программное обеспечение АСУП* — это совокупность средств и методов задания работ ЭВМ. Виды математического обеспечения подразделяются на следующие классы:

- совокупность программ, обеспечивающих контроль, наладку и испытание работы ЭВМ и выявление технических неисправностей отдельных ее блоков;
- совокупность программ, позволяющих вести вычислительные процессы для заданного типа ЭВМ (программы автоматизации программирования, методов вычисления, кодирования и т.д.);
- машинная организация вычислительных работ;
- программы, обеспечивающие управление вычислительными процессами (программы-диспетчеры, регулирующие порядок обработки данных; программы-мониторы, планирующие и распределяющие ресурсы ЭВМ и др.).

*Информационное обеспечение АСУП* состоит из системы функционирования информационных элементов:

- директивных данных по входу (плановые задания, критерии качества) и выходу (текущее состояние выполнения заданий);
- системы памяти, в которой аккумулируется условно-постоянная информация в виде нормативно-справочных материалов (технические и материальные нормативы, справочно-табличные данные, расценочные таблицы и др.);
- системы слежения по обеспечению сбора оперативных учетных данных;
- системы документооборота, которая состоит из обработки и движения документов (техническая, планово-учетная, оперативно-производственная, административная документация);
- языка автоматического программирования управления. (Вся информация в ЭВМ формируется, обрабатывается и передается на определенном кодированном языке. Наибольшее распространение получили такие алгоритмические языки, как Алгол и Фортран — для решения задач по планированию, организации и управлению строительством; Кобол — для технико-экономических задач; Снобол — для машинного анализа текстов; Симула — для моделирования сложных физических процессов; PL/1, Бейсик — для задач самых различных классов и др.);
- системы кодирования, т.е. перевода информации с естественного на формализованный язык (коды строятся в табличной или алгоритмической форме);
- системы выпуска готовой документации в виде табуляграмм (документы, отпечатанные ЭВМ как результат решения задачи).

*Организационное обеспечение* АСУП характеризуется разработкой организационной модели системы управления — органов управления, разделения труда в функциональных подразделениях, правил взаимодействия между отдельными элементами управления, обеспечивающих эффективное его функционирование.

**Эффективность управления.** Эффективность управления промышленным предприятием зависит, прежде всего, от уровня его организации и степени автоматизации управленческих процессов.

Уровень организации управления оказывает существенное влияние на эффективность использования производственного потенциала предприятия. При этом оценивается сама организация управления и ее влияние на организационный уровень производства с учетом его экстенсивных, интенсивных и качественных факторов (табл. 3.5). Кроме того, эффективность самой системы организации управления находит свое выражение в степени оперативности и непрерывности ее работы (оперативность сбора, обработки информации, быстрота принятия управленческих решений). Поэтому принимают за один из измерителей эффективности организационных систем управления их быстроедействие

$$K_{bc} = B_p^n C_n^h / (B_p^c C_n^c),$$

где  $B_p^n$ ,  $B_p^c$  — быстроедействие принятия решения при новой и старой системах управления, ч;  $C_n^h$ ,  $C_n^c$  — себестоимость единицы информации в час, необходимой для принятия решений при новой и старой организационных системах управления.

Т а б л и ц а 3.5

**ПОКАЗАТЕЛИ УРОВНЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ОСНОВНЫМ РЕСУРСАМ**

Ресурс	Использование		Качественная оценка
	<i>экстенсивное</i>	<i>интенсивное</i>	
Управленческие кадры	Фактическое время работы специалистов и служащих.	Фактическая производительность труда.	Средняя сложность управленческих задач.  Средняя квалификация работников управления
	Плановый фонд времени работы специалистов и служащих	Нормативная производительность труда	

Ресурс	Использование		Качественная оценка
	<i>эстенсивное</i>	<i>интенсивное</i>	
Вычислительная и организационная техника	Фактическое время работы технических средств.  Режимный фонд времени работы технических средств	Фактическая производительность технических средств  Нормативная производительность технических средств	Средняя сложность управленческих задач  Удельный вес оптимизационных задач
Информация	Фактическая продолжительность использования информации  Нормативная продолжительность использования информации	Фактическая отдача используемой информации  Нормативная отдача используемой информации	Фактический коэффициент полноты использования информации  Нормативный коэффициент полноты использования информации

Другим важнейшим показателем организации системы является коэффициент непрерывности процессов управления

$$K_{\text{нп}} = 1 - \Pi_{\text{н}} / \Pi_{\text{пр}},$$

где  $\Pi_{\text{н}}$  — непроизводительные затраты времени (задержка в передаче необходимой информации, принятия решений и т.п.), ч;  $\Pi_{\text{пр}}$  — общий цикл управления производством, ч.

Коэффициент оперативности работы аппарата управления  $R_{\text{оп}}$  определяет уровень своевременности исполнения указаний (приказов, распоряжений и др.) по управлению предприятием:

$$R_{\text{оп}} = \frac{\sum_1^m (D_i - d_i) R_i}{\sum_1^m D_i R_i},$$

где  $D_i$  — установленный срок исполнения указаний по  $i$ -му документу, дн.;  $d_i$  — отставание исполнения по  $i$ -му документу, дн.;  $R_i = 1,0 + 0,6$  — коэффициент оценки важности  $i$ -го документа;  $m$  — количество документов.

Коэффициент экономичности аппарата управления  $R_{\text{эж}}$  (при постоянном объеме выпуска продукции) характеризует отношение количества сотрудников аппарата управления в соответствии

с типовой структурой  $Ч_{\Gamma}$  по структурным подразделениям  $\Pi_c$  к их фактическому количеству  $Ч_{\Phi} \Pi_{\Phi}$ :

$$R_{\text{эк}} = \Pi_c Ч_{\Gamma} C_c / (\Pi_{\Phi} Ч_{\Phi} C_{\Phi}),$$

где  $C_{\Phi}$ ,  $C_c$  — средняя заработная плата одного сотрудника аппарата фактическая и по типовой структуре, руб.

Эффективность использования АСУП на предприятии определяется как разница между эффективностью производства до и после ее внедрения. Расчеты эффективности производятся до и после ее внедрения. При этом экономическая эффективность АСУП определяется годовым приростом прибыли за счет улучшения производственно-хозяйственной и финансовой деятельности предприятия. Годовой экономический эффект определяется по формулам

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = \Pi_{\Gamma} - (E_{\text{н}} K + S);$$

$$\Pi_{\Gamma} = \frac{A_2 - A_1}{A_1} \Pi_1 + \frac{C_1 - C_2}{100} A_2,$$

где  $\Pi_{\Gamma}$  — годовой прирост прибыли за счет внедрения АСУП, руб.;  $E_{\text{н}}$  — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;  $K$  — капитальные вложения по созданию АСУП, руб.;  $S$  — производственные затраты по эксплуатации вычислительного центра, руб.;  $A_1, A_2$  — годовой объем реализации продукции до и после внедрения АСУП;  $\Pi_1$  — прибыль от реализации продукции до внедрения АСУП, руб.;  $C_1, C_2$  — затраты на 1 руб. реализованной продукции до и после внедрения АСУП, руб./руб.

При этом время окупаемости капитальных вложений.

$$T = K / \Pi_{\Gamma}.$$

### **Вопросы для самопроверки**

1. *Какие основные элементы производства вам известны?*
2. *По каким основным показателям анализируются трудовые ресурсы?*
3. *Какие фонды времени и каким путем можно рассчитать?*
4. *Составьте алгоритм, описывающий основные взаимосвязи факторов, влияющих на среднегодовую выработку продукции.*
5. *Как определить и проанализировать трудоемкость продукции?*
6. *Как можно оценить структуру кадров?*
7. *Для чего осуществляется нормирование труда?*
8. *Составьте схему анализа использования материальных ресурсов.*

9. Какие методы используются при нормировании расхода материальных ресурсов?
10. Как можно рассчитать запасы материальных ресурсов?
11. По каким основным показателям анализируется использование производственных фондов?
12. Дайте определение фондоотдачи, фондоёмкости и рентабельности.
13. Раскройте принципы управления потоками оборудования.
14. Как рассчитать оптимальный экономический срок эксплуатации технической системы?
15. Сформулируйте принципы анализа рациональной загрузки оборудования.
16. Какие особенности можно отметить в анализе производственной информации?
17. Какие виды и потоки информации существуют на предприятии?
18. Как можно оценить качество информации?
19. Какие информационные системы используются на предприятиях?
20. Составьте принципиальную схему автоматизированной системы управления предприятием.
21. По каким показателям оценивается эффективность управления?

## **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

### **4.1. Общая постановка проблемы**

Определение и формирование достаточности потенциалоемкости производственной системы должно исходить из условий сочетания элементов производства и внутренних стимулов процесса ее саморазвития, повышения ее эффективности. В любой отрасли материального производства полностью проявляются основные рыночные экономические законы с учетом существующих особенностей.

*Первой* характерной *особенностью* любого материального производства является состояние перемещения его элементов в пространстве и во времени. Могут быть две формы состояния. При одной — предметы труда на протяжении технологического цикла находятся без движения, а живой труд и орудия труда при необходимости подаются в моменты их востребования. Такая форма производства называется стационарной (стендовой) и широко используется в судостроении, строительстве, самолетостроении и других отраслях.

При другой форме — стационарное закрепление получают, наоборот, орудия труда и при них живой труд, а перемещаются предметы труда. Это производство продукции машиностроения, пищевой промышленности, станкостроения и т.п.

*Второй особенностью* материального производства является продолжительность обработки и создания готового продукта (объекта), которая может изменяться от нескольких минут до нескольких лет. В зависимости от этого изменяется сумма привлекаемых затрат в различные периоды времени. Могут производиться такие операции, которые на долгое время отвлекают рабочую силу и средства производства, не выдавая за это время никакого продукта в качестве полезного эффекта.

К *третьей особенности* материального производства можно отнести большую степень неопределенности в сочетании основных элементов производства и постоянно изменяющихся параметров его функционирования. Новые процессы обычно требуют очень разнообразных материалов, кооперации рабочих, разнообразных специальностей, продолжительного времени для своего завершения.

*Четвертой особенностью* являются монументальность и высокая материалоемкость продукции. Для многих отраслей народного хозяйства, например, сооружаются гигантские по своим размерам объекты. Причем практика показала, что процесс возрастания объемов и размеров объектов — процесс постоянный. Например, современный металлургический комбинат включает горно-рудный, известковый, коксохимический, доменный, сталеплавильный и другие технологические комплексы. В его состав входит большое число объектов подсобно-производственного и обслуживающего назначения. Все объекты имеют значительные параметры.

*Пятой особенностью* материального производства является зависимость производственной системы от географических и климатических условий. Она определяет инфраструктуру производства.

К *шестой особенности* можно отнести формы разделения общественного труда в сфере производства. Это его специализация, концентрация, кооперирование и комбинирование. Совместное взаимодействие производственной и социальной сфер на базе производственного процесса в большой степени зависит от пропорционального развития инфраструктуры, включающей в себя энергетическое хозяйство, инженерные сети, дороги, связь, транспорт, т.е. единое обслуживающее звено для производственной системы (рис. 4.1.).

В общем виде вся совокупность условий производства во взаимосвязях может быть описана четырьмя интеграциями  $Y_i$ ,  $X_i$ ,  $Z_i$ ,  $U_i$  (рис. 4.2): потенциальностью производственной системы  $Y_i$  с параметрами  $A_n$ ,  $P_n$ ,  $t_n$ ; характеристиками продукта (объекта)  $X_i$  с параметрами  $ОПР$ ,  $КР$   $V$ ; характеристиками технического состояния производственных процессов  $Z_i$  с параметрами  $V_T$ ,  $t_T$ ,  $t_T$  и характеристиками региональных условий производства  $U_i$  с параметрами  $A_y$ ,  $t_y$ ,  $P_y$ . При этом каждая из интеграций влияет на формирование друг друга: взаимосвязь  $X_i - Z_i$  определяет техническое состояние процессов  $T_{ex}$ ; взаи-

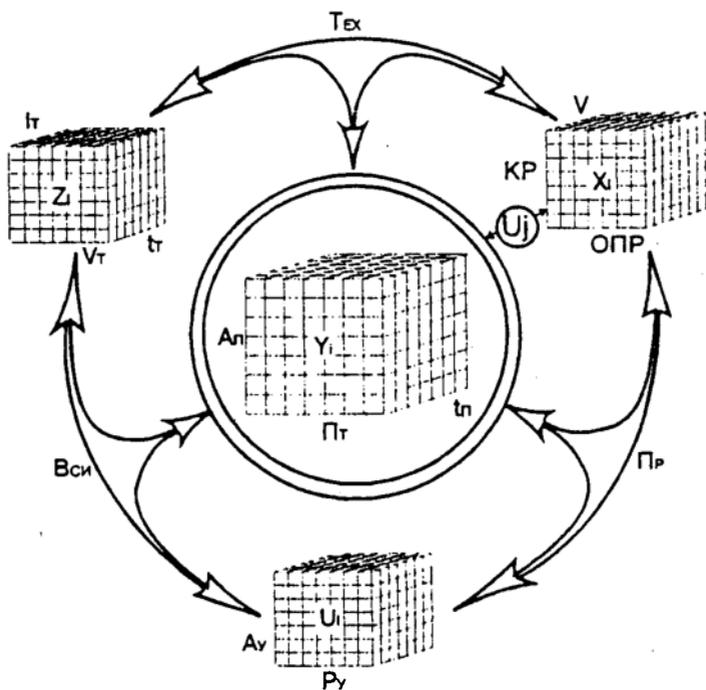
мосьвязь  $Z_i - U_i$  определяет структуру инфраструктуры  $B_{си}$ ; взаимосвязь  $U_i - X_i$  определяет географические и климатические условия  $P_p$ . Одновременно параметры интеграций  $X_i, Z_i, U_i$  влияют на формирование потенциальности системы:



Рис. 4.1. Структура производственной системы

$$Y_i = f(A_n, P_n, t_n) = \begin{cases} X_i = f(KP, OPR, V) \\ Z_i = f(V_T, t_T, l_T) \\ U_i = f(A_y, P_y, t_y) \end{cases}$$

Рассмотрим последовательно возникающие эффекты, которые объективно проявляются при формировании и функционировании производственной системы, например предприятия. Выявление совокупности этих эффектов позволит определить рациональные пути достижения максимального дохода и подойти к решению задачи по установлению рациональных территориальных зон, в пределах которых возможны конкурсная основа организаций; рациональные темпы нововведений в систему, возможное повышение уровня ее мобильности; уровень напряженности производственной программы, а через него — и уровень эффективности ее осуществления.



**Рис. 4.2. Взаимосвязь подсистем и формирование потенциальности производственной системы**

Изучение характеристик рассматриваемых интеграций позволяет раскрыть сложный комплекс их отношений, а через них — всю гамму экономических взаимосвязей, которые можно характеризовать пятью глобальными эффектами, каждый из которых может, в свою очередь, объединить множество локальных эффектов. Это, прежде всего, эффекты, возникающие на связях соответствия характеристик продукции ( $XCP$ ) характеристикам социально-производственного потенциала системы ( $XСПП$ ) в виде выходной ее мощности, т.е. потенциальности как показателя, характеризующего результативность функционирования этой системы. Величина  $XСПП$ , в свою очередь, трансформируется на связях при переходе ее в рабочую ( $P_{аб}M$ ), расчетную ( $P_{ас}M$ ), ресурсную ( $P_{ес}M$ ), входную ( $B_xM$ ) мощности системы под влиянием мобильности ( $УМ$ ), организационно-технического

развития (*УОТР*) и управления (*УУ*). Эти взаимосвязи можно записать в виде следующей формулы:

$$ХСП \rightarrow ХСПП \rightarrow P_{аб}M \rightarrow P_{ес}M \rightarrow V_xM.$$

Рассмотрим сущность и содержание указанных эффектов. **Первый эффект** (соответствие *ХСП — ХСПП*) отражает уровень максимального хозрасчетного дохода, который может быть получен только при обеспечении высокой степени соответствия характеристик продукции характеристикам социально-производственного потенциала производственной системы на всех этапах ее формирования и функционирования с учетом региональных условий. Социально-производственный потенциал системы можно рассматривать как совокупность носителей производства (источники, элементы, ресурсы), которые находятся в наличии и полной готовности, сбалансированы между собой, могут быть мобилизованы, приведены в действие и способны обеспечить получение максимально возможного годового объема конечного продукта.

Исходя из особенностей производства, часть социально-производственного потенциала системы не используется непосредственно для получения конечного продукта, так как практически нельзя обеспечить, во-первых, полное соответствие технических и технологических возможностей системы характеристикам продукции (одновременно выпускается множество различной продукции, технические системы имеют различный физический и моральный износ); во-вторых, часть этого потенциала потребляется на развитие собственных мощностей системы, на перемещение и концентрацию ресурсов в производственной зоне; в-третьих, нельзя добиться полной готовности системы во времени в связи с тем, что на процесс ее формирования и функционирования постоянно влияют вероятностные факторы и факторы неопределенности производства; в-четвертых, часть указанного потенциала всегда поглощается резервами, необходимыми для стабилизации параметров системы, обеспечения ее работоспособности, сбалансированности элементов производства и т.п. Степень использования социально-производственного потенциала системы зависит от конкретных условий производства, экономических и организационно-технологических решений.

**Второй эффект** (связь *ХСПП  $\Rightarrow$   $P_{аб}M$* ) проявляется при переходе социально-производственного потенциала системы в ее рабочую мощность в связи с мобильностью этой системы,

основной и характерной особенностью производства, выражающейся в подвижной форме используемых ресурсов (машин и механизмов) или неподвижной форме его продукции.

В зависимости от мест размещения социальной и производственной сфер системы и регионов размещения баз ресурсов создается инфраструктура, по каналам которой и осуществляется обеспечение необходимыми ресурсами. При этом затраты на формирование структуры социальных и производственных схем, приведение их в соответствие с характеристиками продукта, а также на создание подвижной инфраструктуры обеспечения ресурсами зачастую равны затратам, связанным с выполнением работ на технологических процессах.

Следовательно, любая производственная система, осуществляющая выпуск продукции, должна обладать свойством мобильности, т.е. способностью составляющих ее элементов перемещаться в определенных инфраструктурой направлениях, концентрироваться в необходимом сочетании в заданных точках в виде рабочих мощностей, адаптироваться и рационально функционировать.

Свойство мобильности имеет глубокий экономический смысл и должно отражаться в ясной форме (в виде отдельных статей затрат, а не в виде отдельных надбавок) в двух исходных интеграциях — как в договорной цене, так и в затратах, за счет которых достигаются конечные результаты. Максимальное проявление свойств мобильности производства наблюдается в строительстве, транспорте, сельском хозяйстве и других отраслях.

Т р е т и й э ф ф е к т (связь  $P_{ас}M \Rightarrow P_{аб}M$ ) характеризует степень потерь расчетной мощности системы при переходе ее в рабочую. Величина этих потерь связана, во-первых, с вероятностным характером функционирования производства, выражающимся в дестабилизации параметров функционирования системы, например, в связи с несоответствием параметрического ряда машин, квалификации и состава рабочих структуре работ, принятым организационным формам технологических процессов и т.п. Эти несоответствия учитываются при расчете мощности путем введения соответствующих коэффициентов использования машинных и трудовых ресурсов.

Во-вторых, величина потерь обусловлена несоответствием уровня развития технологии производства уровню механизации и автоматизации работ, выполняемых механизированным способом, в общем объеме работ.

Исходя из изложенного, соотношения между рабочей мощностью системы и ее расчетной величиной можно выразить организационно-техническим уровнем системы, что позволит измерять состояние различных производственных систем.

Четвертый эффект (связь  $P_{ac}M \Rightarrow XСП$ ) проявляется в соответствии характеристик конечной продукции характеристикам рабочей мощности системы. Данный эффект как сумма второго и третьего эффектов может отражаться в расчетах двух типов. Расчеты первого типа сводятся к определению цены с учетом всех рассмотренных эффектов, вызываемых конкретными условиями мобильности системы, с применением стабильных нормативов по определению ее рабочей мощности. Расчеты второго типа осуществляются с целью определения возможностей в обеспечении первого эффекта и соотношения его с четвертым при условии получения хозрасчетного дохода, достаточного для функционирования системы. Для оценки этих возможностей могут быть использованы существующие методы прогнозирования затрат производства, расчета на технологичность продукции, определения рациональной длительности технологических циклов.

Пятый эффект (связь  $B_xM \Rightarrow ФМ$ ) отражает уровень управления системой. В период функционирования производства необходимо обеспечить его расчетные параметры (первый, второй, третий и четвертый эффекты), а в лучшем случае повысить эффекты за счет совершенствования характеристик продукции при сохранении выходных параметров и за счет совершенствования характеристик потенциала и рабочей мощности системы. Управленческие решения могут охватывать всю гамму мероприятий по усилению всех пяти эффектов формирования и функционирования системы, повышению уровня использования всех форм организации и разделения общественного труда путем специализации, кооперирования, комбинирования, концентрации, усиления эффекта мобильности, использования гибких технических систем и систем управления.

Соотношение пятого эффекта с четвертым дает возможность получить и проанализировать уровень управления производственной системой.

Исходя из рассмотренных объективно существующих особенностей производства и возникающих при их проявлении эффектов, можно сформулировать следующие положения.

- В процессе технической подготовки производства (экономическое обоснование, проектирование, разработка организационно-технологической документации) как в период до определения цены, так и после него при принятии управленческих решений следует исходить из необходимости достижения максимального соответствия характеристик продукции и трансформированного социально-производственного потенциала производственной системы, обеспечивающего получение этой продукции с учетом всех возникающих при этом эффектов.

- Особенно важна полнота определения эффективности формирования и функционирования систем, которая позволяла бы правильно оценить результаты работы производственного комплекса и побуждала искать реальные пути саморазвития и самосовершенствования. Вся совокупность рассматриваемых эффектов должна быть учтена при обосновании, учете и соизмерении жизненных циклов системы. Эффективность разработки и внедрения в практику научно-исследовательских и инженерных решений должна определяться в зависимости от возникающих эффектов всего жизненного цикла продукции. Неправильный учет эффектов по совокупности этих циклов с учетом физического и морального старения соизмеряемых интеграций приведет к искаженной характеристике эффективности работы предприятия.

## **4.2. Свойства потенциалоемкости производственной системы и составляющих ее интеграций**

При формировании и функционировании производственной системы необходимо исходить из количественных характеристик основных факторов производства, их взаимодействия и развития. К основным факторам производства относится, во-первых, рабочая сила как совокупность физических и умственных способностей человека, его способности к труду, во-вторых, предмет труда, на который направлен труд человека, и это составляет материальную основу будущего продукта, в-третьих, средства труда, которые человек помещает между собой и предметом труда и которые служат в качестве проводника воздействия человека на этот предмет (машины, управляющие устройства), и в-

четвертых, информация, которая позволяет принимать рациональные (оптимальные) производственные решения\*.

Взаимодействие факторов производства предопределяется формированием системы, ее целостностью. Эффект сопряженности основных факторов производства связан с двумя аспектами: первый аспект взаимодействия факторов — это технология производства, приемы и методы, связанные с изменением механических, физических и химических свойств предмета труда и способами воздействия человека на них средствами труда; второй — это организация производства, обеспечивающая единство, слаженность функционирования всех его факторов, взаимодействие участвующих в нем людей.

С развитием производства меняется как содержание его факторов, так и характер их взаимодействия. При этом все возрастающее значение приобретают энергетическое, материальное обеспечение производства, создание социальной и производственной инфраструктуры.

Развитие факторов производства проявляется в динамике при функционировании систем. В процессе функционирования следует добиваться необходимого воздействия на факторы производства, с помощью которых достигается наибольший результат выполнения целевой функции с учетом состояний внешней и внутренней сред, т.е. должно осуществляться управление системой при ее движении во времени.

Исходя из этого для обеспечения рационального функционирования системы необходимо решить две задачи: получить рациональный вид строения системы и обеспечить целенаправленное управление этой структурой, т.е. в первом случае осуществить формирование, а во втором — управление при функционировании системы. Строение системы — это ее внутренняя организация, обеспечивающая рациональную взаимосвязь между ее частями и целым. При этом следует отметить, что любая социально-производственная (экономическая) система распадается на части, на элементы производственного процесса, которые при системном подходе определенным образом взаимодействуют между собой. При характеристике соотношения в системе целого и ее частей надо исходить из того, что часть всегда соотнобразуется с целым.

---

\* *Источник:* Гусаков А.А. и др. Организационно-технологическая надежность строительства. — М.: Аргус, 1994.

Исходя из степени использования основных факторов производства, их взаимодействия во времени и развития в динамике с учетом строения производственной системы достигается различный результат ее функционирования как выходная потенциальность или выходная мощность. Уровень выходной потенциальности зависит, в свою очередь, от свойств системы.

### 4.2.1. Интеграция показателей продукции

Интеграция показателей продукции  $X_i$ , характеризуется параметрами производства, возможностью транспортирования его элементов, условиями их монтажа, сборки и т.д. (рис. 4.3.).



Рис. 4.3. Характеристика продукции

Для описания  $X_i$  могут быть использованы основные показатели:

отраслевое и функциональное назначение продукта (характеризуется количественно и качественно);

геометрия продукции (характеризуется объемными и линейными параметрами, а также их однородностью). К объемным и линейным параметрам можно отнести длину (протяженность объекта)  $d$ , ширину  $B$ , высоту  $H$ , объем  $V$ , ширину конструктивной ячейки  $Ш_{я}$ , ее длину  $l_{я}$  и высоту  $h_{я}$ , объем ячейки  $V_{я}$ , количество ячеек  $n_{я}$ .

Однородность характеристик описывается разнотипностью продукции  $K_{р.я.}$ , концентрацией  $K_{к.я.}$ , неравенством параметров и т.п.:

$$K'_{кф} = F / П_{пр}; \quad K''_{кф} = V_{об} / V_{пр}; \quad K''_h = V_{об} / (П_{пр} h_{max}); \\ K_{тп} = K_{пя} / (K_{кф} K''_{кф}),$$

где  $F$  — количество продукции;  $П_{пр}$  — площадь прямоугольной формы, полученная по наибольшей его длине и ширине;  $V_{об}$  — объем продукции;  $V_{пр}$  — объем прямоугольной формы, полученный по наиболее удаленным габаритным точкам;  $h_{max}$  — максимальная высота продукции.

Конструктивные решения включают такие параметры, как количество видов элементов в продукте  $K_k$ , количество укрупненных элементов  $K_{обу}$ , общее количество сборных элементов  $K_{ст}$  и инженерного оборудования  $K_{ин}$ , общее количество монтируемых единиц  $K_m = K_{см} + K_{ин}$ , масса элемента  $Q_{ст}$  и инженерного оборудования  $Q_{ин}$ , общая масса монтажа  $Q_m = Q_{ст} + Q_{ин}$ , максимальная  $Q_{ст. max}$ ,  $Q_{ин. max}$  и минимальная  $Q_{ст. min}$ ,  $Q_{ин. min}$  масса элементов.

Однородность конструктивных элементов измеряется коэффициентами: разноразности элементов  $K_{эл}$ , их относительного количества  $K_{от}$ , разнотипности элементов  $K_r$ , их крупности  $K_{кр}$ , однотипности  $K_{тип}$ , преэссенности  $K_{пр}$ , которые можно определить по формулам:

$$K_{эл.ст} = Q_{ст} / Q_{ст. max}; \quad K_{эл.ин} = Q_{ин} / Q_{ин. max}; \\ K_{к.ст} = K_{ст} / F; \quad K_{к.ин} = 1 / K_{об}; \quad K_{тип} = 1 - m_i / K_{ст}; \\ K_{пр} = K_{ст. н} / K_{ст. т},$$

где  $m_i$  — количество однотипной продукции  $i$ -го типа;  $K_{ст. н}$  — количество новых конструктивных элементов;  $K_{ст. т}$  — количество традиционных конструктивных элементов.

Технико-экономические решения проекта характеризуются общими и удельными показателями материалоемкости, трудоемкости, сметной стоимости, а также видами основных материалов и др.

## **4.2.2. Интеграция показателей техники, технологии и организации производства**

Интеграция показателей техники, технологии и организации производства  $Z_i$  характеризует параметры производственных процессов.

Создание моделей технологических процессов с установлением рациональных параметров, а также формы организации их выполнения, т.е. с развитием технологических процессов в пространстве и во времени, приводит к получению совокупности данных.

Любой технологический процесс состоит из процессов труда, сочетание которых соответствует технологическим операциям. Функционирование технологических циклов связано с совокупностью ряда однотипных физических и физико-химических процессов, характеризующих общими кинематическими закономерностями.

В зависимости от основных законов и закономерностей, определяющих характер и скорости этих процессов, их подразделяют на пять основных групп: гидромеханические процессы, связанные с получением и переработкой материалов в различном агрегатном состоянии (твердые частицы, жидкость и газ). Такие процессы в технологии производства происходят при разработке и транспортировании сыпучих материалов (гидромеханизация), смешении и транспортировании смесей и растворов (гидро- и пневмотранспортирование), укладке и уплотнении смесей (когда добиваются получения, осаждения и уплотнения твердых частиц в жидкой среде) и т.д. При этом определение технологических режимов связано с учетом законов гидродинамики; тепловых процессов, связанных с нагреванием и охлаждением материалов и конструкций при различной скорости подвода и отвода теплоты. Эти процессы используются для ускорения или замедления физико-химических процессов, например ускорения твердения смесей или растворов, замедления сроков схватывания растворов и т.д. Скорость и закономерности тепловых процессов определяются законами теплопередачи; массообмен-

ные (диффузионные) процессы связаны с переходом вещества из одной фазы в другую, из области высокой концентрации в область более низкой. Такие процессы протекают, например, при сушке (снижение начальной влажности) и твердении (молекулярная диффузия). При определении технологических режимов пользуются законами массообмена; химические процессы связаны с протеканием соответствующих химических превращений и реакций. Это процессы твердения, например, цемента, полимеризации покрытий из красок и эмалей и других материалов. Механические процессы связаны с измельчением и классификацией сыпучих материалов, смешением компонентов при приготовлении раствора, уплотнением грунта и др.

При функционировании технологического процесса гидромеханические, тепловые, диффузионные, химические и механические элементарные процессы могут протекать отдельно, а также в совокупности.

Выполнение технологических приемов и методов, сопровождающихся упомянутыми процессами, требует умелого специализированного труда, использования комплекта машин, материалов, конструкций и деталей. Сочетание этих элементов производства меняется в зависимости от характеристик продукции, от форм организации производственных процессов.

При выполнении производственных процессов могут быть применены следующие формы последовательности сборки и монтажа конструкций, инженерных сетей и технологического оборудования:

- закрытая, при которой монтаж и сборка производятся по отдельным участкам;
- открытая, представляющая монтаж и сборку продукции на открытых площадках;
- смешанная при параллельном выполнении работ при сборке и монтаже продукции;
- комбинированная, предусматривающая комбинированный вариант закрытой, открытой и смешанной форм.

Из моделей возведения объектов следует, что производство работ может осуществляться последовательно, параллельно и параллельно-последовательно, что значительно влияет на продолжительность технологических процессов. Кроме того, может быть принято одно из трех направлений развития процессов: горизонтальное, вертикальное и диагональное.

Установление оптимальной длительности процесса целесообразно осуществлять путем построения циклограммы (или схемы) развития технологических процессов по комплексу с учетом возможных методов обработки продукции и направлений развития процессов. Для каждого из вариантов определяются расчетный  $t_p$  и нормативный  $t_n$  технологические циклы. После установления оптимальной длительности процесса принимаются только те варианты, которые отвечают условиям  $t_{p \text{ опт}} \leq t_p$  (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Схема организационно-технологических параметров производства

### **4.2.3. Интеграция показателей региональных условий**

К условиям функционирования производственной системы, описывающим данную группу характеристик, можно отнести:

- природные условия (состояние географической зоны в районе строительства, гидрологический режим (уровень грунтовых вод), сейсмичность, наружная температура и ее колеблемость в течение года, влажность и давление воздуха, наличие метеорологических осадков и др.);
- состояние воздушной среды (скорость движения воздушной среды, загазованность, запыленность, разреженность и др.);
- освещенность (яркость предметов, солнечная радиация, освещенность рабочего места и рабочей зоны и др.);
- звуковую среду (шум, ультразвук, инфразвук, вибрация и др.);
- экономические условия (использование местных материальных ресурсов, местных энергетических ресурсов, наличие транспортных коммуникаций и т.п.);
- социальные условия (режим труда и отдыха, наличие социальных объектов, удовлетворение интересов трудящихся и т.п.).

### **4.2.4. Интеграция материальных ресурсов**

Потребность в необходимых видах материальных ресурсов, заготовок и сборных элементов, а также их распределение по производителям определяются на основе формирования технологических комплектов на плановый период производства.

Под технологическим комплектом (ТК) изделий понимается совокупность конструкций со строго определенными пределами геометрического подобия, функционального, конструктивного и технологического тождества, имеющих подобные технологические черты. Изделия одного ТК создают предпосылки для использования однотипных технологических процессов при выполнении определенных видов работ.

Группировка изделий в ТК является предпосылкой для последующего выбора эффективных показателей технологических процессов изготовления, транспортирования и монтажа, а также для выбора рациональной взаимосвязи монтажа конструкций и их комплектного изготовления.

Под комплектностью поставки полуфабрикатов подразумевается совокупность изделий, транспортируемых с завода-

изготовителя на площадку сборки или доводки, обеспечивающих выполнение комплекса работ на определенную группу товаров. При этом объем комплектной поставки должен обеспечивать устойчивость производственного процесса, оптимальную технологическую последовательность работ, исключающую простои рабочих, машин и механизмов. Как принцип комплектации система агрегирования полуфабрикатов должна отвечать целевому назначению процессов полного цикла. При агрегировании заготовок может быть принят дифференцированно-типический метод с постепенным наложением ограничений на признаки, по которым классифицируются конструкции на стадии изготовления, транспортирования и сборки. Кроме того, каждый ТК рассматривается как единое целое, что дает возможность учесть особенности условий мобильности процесса, технологию и организацию изготовления товара и его транспортирование до потребителя.

Основной принцип построения ТК основывается на обеспечении совокупности изделий, объединяемых в конструктивно-технологическую группу, которая должна быть однородна по функциональным и конструктивным признакам. Рассмотрим образование комплекта на стадиях изготовления, транспортирования и сборки изделий.

При изготовлении, например, однородных изделий в один ТК объединяются изделия одного вида, типа, вида материала, толщины, ширины, одинаковой конфигурации сторон. Изделия, входящие в ТК, могут дополнительно дифференцироваться по массе элементов, длине, марке материала, количеству изделий в каждой марке и сложности изготовления. Таким образом, агрегирование изделий на стадии изготовления позволяет установить технологические свойства как отдельных конструкций, так и целых конструкторско-технологических групп, формировать заводские комплекты изделий в условиях головной комплексной базы, устанавливать оптимальный способ производства отдельных конструкций с последующим распределением их по заводским технологическим линиям таким образом, чтобы обеспечить порядок и время выпуска продукции. Во всех случаях при формировании ТК ставится цель выполнения обязательств с достижением максимального хозяйственного дохода.

С учетом ТК изделий происходит формирование материально-технических и селитебных баз на плановый период работы производственного подразделения. При этом должно быть выполнено следующее условие: количество  $n$  перемещаемых эле-

ментов селитебной сферы,  $p$  элементов производственной сферы и  $b$  элементов инфраструктуры, а также их концентрация в регионе намечаемого потребления ресурса должны обеспечить функционирование необходимых мощностей  $M_c$ , балансирующихся с мощностями технологических процессов:

$$M_c = \sum_1^n \sum_1^p \sum_1^b f(t_i L_{ij}) = \sum_1^c M_{cп} f(t_3) = M_{т.п.},$$

где  $M_{cп}$  — мощность  $c$  видов специализированных процессов.

#### **4.2.5. Интеграция, характеризующая перемещение элементов производства в пределах производственной инфраструктуры**

Перемещение заготовок и сборных элементов осуществляется группами, для чего определяют транспортные комплекты (ТКТ). Номенклатуру заготовок и сборных элементов можно разделить на однородные группы (плоские, линейные, объемные и сложной конфигурации), определяющие их транспортное положение (горизонтальное, вертикальное, специальное).

Показатели технологической группы транспортных изделий ТКТ являются основными факторами при выборе оптимального вида, типа и класса транспортных средств. Конфигурация изделий, их геометрические размеры, вид, тип и масса определяют вид транспортных средств. Дальнейший анализ конструктивных элементов с помощью дифференцированно-типического метода позволит выделить группы транспортируемых элементов определенной массы, геометрических размеров и перейти к агрегированию изделий ТКТ. В один ТКТ объединяются изделия одного вида и типа, однородные по транспортному положению и конфигурации с определенными геометрическими параметрами и грузоподъемностью класса транспортных средств. Изделия, входящие в ТКТ, могут дополнительно дифференцироваться по количеству конструкций в комплекте. При формировании ТКТ геометрические размеры транспортной площадки автосредств (по длине и ширине) накладывают ограничения на геометрические размеры транспортируемых конструкций, а грузоподъемность автосредств — на массу конструкций. Схема объединения изделий в ТКТ по основным определяющим признакам транспортных средств показана на рис. 4.5.

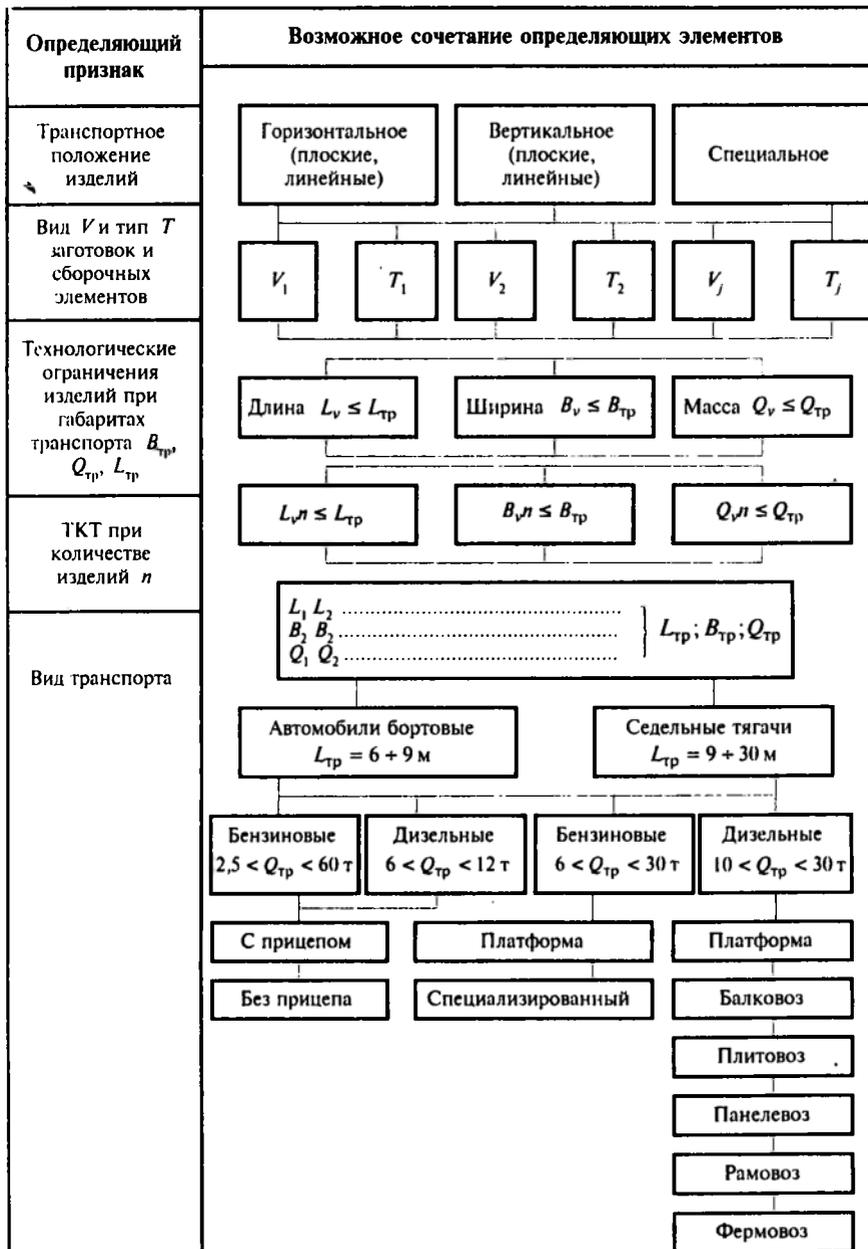


Рис. 4.5. Схема агрегирования заготовок и сборочных элементов в ТКТ по основным определяющим признакам транспортных средств

## 4.2.6. Движение производственных систем

Чтобы выразить функционирование производственной системы, т.е. ее движение во времени по оси  $\tau$  (рис. 4.6.), недостаточно описать элементы производства ( $A$  — производственный процесс,  $a_i$  — его элементы,  $B$  — вспомогательные процессы,  $b_i$  — его элементы,  $C$  — обслуживающие процессы,  $c_i$  — его элементы и т.д.) и их связи 1, 2, ..., 33. Следует точно описать последовательность изменения состояний системы во времени  $\tau$ :  $A, A', A'', B, B', B'', C, C', C'', \dots$ , фазовые траектории их изменения (пунктирные линии) под влиянием возмущающих факторов (детерминированных, статистических и вероятностных)  $F_1, F_2$ . При этом связи между элементами периодически будут терять равновесие (связи 4 — 4'; 5 — 5'), а следовательно, и устойчивость с допустимыми отклонениями.

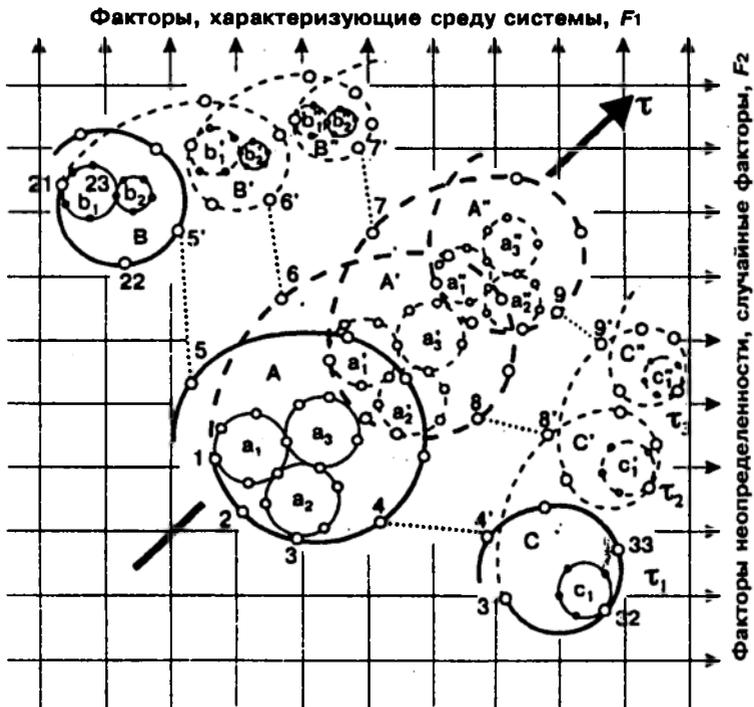


Рис. 4.6. Структурная схема движения системы во времени по оси  $\tau$

На рис. 4.7. показаны фазовые траектории движения системы, выраженные затратами (интегральные кривые) за время  $\tau_i$  и объемом производства  $N_i$ . Во время  $\tau_1$  выполнен объем производства  $N_1$  и достигнута фактическая себестоимость  $D_1$ , которая ниже рыночной цены на величину  $CD$ . При этом наблюдается энтропия системы, т.е. необратимое рассеяние части ее затратных параметров: по объему производства на величину  $\Delta N_1 N_2$  и по времени  $\Delta \tau_1 \tau_2$ . В процессе управления затратами, чтобы привести систему в соответствие хотя бы с параметрами сметной стоимости, необходимо сократить темпы роста фактических затрат продукции, принять такие организационно-технологические решения, которые смогли бы обеспечить слияние траекторий движения  $AD$  и  $AM$  в точке  $K$ . Как видно по кривой  $AD'K'$ , необходимо увеличить интенсивность выпуска продукции. Если не управлять затратами производства, то, видимо, сохранится тенденция роста затрат по кривой  $DE$  и тогда убытки составят величину  $EK$ . Следовательно, параметры системы и ее потенциальность заметно меняются во времени.

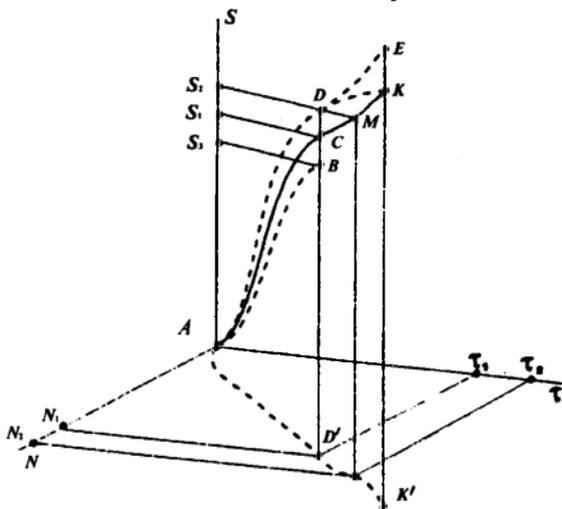


Рис. 4.7. График оценки выполнения работ:  
 $N$  — во времени;  $\tau$  — при достижении заданных величин затрат

При рассмотрении основных положений о движении систем отмечалось, что оно характеризуется определенным моментом времени, т.е. в процессе функционирования на протяжении жизненного цикла системы происходит движение производст-

венных систем. Движение представляет некоторую последовательность изменений ее состояний под влиянием входных и выходных параметров (переход из одного состояния в другое).

Предположим, что производственной организации необходимо увеличить объем работ с  $Q_1$  до  $Q_2$  за минимальное время  $\tau$ . В каждый момент времени  $\tau_1$  можно определить, как изменяется показатель  $Q_i$  под влиянием производственных факторов (механизация работ  $X_1$ , внедрение поточных методов  $X_2$  и повышение квалификации рабочих  $X_3$ ). Параметры  $X_1, X_2, X_3$  называются управляющими, а положение величины  $Q_i(\tau_i)$  будет соответствовать фазовым координатам при  $X_1(\tau_1), X_2(\tau_1), X_3(\tau_1)$ . Таким образом, можно записать закон изменения

$$Q_i = f X_1(\tau_1), X_2(\tau_1), X_3(\tau_1),$$

т.е. определить базовую траекторию изменений этой величины во времени. Задавая различные значения параметров  $X_1, X_2, X_3$ , т.е. управляя ими, будем получать различные фазовые траектории изменения  $Q_i(\tau_i)$ . Задача управления в данном случае состоит в том, чтобы из всех допустимых управлений ( $X_1, X_2, X_3$ ) выбрать такое их сочетание, при котором предприятие достигло бы заданного объема работ  $Q_2$ .

Каждая динамическая производственная система может характеризоваться равновесными, переходными и периодическими процессами.

*Равновесие* — это такое состояние системы, при котором сумма действующих на нее внешних, внутренних и выходных сил (параметров) равна нулю. Равновесное состояние может быть статическим и динамическим. В качестве примера можно привести в определенный момент времени постоянную величину мощности предприятия при различных сочетаниях элементов производства. Длительное равновесие системы обуславливается действием на нее факторов, вызывающих в среднем равные и противоположные следствия. Например, сохранение на заданном уровне запасов материалов и деталей на складе при систематическом пополнении их расхода.

Под *переходным процессом* понимается процесс изменения во времени параметров системы, имеющий место при переходе ее из одного равновесного состояния в другое. Например, равновесное состояние системы по производительности сохраняется, а отношение параметров при допустимом и рабочем состояниях системы изменяется (рис. 4.8).

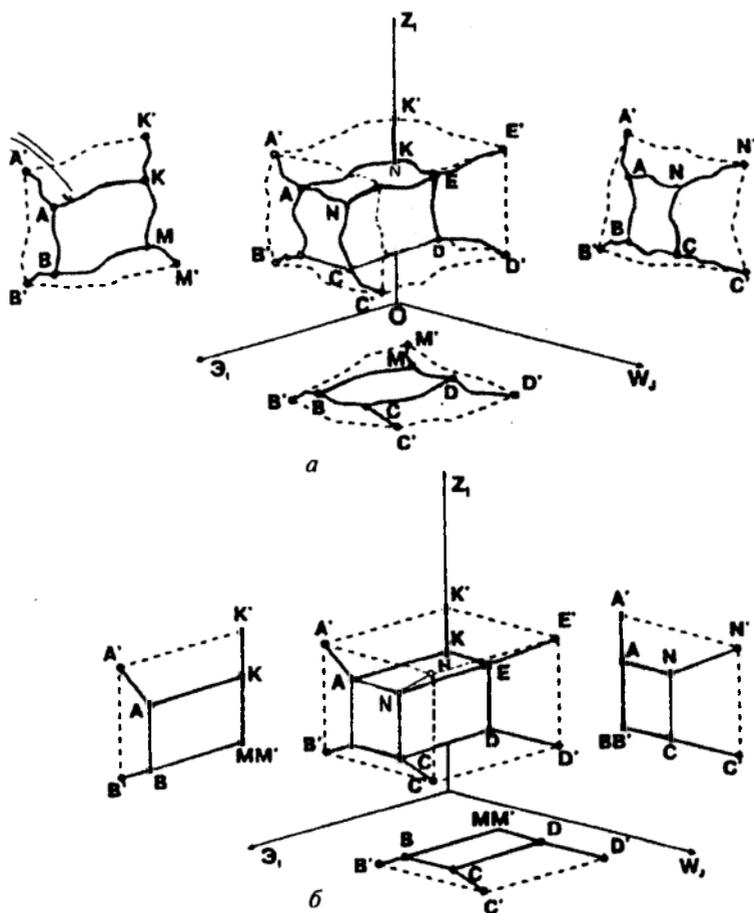


Рис. 4.8. Виды состояний производственной системы в определенный момент времени:  
*a* — абстрактная модель; *b* — аппроксимированная абстрактная модель

*Периодический процесс* системы наблюдается, например, при выполнении работ с технологическими и организационными перерывами. Допустим, что нам удастся сохранить ритмичность выполнения работ (т.е. сохранить равновесие системы по ее выходным параметрам) на протяжении всего года. Для обеспечения этих условий в сложные периоды года периодически придется увеличивать резервы производства, что приводит к увеличению его издержек.

Равновесие с наличием переходных и периодических процессов динамической системы обосновывает ее основное свойство — *устойчивость*.

Под *устойчивостью* или *стабильностью системы* понимается ее способность возвращаться в некоторое установившееся состояние или режим после нарушения последнего (под влиянием внешних и внутренних факторов), т.е. нечувствительность к некоторым неизбежным посторонним возмущениям. Чем больше устойчивость системы, тем меньше разрыв между допустимым и рабочим ее состоянием, тем выше уровень использования производственного потенциала, тем экономичнее рассматриваемая система.

Основным содержанием теории устойчивости является анализ влияния возмущающих воздействий (внешних, выходных и внутренних) на поведение систем с целью выработки стратегии и тактики управления ими. При этом под возмущающими факторами понимаются силы, обычно неизвестные заранее, которые вследствие своей неопределенности полностью не учитываются при описании движения системы.

Следовательно, общее состояние системы  $Q_c$  функционально связано с входными  $Z_i$ , выходными  $\Xi_i$  и внутренними  $W_j$  параметрами:

$$Q_c = f(Z_i, \Xi_i, W_j).$$

Выразим общее состояние системы  $Q_c$  в декартовом трехмерном пространстве  $X_i, \Xi_i, W_j$  (см. рис. 4.8). Точки  $A, B, \dots, M$  являются параметрами системы. Совокупность точек образует ограниченное пространство  $ABNCEDKM$  (заштрихованное на рис. 4.8), которое называется общим пространством производственной системы. Количественное значение параметров системы может меняться в каких-то пределах от минимума  $A$  до максимума  $A'$ , от  $B$  до  $B'$  и т.д. Например, в конкретном технологическом процессе выработка рабочих колеблется от  $A$  до  $A'$ , фондотдача от  $B$  до  $B'$ , интенсивность выполнения работ от  $E$  до  $E'$  и т.д. Такие колебания параметров, определяющих, например, внутреннее состояние системы, могут возникать под влиянием параметров внешней среды [входных параметров  $X_i$  и факторов неопределенности функционирования системы  $X_1', X_2', \dots, X_n'$ ]:

$$W_j = f(X_1, X_2, \dots, X_n; X_1', X_2', \dots, X_n').$$

Определенному моменту времени соответствует свой характер колебаний значений параметров, траектории изменения ко-

торых в пространстве называются фазовыми траекториями (например, линии  $KK'$ ,  $EE'$ ,  $CC'$ ). Пространство, описывающее изменение параметров системы в период ее формирования и функционирования на протяжении всего жизненного цикла, характеризуется множеством состояний. Состояние системы в определенный момент времени при минимальных значениях параметров  $A$ ,  $B$ , ...,  $M$  называется пространственным рабочим состоянием. Пространственное рабочее состояние при правильном точном его определении соответствует выходной потенциальности системы. Например, в современных условиях мощность определяется сочетанием количественных характеристик орудий производства и труда с учетом надежности их функционирования и возможности обеспечивать конечную цель — выпуск максимального объема продукции.

Пространство же, описывающее состояние системы при максимальных значениях параметров  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$ , ...,  $M'$ , называется максимально допустимым состоянием в определенный момент времени, и оно может быть принято за количественную характеристику входной потенциальности системы. Чтобы мощность предприятия (рабочее состояние системы) достигла значений допустимого состояния, необходимо в первом случае ослабить влияние на систему факторов  $X_1, X_2, \dots, X_n$ :  $X_1', X_2', \dots, X_n'$ , а во втором — включить в процесс функционирования системы дополнительные резервы в таком количестве, которое позволило бы увеличить рабочее состояние до пространства  $A' B' C' N' D' E' K' M'$ . Первый случай в практической деятельности предприятия не встречается, т.е. создать производственный процесс без наличия каких-либо помех невозможно. Следовательно, одним из путей повышения уровня использования потенциала наравне с совершенствованием организации производства является резервирование ресурсов и т.п.

Следовательно, при разработке потенциальности производственных систем следует учитывать всю совокупность их свойств, параметров, состояний и последовательность движений во времени. Исходя из этого, можно сформулировать основные положения функционирования производственных систем, на которых следует основываться:

- любая производственная система функционирует во времени, взаимодействуя с внешней средой, и в каждый момент времени может находиться в одном из возможных состояний;
- на вход производственной системы могут поступать входные сигналы, и она способна выдавать выходные сигналы;

- производственная система обладает внутренними параметрами за счет переходных и периодических процессов, приводящих систему к адаптации входных и выходных параметров и возмущающих факторов;
- производственная система после адаптации способна обеспечивать некоторое устойчивое состояние с равновесными траекториями изменения количественных характеристик;
- наиболее эффективным следует считать состояние производственной системы, при котором достигается минимальный разрыв между ее входной и выходной потенциальными емкостями при условии минимальных затрат на обеспечение такого устойчивого состояния на протяжении всего жизненного цикла системы.

## 4.3. Жизненный цикл производственной системы

Жизненный цикл технологической системы (ЖЦТС) — время от момента возникновения и обоснования необходимости ее создания до момента нецелесообразности дальнейшей ее эксплуатации. Такие циклы проходят все системы, технические и технологические, и в каждом случае они должны быть экономически обоснованы и привязаны к конкретным условиям производства. Жизненный цикл технологической системы принято характеризовать периодами, эффектами и эффективностью (рис. 4.9).

Периоды ЖЦТС подразделяются: на период I — *OO—AA*, включающий в себя работы по технико-экономическому обоснованию создания и области использования технологической системы; на II — *AA—BB* — по ее конструированию и проектированию; на III — *BB—CC* — по изготовлению или комплектации элементов системы, разработке технологии производства и режимов технологии; на IV — *CC—DD* — по освоению системы; на V — *DD—EE* — по наработке, позволяющей обеспечить окупаемость средств, вложенных в создание и освоение системы; на VI — *EE—GG* — по наработке, обеспечивающей максимальный эксплуатационный эффект; на VII — *GG—FF* — по наработке до момента смерти системы. Три первых периода принято объединять в понятие *технологической подготовки производства*, а последующие — в понятие *эксплуатации*.

Эффекты ЖЦТС могут быть с отрицательными и положительными знаками и могут влиять на характер результирующего

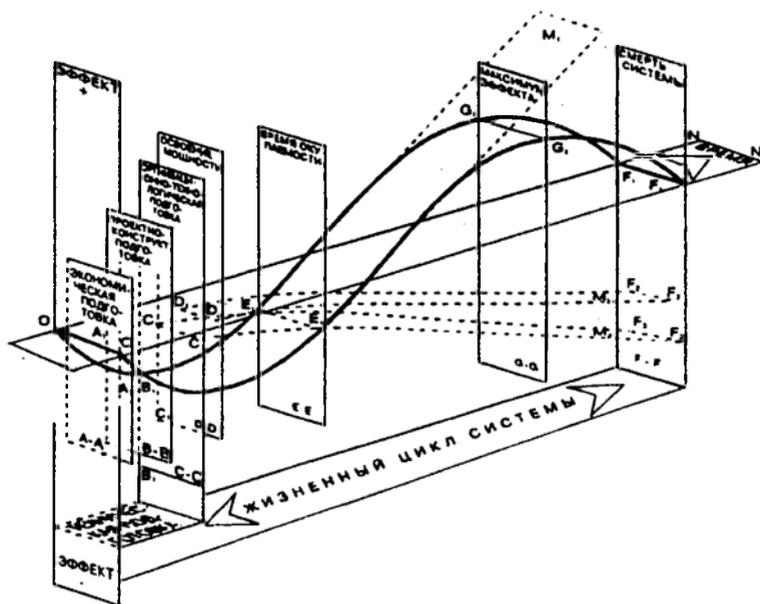


Рис. 4.9. Жизненный цикл производственной системы

эффекта (поверхность  $OO - A_1A_1 - B_1B_1 - C_1C_1 - D_1D_1 - E_1E_1 - G_1G_1 - F_1F_1$ ). С момента  $OO$  начинают расти инвестиции в создание технологической системы и кривая  $OO - A_1A_1 - B_1B_1 - C_1C_1$  показывает на увеличение эффекта с отрицательным знаком за счет выполнения работ I — III периодов. Когда система создана и начинаются ее освоение  $C_1C_1$  и эксплуатация  $D_1D_1$ , появляется эффект с положительным знаком (плоскость  $M_1$ ) за счет получаемой прибыли. Эффект  $M_1$  покрывает инвестиции и на прямой  $E_1E_1$  наступает равенство эффектов, что соответствует моменту полной окупаемости инвестиций. Но эксплуатация технологической системы приводит к новым эффектам с отрицательным знаком: первый (плоскость  $M_3 - C_2C_2 - F_3F_3$ ) связан с моральным старением системы, второй (плоскость  $M_2 - D_2D_2 - F_2F_2$ ) — с ее физическим старением. Эффекты  $M_2, M_3$  уравниваются эффектом  $M_1$  на линии  $G_1G_1$  и в конечном счете приводят результирующий эффект к его пересечению с нулевой плоскостью  $OO - NN$ , т.е. к такому положению, когда эффект функционирования технологической системы равен нулю и имеет отрицательную направленность. Такое положение принимается за момент смерти системы — она становится не-

эффективной и должна быть технически перевооружена, реконструирована или демонтирована.

Эффективность ЖЦТС в общем виде по затратам и результатам может быть выражена отношением двух площадей, образованных взаимодействием эффектов с отрицательными и положительными знаками, ограниченных плоскостями результирующего и нулевого эффектов: первой  $OO - A_1A_1 - B_1B_1 - C_1C_1 - D_1D_1 - E_1E_1$  ко второй  $E_1E_1 - G_1G_1 - F_1F_1$ . Затраты и результаты определяются с учетом фактора времени и включают все его периоды.

### 4.3.1. Базовые состояния производственной системы при ее проектировании, формировании и функционировании

Как было показано, любая производственная система (в конечном счете) характеризуется социально-производственной потенциалоемкостью. Одним из определяющих направлений повышения эффективности производства в условиях рынка является четкое и опережающее формирование и использование этого потенциала. Достижение поставленной цели при обеспечении достаточного для этого дохода (прибыли) как одного из основных видов оценки деятельности предприятия (системы) возможно при обеспечении наилучшего соотношения  $U$  (адекватности характеристик на протяжении жизненного цикла), как уже отмечалось, двух интеграций: конечных результатов  $СП$  и затрат, связанных с формированием и функционированием производственной системы в процессе достижения этих результатов —  $СПП$ .

$$\mathcal{E}_\Phi = СП \cup СПП \rightarrow \max.$$

Первая интеграция  $СП$  объединяет совокупность общих и частных характеристик  $X_1, \dots, X_n$  как конечного продукта производства.

Вторая интеграция  $СПП$  объединяет характеристики социально-производственной потенциалоемкости системы, которые описывают структуру и величину важнейших факторов производства  $\Phi_{пр}(Z_1, \dots, Z_n)$ , взаимодействие этих факторов  $\Phi_{вз}, (Y_1, \dots, Y_n)$  и их развитие во времени  $\Phi_{раз}$ . При формировании и функционировании этой системы возникают затраты, уровень которых и будет определять эффект производства:

$$\mathcal{E}_\Phi = (X_1, \dots, X_n) / \Phi_{раз} \cup (Y_1, \dots, Y_n) (Z_1, \dots, Z_n) / \Phi_{раз} \rightarrow \max.$$

Целесообразно проследить изменение характеристик системы по уровню и степени использования ее социально-производственной потенциальности с учетом двух аспектов: во-первых, с учетом отдельных базовых состояний формирования и функционирования системы по ее жизненному циклу  $\Phi_{\text{раз}} = [C_1, C_2, C_3(f), t_1, t_2, t_3]$ ; во-вторых, с учетом изменения состояний трансформации социально-производственной потенциальности системы  $\Phi_{\text{пр}} - \Phi_{\text{вз}} = (TM_i, ПМ_i, СПП_i) (УТО_i, ВСИ_i)$ . Исходя из этого обобщения, модель соответствия характеристик изготавливаемой продукции характеристикам социально-производственного потенциала производственной системы по ее жизненному циклу может быть представлена матрицей

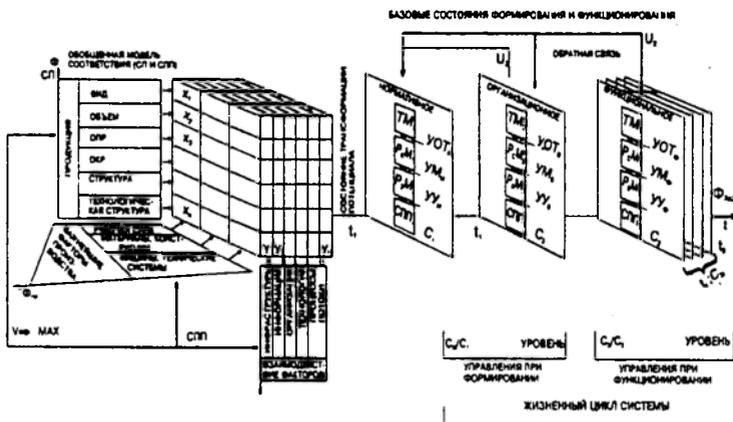
$$СПУСПП_i = \left| \begin{array}{l} C_1 f_1(TM_1, ПМ_1, СПП_1, УТО_1, ВСИ_1) \\ C_2 f_2(TM_2, ПМ_2, СПП_2, УТО_2, ВСИ_2) \\ C_3 f_3(TM_3, ПМ_3, СПП_3, УТО_3, ВСИ_3) \end{array} \right| \rightarrow \max .$$

В течение жизненного цикла производственная система может характеризоваться тремя базовыми состояниями: формирование (состояние  $C_1$  (рис. 4.10)), организация (состояние  $C_2$ ) и функционирование (состояние  $C_3$ ).

*Первое базовое состояние* системы  $C_1$  является нормативным, и его задачей считается разработка формирования социально-производственного потенциала производственной системы на основе долгосрочных нормативов и обеспечение его максимального соответствия характеристикам изготавливаемой продукции. Кроме определения количественных характеристик важнейших факторов производства, устанавливаются параметры их взаимодействия (характеристики производственных потоков, технологии и организации, информационных потоков, инфраструктуры и т.п.). На основе параметров системы определяются издержки производства с учетом затрат, связанных с функционированием системы. Исходной информацией к определению нормативного первого базового состояния системы служат отраслевые, региональные и местные нормативы по уровням производительности труда, использования машин по мощности и времени, по материалоемкости, энергоемкости производства и др. Кроме того, учитывается достигнутая в отрасли надежность по организации и управлению системами.

Многие предприниматели вместо нормативов используют результаты стратегических прогнозов.

*Второе базовое состояние* производственной системы  $C_2$  является организационным, задачей которого считается рациона-



**Рис. 4.10. Структура формирования и функционирования производственных систем на их полный жизненный цикл**

лизация ее социально-производственного потенциала. В разработке организационного состояния принимают участие все участники инвестиционного цикла, а в дальнейшем полученный за счет этого доход распределяется между ними с учетом их вклада. Второе организационное состояние производственной системы рационализируется, прежде всего, на базе научно-технического прогресса, совершенствования технологии и организации производства, улучшения инфраструктуры, разработки новых форм повышения качества продукции, снижения материалоемкости и энергоемкости производства.

Достигнутый эффект определяется соотношением затрат на формирование и функционирование системы соответственно при первом  $Z_{C_1}$  и втором  $Z_{C_2}$  состояниях. Тогда уровень управления формированием  $Y_y' = Z_{C_2} / Z_{C_1}$ .

Проект второго состояния системы позволяет обосновать уровень ожидаемого эффекта, определить стратегию и тактику развертывания временной инфраструктуры.

Оба состояния формирования системы  $C_1$  и  $C_2$  решаются в виде стратегических моделей (схем, чертежей, матриц), параметры которых определяются с учетом динамики функционирования системы во времени (обратная связь  $U_1, U_2$ ).

*Третье базовое состояние* системы — функциональное, так как отражает фактическое воплощение организационного проектного состояния в практику производства. Оно описывает ход

достижения и результаты практического формирования и функционирования системы (см. рис. 4.10) на протяжении всего времени ее существования. В связи с тем, что система функционирует на протяжении длительного времени  $t_i$ , она проявляется во множестве второстепенных состояний  $C_{3i}$  внутри базового состояния  $C_3$ . Управление по этим состояниям осуществляется в зависимости от периодов, принятых в текущем и оперативном планировании, и по ним происходит соизмерение затрат производства как по физическим, так и по стоимостным единицам измерения. Результаты управления могут быть оценены уровнем управления при функционировании производственной системы

$$Y_{\text{уф}}'' = Z_{C_3} / Z_{C_2} .$$

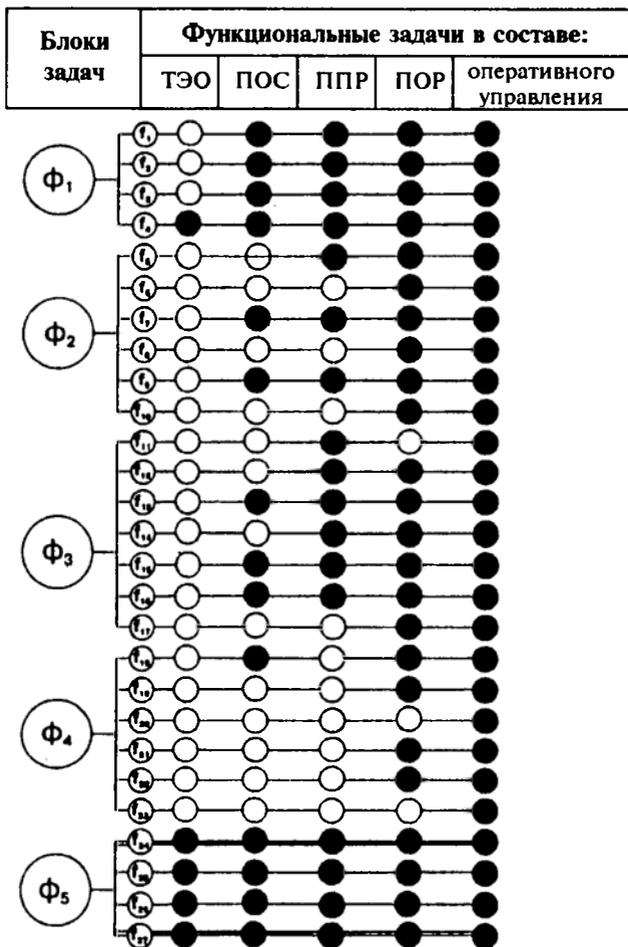
В свою очередь, в пределах каждого базового состояния формирования и функционирования систем происходит трансформация их социально-производственного потенциала под влиянием взаимосвязи факторов производства (организационно-технологический уровень — *УОТ*), проявления его особенностей (и создания их с учетом временной инфраструктуры — *ВСИ*) и т.п. Следовательно, при переходе от первого базового состояния системы ко второму, а затем и к третьему все ее параметры должны уточняться и приближаться к практически требуемым и достаточным для достижения цели величинам. Нужна единая система расчета достаточной потенциальности системы внутри каждого базового состояния, т.е. с учетом ее трансформации. К сожалению, в практике производства при его подготовке возникающие сложности состояния системы учитываются не полностью.

Надежность расчета можно резко повысить при соблюдении двух условий: во-первых, на протяжении проектирования, формирования и функционирования системы ее потенциальность должна определяться и регулироваться по одним постоянным функциональным задачам; во-вторых, данные функциональные задачи должны решаться на постоянной расчетной сопоставимой базе. Видимо, здесь допускаются самые значимые погрешности. Функциональные задачи, которые могут быть разбиты по блокам разработки систем, должны быть такими, которые бы обеспечивали единство целей по принятым ранее критериям, целостность параметров продукции и параметров системы, которая обеспечивает выпуск этой продукции (табл. 4.1, рис. 4.11). На матрице (см. рис. 4.11) заштрихованы позиции расчетов, где хотя бы частично в настоящее время использованы изложенные принципы.

**БЛОКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВНУТРЕНнюю СТРУКТУРУ И ДОСТАТОЧНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОЕМОСТИ СИСТЕМ**

Блок	Функциональные задачи
<p align="center"><b>Ф<sub>1</sub></b> Характеристики продукции</p>	<p>Ф<sub>1</sub> — технологические требования Ф<sub>2</sub> — геометрия продукта Ф<sub>3</sub> — структура продукта Ф<sub>4</sub> — объемы продукта</p>
<p align="center"><b>Ф<sub>2</sub></b> Характеристики элементов производства</p>	<p>Ф<sub>5</sub> — численный и квалификационный состав трудовых ресурсов Ф<sub>6</sub> — формирование и комплектация состава рабочих Ф<sub>7</sub> — номенклатура и объемы материальных ресурсов Ф<sub>8</sub> — комплектация материальных ресурсов Ф<sub>9</sub> — структурный и количественный состав парка технических средств Ф<sub>10</sub> — комплектация парка технических средств</p>
<p align="center"><b>Ф<sub>3</sub></b> Взаимодействие и развитие элементов производства</p>	<p>Ф<sub>11</sub> — технология производства Ф<sub>12</sub> — график процессов и потоков, обоснование специализации, кооперирования и комбинирования Ф<sub>13</sub> — графики поставки и монтажа технологического оборудования</p>
<p align="center"><b>Ф<sub>4</sub></b> Базы и инфраструктура</p>	<p>Ф<sub>14</sub> — графики движения трудовых ресурсов Ф<sub>15</sub> — графики комплектной поставки материальных ресурсов Ф<sub>16</sub> — графики потребности в технических средствах Ф<sub>17</sub> — система управления Ф<sub>18</sub> — состав и мощность материально-технической базы и ее инфраструктура Ф<sub>19</sub> — ситуационный план инфраструктуры Ф<sub>20</sub> — лаги опережающего развития производственного потенциала относительно программ производства Ф<sub>21</sub> — состав и мощность социальной сферы и ее инфраструктуры Ф<sub>22</sub> — ситуационный план размещения социальной структуры и ее инфраструктуры Ф<sub>23</sub> — лаги опережающего развития социальной сферы относительно программ производства</p>
<p align="center"><b>Ф<sub>5</sub></b> Обобщающие показатели</p>	<p>Ф<sub>24</sub> — объемы Ф<sub>25</sub> — издержки Ф<sub>26</sub> — объемы инвестиций Ф<sub>27</sub> — продолжительность циклов</p>

Кроме того, должно соблюдаться еще одно требование — достижение единства расчета потенциальности производственной системы внутри каждого состояния (первого, второго, третьего), т.е. должна учитываться трансформация потенциальности в пределах заданной точности.



**Рис. 4.11. Взаимосвязь функциональных задач:**  
ТЭО — технико-экономическое обоснование;  
ПОС — проект организации производства;  
ППР — проект производственного процесса;  
ПОР — проект динамики производственных программ

### **4.3.2. Трансформация и расчет социально-производственной потенциалоёмкости производственных систем путем итераций их состояний**

Расчет составляющих социально-производственной потенциалоёмкости является одним из важнейших этапов обеспечения эффективности систем. Его целесообразно проводить по всем  $U_i$  состояниям формирования и функционирования путем итераций, отражающих изменение потенциала под воздействием внутренней и внешней сред. При этом во всех случаях следует соблюдать и достигать условия максимального соответствия, т.е. адекватности характеристик продукта характеристикам социально-производственного потенциала системы, которая производит этот продукт. Расчет потенциала и его соответствия осуществляется по состояниям системы: вначале определяется потребность по факторам производства с учетом их взаимосвязи и развития в натуральных (физических) показателях, а затем — в стоимостных показателях с учетом цен, уровня заработной платы и т.п.

Изменение базовых состояний производственной системы приводит к трансформации ее потенциалоёмкости.

Для выпуска продукции в заданном объеме необходимо создать социально-производственный потенциал производственной системы, адекватный по структуре и количественным параметрам продукции. При этом выходные параметры потенциала системы должны соответствовать и обеспечивать достижение цели. Входные же параметры системы всегда выше выходных, т.е. при ее формировании и функционировании происходят процессы энтропии — необратимые потери под воздействием множества внешних и внутренних факторов среды. Следовательно, следует стремиться к такому положению, чтобы входные параметры приближались к выходным (рис. 4.12). Этого можно добиться только при детальном учете детерминированных и вероятностных факторов в процессе формирования социально-производственного потенциала по всем его базовым состояниям (расчетному, организационному и функциональному). Рассчитывать социально-производственный потенциал целесообразно последовательно по четырем итерациям, начиная с выходного параметра и заканчивая входным.

*Первая итерация* формирования потенциалоёмкости сводится к определению технической мощности системы, т.е. выходных ее параметров, необходимых и достаточных по структуре и количественным характеристикам для достижения поставленной цели. При этом за выходной параметр системы следует принять ее рабочую (техническую) мощность  $P_B M_1$  по обеспечению выпуска основной и конечной продукции (за плановый период — год, жизненный цикл и т.д.), при использовании и полном соответствии всех необходимых ресурсов нормативным режимам и нормам (машин, изделий, конструкций и материалов, а также трудовых ресурсов), структуре выпускаемой продукции. Это соответствие можно записать в виде уравнения

$$P_B M_i = \Phi\{[T_{x1}f(H_1 P)][T_{p1}f(H_1 P)], \\ [CM_1 f(M)] U_1 X\Phi[KC\Pi_1]\} \rightarrow \min,$$

где  $U_1$  — степень соответствия характеристик рабочей мощности системы характеристикам конечного продукта  $X\Phi$  ( $KC\Pi$ );  $T_{x1}$ ,  $T_{p1}$ ,  $CM_1$  — основные факторы производства: технические системы (машины, оборудование), трудовые ресурсы, материалы, изделия и конструкции, информация;  $P$  — режимы работы при условии наиболее полного использования ресурсов во времени, по мощности и объему (по техническим показателям);  $H$  — нормы полного соответствия состава ресурсов структуре продукции.

Следует подчеркнуть, что при определении технической мощности системы следует исходить из условий, что соответствие  $U_1 \Rightarrow 1$ . В этом случае в расчетах принимается, что потери мощности  $P_B M$  стремятся к нулю и изменяются в пределах точности расчета. Но это идеальный случай, который в практике не отражает влияния организационно-технического уровня системы — *УОТ* на мощность.

Для учета влияния факторов производства на трансформацию потенциала необходимо провести расчет по *второй итерации*, т.е. определить расчетную мощность системы. Это осуществляется путем корректирования технической мощности введением в расчет коэффициентов на вероятностный характер производства.

Следовательно, переход (трансформация) технической мощности в расчетную  $TM_i \Rightarrow P_c M_i$  по конечной продукции связан с учетом потери ее части, вызванной нормативным организационно-техническим уровнем *ОТУ* производства. Можно принять, что среднестатистическое значение *ОТУ* характеризуется следующими основными показателями:

- уровнем несоответствия машинного парка структуре производственной продукции (по параметрическому ряду машин, физическому и моральному их износу и т.п.)  $X_1$ ;

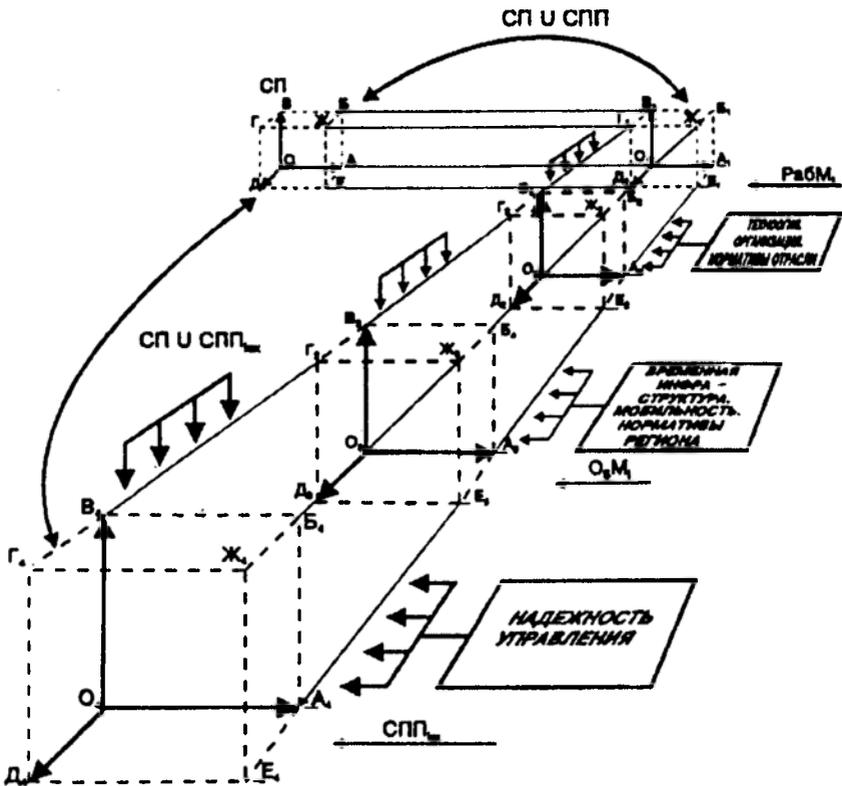


Рис. 4.12. Трансформация потенциала производственной системы

- уровнем использования машин с учетом целосменных и внутрисменных потерь  $X_2$ ;
- уровнем несоответствия квалификационного состава работающих структуре выполняемых работ  $X_3$ ;
- уровнем целосменных и внутрисменных потерь годового фонда рабочего времени  $X_4$ ;
- уровнем развития технологии и механизации процесса (например, по доле работ, выполняемых механизированными и автоматизированными способами)  $X_5$ ;

- уровнями форм организации при разделении общественного труда: специализации  $X_6$ ; концентрации  $X_7$ ; комбинирования  $X_8$  и кооперирования  $X_9$ .

Тогда

$$P_c M_1 = PM_1 \Phi \left| \begin{array}{l} T_{x1} f(X_1, X_2, X_5) \\ T_{p1} f(X_3, X_4, X_5) \\ CM f(X_3) \\ \dots \\ X_i f(X_i) \end{array} \right| f(X_6, X_7, X_8, X_9) \rightarrow \min.$$

Из этого видно, что расчетная мощность по конечной продукции одновременно характеризует нормативное потребление (по среднестатистическому отраслевому уровню) всех ресурсов, которое прогнозируется с учетом научно-технического прогресса.

*Третья итерация* расчета трансформации социально-производственного потенциала системы связана с определением объема ресурсов, т.е. с определением ресурсной мощности системы и созданием необходимой инфраструктуры с учетом мобильности (связь  $P_c M_i \Rightarrow P_B M_i$ ). Для расчета рабочей мощности  $P_B M_i$  следует определить потребное количество ресурсов, с одной стороны, для создания инфраструктуры, а с другой — для обеспечения взаимосвязи этой инфраструктуры с инфраструктурой всей системы, обеспечивающей выполнение комплекса работ по процессам.

*Четвертая итерация* расчета трансформации социально-производственного потенциала связана с учетом потерь хозяйственного управления.

Разработанный подход к формированию и функционированию социально-производственного потенциала системы позволяет:

- описать в явной форме все состояния в период жизненного цикла и этапы трансформации технической мощности производственной системы и ее необходимый и достаточный социально-производственный потенциал;
- выявить ряд характерных состояний системы при ее формировании и функционировании, которые описываются четкими и понятными связями и возникающими при этом эффектами;
- определить на каждом состоянии направления, обеспечивающие наилучшее соответствие характеристик продукта характеристикам системы с учетом региональных условий, в том числе путем саморазвития, включения нововведений;

- создать единую базу и нормативы отрасли для оценки эффективности хозяйственной деятельности;
- соизмерять единство цели, напряженности производственных программ, нормативное и организационное формирование систем, а также единство подходов к управлению производственными затратами;
- создать предпосылки для перехода к проектированию систем.

Кроме того, итерационный расчет потенциальности производственных систем позволяет использовать однотипный подход к оценке качества системы и издержек ее функционирования.

## **4.4. Оценка результатов проектирования, формирования и функционирования производственной системы**

Система с учетом таких ее свойств, как гибкость, эмерджентность, делимость, адаптивность, мобильность, а также вероятностный характер функционирования данной системы не позволяют оценить ее состояние одним показателем. Здесь может быть принята совокупность показателей как частных, так и общих.

Частные показатели могут характеризовать внутреннюю структуру отдельного состояния системы, а общие — соизмерение этих состояний. Чтобы добиться соизмеримости показателей, желательно привести их в сопоставимый вид и принять общую структуру измерения самих показателей. Для оценки внутренней структуры каждого из состояний системы используются известные частные показатели, которые характеризуют основные элементы производства, их взаимосвязь и развитие во времени. К таким известным показателям можно отнести механооруженность, трудоемкость, машиноемкость и др. Сложнее прийти к общей оценке отдельных состояний системы. Одним из подходов к такой оценке можно принять следующие принципы (рис. 4.13).

Определение и формирование достаточности потенциальности систем должно исходить из установления внутренней

структуры, действия стимулов в процессе ее саморазвития, повышения ее эффективности.

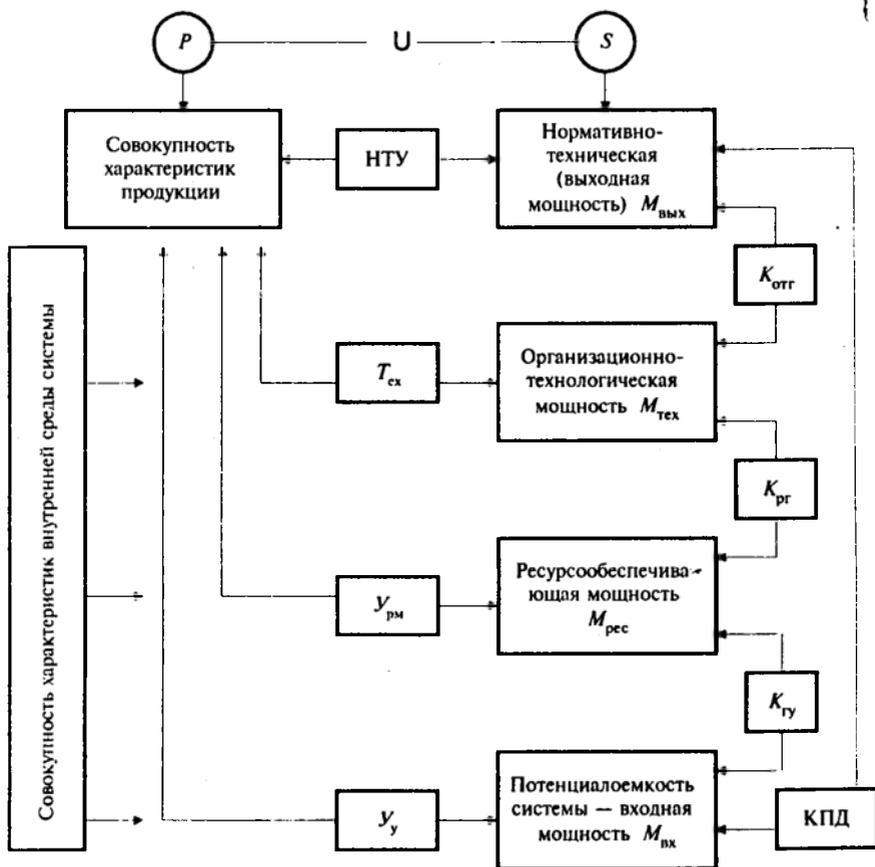


Рис. 4.13. Схема определения эффективности потенциалоемкости систем

Под потенциалоемкостью системы понимается ее способность обеспечивать достижение заданных целей. При этом система должна обладать определенной величиной и качеством элементов производства (источников, средств и запасов), их рациональным сочетанием и развитием во времени в виде динамической целостности выходных мощностей предприятий, социальных и производственных постоянных и временных инфра-

структур, совокупность характеристик которых должна соответствовать характеристикам продукта и региональным условиям производства. Если изменяются продукт или региональные условия — это обязательно повлечет за собой изменение характеристик потенциальности системы.

Расчет составляющих социально-производственной потенциальности является одним из важнейших и определяющих этапов обеспечения эффективности производства. Его целесообразно проводить по всем состояниям формирования и функционирования систем путем итераций, отражающих изменение потенциала под воздействие внутренней среды системы и целевой функции. При этом во всех случаях следует соблюдать и достигать условия максимального соответствия, т.е. адекватности характеристик продукта характеристикам социально-производственного потенциала системы, которая обеспечивает выпуск готовой продукции ( $P \cup Z$ ) по всем состояниям системы, т.е. по всем итерациям.

Потенциальность системы (в виде мощностей) находится в двух конечных состояниях: выходном  $M_{\text{вых}}$  и входном  $M_{\text{вх}}$ . Выходной потенциал обеспечивает получение заданных конечных результатов, а входной — состоит из суммы выходного потенциала и энтропии потенциала, поглощаемой системой на свое формирование и функционирование. Чем меньше энтропия потенциала системы, тем она более эффективна, выше ее адаптивность к условиям производства, выше гибкость, ниже удельные затраты на единицу продукции, а следовательно, и выше конкурентоспособность.

Соотношение между входной и выходной мощностями системы характеризуется ее коэффициентом полезного действия (КПД):

$$\text{КПД} = M_{\text{вх}}/M_{\text{вых}}$$

Из данного положения можно сделать вывод о том, что во всех случаях производства следует стремиться к обеспечению минимального уровня энтропии потенциала с максимальной готовностью системы, т.е. к максимальному ее КПД. Этого можно добиться только при детальном учете детерминированных и вероятностных факторов в процессе формирования и функционирования системы. Одним из путей определения рационального социально-производственного потенциала является его расчет по основным четырем итерациям, описывающим базовые состояния системы — начиная с выходной и заканчивая входной мощностями.

Обобщающий показатель эффективности системы всегда принимается в стоимостном выражении и отражает отношение затрат производства (создания и функционирования системы)  $S_{пр}$  к стоимости результатов, т.е. к издержкам производства:

$$U = S_{пр} / S_{об}.$$

Такой показатель легко рассчитать по каждому состоянию системы.

*Первая итерация* ставит целью определить выходную нормативно-техническую мощность системы, необходимую и достаточную по своей структуре и количественным характеристикам для достижения цели. При этом расчет совокупности необходимых элементов производства (труд, средства труда, орудия труда и информация) производится на основе отраслевых, региональных и местных нормативов, которые формируются из расчета максимального использования этих элементов во времени по интенсивности и мощности. Кроме того, нормативно-техническая (выходная) мощность (и уровень ее использования *НТУ*) определяется из условий обеспечения условий контракта или стратегии развития предприятия:

$$НТУ = S_{пр(НТУ)} / P_{об}.$$

В этом случае, используя нормативы,  $НТУ \rightarrow 1$ .

В расчетах допускаются минимальные потери мощности (в пределах теории расчета). Естественно — это идеальный случай, который полностью не отражает влияния внутренней среды системы.

*Вторая итерация* позволяет ввести поправки в выходную мощность путем учета факторов неопределенности внутренней среды системы в области производства, возникающих под влиянием технологии и организации.

Общая модель связи организационно-технологической мощности может быть записана в виде:

$$M_{тех} = S_{ор\ тех} / P_{об} \text{ и } K_{орг} = S_{ор\ тех} / S_{M_{вых}}.$$

Оценка соответствия характеристик организационно-технологической мощности характеристикам готового продукта в настоящее время очень широко используется при расчете соответствия организационно-технологического решения процесса характеристикам продукта, т.е. его технологичности.

В качестве оценочных показателей *третьей итерации* можно принять:

- уровень мобильности системы, отражающий внутреннюю структуру и условия функционирования инфраструктуры при сбалансированном потреблении ресурсов

$$y_{\text{PM}} = \frac{A_3(t_1 + t_2)}{A_3(t_1 + t_2) + T_c(A_1 + A_2)} = \frac{S_{M_{\text{рес}}}}{P_{\text{об}}};$$

- коэффициент готовности ресурсообеспечивающей мощности

$$K_{\text{рг}} = S_{M_{\text{рес}}} / S_{M_{\text{отг}}}$$

Естественно, создание инфраструктуры, перемещение и концентрация элементов производства увеличивает количество подсистем в системе и количество связей. Это, в свою очередь, требует дополнительных затрат  $Z_{\text{ро}}$  на получение готового продукта и снизит коэффициент готовности ресурсной мощности  $K_{\text{гресм}}$  по отношению к расчетной  $K_{\text{грм}}$ :

$$PГ = K_{\text{отг}} / K_{\text{рг}}$$

*Четвертая итерация* расчета связана с учетом энтропии мощности за счет хозяйственного управления системой с определением необходимой ее входной мощности, т.е. потенциалоемкости системы. Энтропия мощности в данной итерации зависит от цели, задач и органов управления, которая может характеризоваться уровнем управления ( $Y_y$ ). Здесь следует отметить два аспекта: во-первых, если значения основных входных параметров мощности системы будут меньше расчетных ( $Y_y < P_{\text{об}}$ ), то вероятность достижения цели будет меньше единицы, а следовательно, потенциалоемкость недостаточна; во-вторых, если потенциалоемкость системы превышает расчетные величины ( $Y_y > P_{\text{об}}$ ), то ее эффективность будет снижаться пропорционально избыточной мощности за счет излишних резервов. Из этого видно, что входная мощность, т.е. потенциалоемкость производственной системы будет требовать дополнительных затрат  $Z_{\text{пс}}$  на вероятностный характер ее управления, т.е. на ее надежность. Тогда потенциалоемкость системы

$$P_c = P_{\text{пр}} / Z_{\text{пс}},$$

а коэффициент готовности потенциалоемкости может быть оценен по двум показателям:

по готовности потенциалоемкости  $K_{\text{гпс}}$  по сравнению с готовностью ресурсной мощности

$$ГУ = K_{\text{гпс}} / K_{\text{гресм}};$$

коэффициенту полезного действия потенциальности

$$\text{КПД} = K_{\text{гпс}} / K_{\text{гтм}} \cdot \text{ф}$$

Оценка трансформации потенциала системы определяется отдельно по каждому базовому ее состоянию: при проектировании, при создании потенциала в конкретных условиях производства, т.е. при формировании, а также при функционировании этой системы. Соизмерение потенциала по базовым состояниям позволит получить показатели  $C_2/C_1$  и  $C_3/C_2$ .

Такой подход к оценке потенциальности систем дает возможность оценивать результативность проектирования, формирования и управления; определить конкурентоспособность организации при торгах; прогнозировать эффективность работы организации; повысить надежность разработки организационно-технологической документации, особенно при технической подготовке производства.

Из анализа формирования и использования потенциальности производственной системы можно сделать следующие выводы:

- умение организовывать, планировать и управлять производственной системой практически сводится к нахождению рационального сочетания элементов производства, обеспечению наиболее полного ее использования во времени и разработке мер воздействия на систему для ликвидации отрицательного влияния на нее возникающих внешних и внутренних факторов. Вся совокупность действий менеджмента всегда направлена на обеспечение максимального соответствия рабочей (выходной) мощности производственной системы характеристикам выпускаемого продукта по объему, качеству и экономическим параметрам;

- технической целью формирования и функционирования производственной системы является достижение максимальной ее надежности и соответствия характеристик характеристикам продукта производства, которые следует оценивать, используя теорию надежности систем;

- к экономическим целям формирования и функционирования производственных систем следует отнести достижение поставленных целей, выраженных в стоимостных показателях, с минимальным риском для их выполнения.

Следовательно, для того чтобы управлять производственной системой, менеджеру необходимо систематически оценивать надежность производственной системы и определять допустимые границы рисков ее использования.

В связи с этим последовательно и более подробно рассмотрим оценку трех категорий производственной системы: ее надежности по техническим параметрам, надежности по экономическим показателям и рисков по экономическим критериям.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Приведите общие характеристики внешней и внутренней среды производственной системы.
2. Что вы понимаете под потенциальностью производственной системы?
3. Как формируются взаимосвязи в системах?
4. Какие основные свойства потенциальности производственной системы и составляющих ее итераций вы можете назвать?
5. На какие результаты деятельности системы влияет ее гибкость, эмерджентность, сложность, адаптивность и мобильность?
6. Назовите основные характеристики продукции.
7. Что кроется под понятиями технология и организация производства?
8. Дайте определение элементам производства, их взаимосвязям в системах.
9. Влияет ли движение производственных систем на их результативность?
10. Какие виды состояний производственной системы вы знаете?
11. Приведите основные характеристики жизненного цикла системы.
12. Перечислите основные этапы жизненного цикла системы.
13. Назовите базовые состояния производственной системы.
14. Раскройте структуру формирования и функционирования производственного процесса.
15. Расскажите о методах расчета социально-производственной потенциальности системы.
16. Какая взаимосвязь может существовать в функциональных задачах?
17. Может ли трансформироваться потенциал системы?
18. Изобразите схему определения эффективности потенциала системы.

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ**

Для установления уровня надежности сложной системы с учетом динамического изменения ее параметров во времени необходимо последовательно решить следующие задачи:

- построить и проанализировать внутреннюю структуру системы;
- выбрать адекватную ей модель;
- установить требования и ограничения по работоспособности системы;
- определить значимые факторы, влияющие на надежность;
- собрать и обработать информацию, позволяющую оценить уровень надежности элементов и системы.

Надежность может определяться по системе в целом как совокупность надежности каждого отдельного ее элемента и надежность их взаимосвязей в пространстве и во времени (по взаимосвязям между элементами и их работоспособностью во времени) под влиянием различных внешних и внутренних факторов. Рассмотрим анализ надежности исходя из высказанных положений.

Многочисленные случайные факторы, которые являются причиной возникновения непредусмотренных (случайных) перерывов в работе, называемых отказами, объединяются в отдельные группы, которые влияют на отказ элементов системы, например орудий труда и средств производства, материальных, трудовых и информационных ресурсов. Для установления количественных характеристик надежности технологического процесса необходимо определить надежность его элементов и их взаимосвязей.

Надежность элементов процесса, например орудий труда (*ОСП*), предметов труда (*ПТ*), трудовых и информационных ресурсов (*ТР* и *ИР*) определяется на основе натуральных измерений и

фиксирования отказов (выхода системы из рабочего режима) под воздействием вероятностных и случайных факторов.

Возможен любой другой набор факторов, который интересует службу менеджмента предприятия.

## **5.1. Анализ надежности элементов производства**

### **5.1.1. Обоснование выбора объектов исследования**

Для анализа надежности элементов производственного процесса в динамический ряд наблюдений необходимо включить важнейшие его параметры. В производственной системе выделяем следующие четыре элемента:

- орудия и средства производства;
- предметы труда;
- трудовые ресурсы;
- информационные ресурсы.

Сделаем следующие ограничения: производственная система будет рассматриваться нами как сочетание ее элементов в пространстве и во времени с учетом организационных факторов, влияющих на стабильность ее функционирования. С развитием научно-технического прогресса, ростом материального производства, механизации, расширением и углублением всевозможных связей между элементами производства существенная роль отводится управлению с его информационными ресурсами (рис. 5.1).

Пространственное сочетание основных элементов находит свое отражение в структурно-компоновочных схемах при различных способах производства продукции, в различных вариантах и формах построения производственной структуры (состав участков, рабочих мест и их специализация).

Сочетание и соединение основных элементов производства во времени находит свое отражение прежде всего в порядке движения предметов труда в процессе их превращения в готовый продукт (непрерывное движение, прерывное, в определенной последовательности и в определенные сроки); в порядке перемещения рабочих между отдельными производственными подразделениями, рабочими местами, орудиями и предметами труда, а также в границах календарного времени (в течение рабочей смены, суток и т.д.); в порядке использования орудий

труда во времени (режим работы, ремонт и профилактика оборудования и т.п.); в порядке поступления и обработки информации для принятия решений.

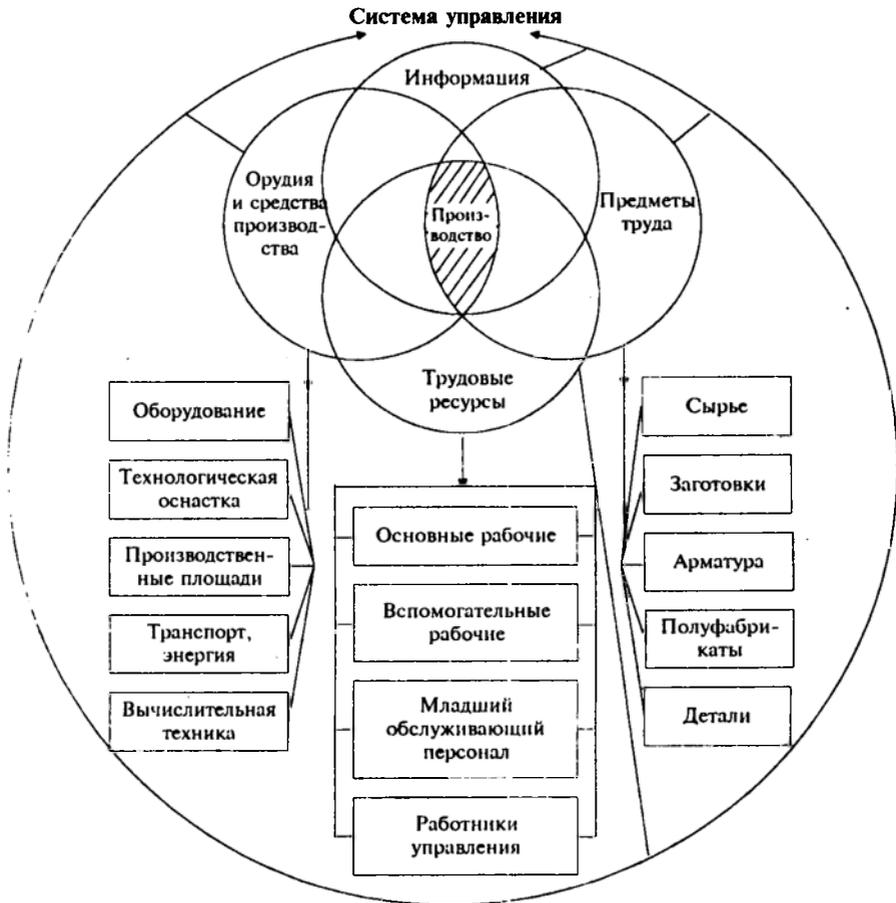


Рис. 5.1. Схема сочетания основных элементов процесса производства

Следовательно, для исследования рационального уровня организации производства продукции можно пойти таким путем: сначала проанализировать и установить надежность элементов производства, а затем определить влияние структурной связи элементов на надежность всей системы в целом.

Для достижения максимальной достоверности результатов, характеризующих состояние производственного процесса, про-

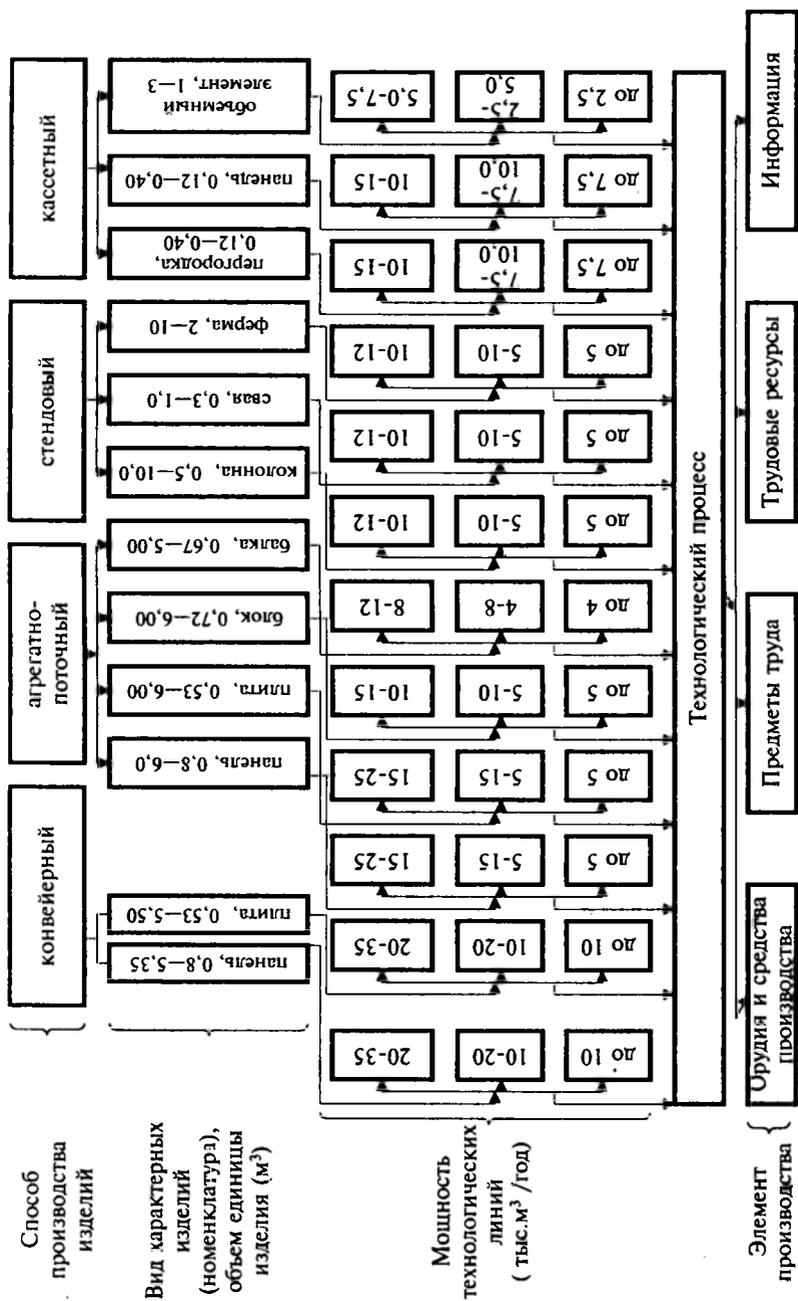


Рис. 5.2. Классификация объектов обследования на заводах сборного железобетона

водится выбор объектов обследования. Например, могут обследоваться предприятия, показатели работы, технологические линии только в период их стабильного функционирования. Линии, работающие в период приработки и резкого старения оборудования, обследованию не подвергаются, как дающие необоснованно завышенный поток отказов.

Анализируемые линии могут быть классифицированы по мощностям, видам продукции и другим показателям. Вся генеральная совокупность может, например, подразделяться на группы, характеризующиеся следующими особенностями:

- географическое положение;
- годовой объем выпускаемой продукции;
- способ производства;
- номенклатура продукции;
- марка и вид используемого сырья;
- марка и вид заготовок.

Для обеспечения однородности выборочной совокупности от каждой указанной выше группы было отобрано определенное количество представителей. Географическое положение предприятий определялось выбором городов-представителей из разных географических районов страны. Это обуславливалось стремлением избежать значительного влияния специфических местных условий (климатических факторов, характеристик местных материалов, удаленности источников сырья от промышленных баз и др.) на сбор и обработку статистических данных. Обследование проводилось на предприятиях сборного железобетона различных городов страны.

Годовой объем выпуска продукции приводился в сопоставимый вид путем разбивки мощностей технологических линий на группы (рис. 5.2). Кроме того, сопоставимости мощностей предприятий добивались сопоставлением линий с близкими коэффициентами использования мощности  $K_{ис\ мощ} > 0,85$ .

### **5.1.2. Экспертная оценка и выбор факторов, влияющих на надежность элементов производства**

На основании классификации объектов обследований были предварительно выявлены разнородные факторы, влияющие на возникновение отказов и сбоев основных элементов

производства (орудий и средств производства, предметов труда, трудовых ресурсов и информации), а также системы управления для каждого обследованного объекта. С целью обоснованного выбора значимых факторов, влияющих на надежность элементов производства, использовался метод экспертных оценок.

Метод экспертных оценок, как один из эвристических методов, применяется в том случае, когда затруднительно найти решение чисто математическими методами. Сущность метода заключается в изучении и систематизации мнений экспертов (специалистов определенной сферы деятельности) при помощи системного анкетирования.

Например, в рассматриваемом случае привлекались специалисты следующих квалификаций: технологи, механики по оборудованию, экономисты предприятий, а также специалисты по организации и управлению, имеющие продолжительный стаж работы и большой производственный опыт в анализируемой отрасли. Минимальное число экспертов, исходя из заданной достоверности результата (0,95), определялось по уравнению

$$n_3 = \frac{h^2 r_a r_o}{\Delta^2},$$

где  $h = 0,95$  — доверительный коэффициент;  $r_a, r_o$  — доля элементов выборки с наличием и отсутствием заданного признака;  $\Delta$  — ошибка репрезентативности;

$$n_3 = \frac{(0,95)^2 \cdot 0,95 \cdot 0,05}{(0,05)^2} = 17,2 \approx 18.$$

Каждый эксперт проходил тестирование на компетентность в области анализа путем «самооценки». Для этого намеченным экспертам (ведущим специалистам) предлагалось заполнить таблицу (табл. 5.1.), в которой уровень их осведомленности и специализации определялся с учетом коэффициентов  $K_0$ . Эксперт заполнял оценочную шкалу, по которой в дальнейшем без его участия давалась оценка результатов по следующей схеме:

$K_0 = 1$  — эксперт не знаком с вопросом;

$K_0 = 1 \div 3$  — плохо знаком, но вопрос входит в сферу его интересов;

$K_0 = 4 \div 6$  — удовлетворительно знаком, вопрос входит в сферу его познания;

$K_0 = 7+9$  — хорошо знаком, участвует в практическом решении вопроса;

$K_0 = 10$  — вопрос входит в круг узкой специализации эксперта.

Путем умножения соответствующего значения  $K_0$  на 0,1 (среднестатистическое значение десятибалльной системы), получаем величину коэффициента степени знакомства  $K_3$  по каждой специализации.

Т а б л и ц а 5.1

УРОВЕНЬ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ И СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЭКСПЕРТА

Область специализации	Оценочная шкала ( $K_0$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Свойства строительных изделий	+									
Технология изготовления изделий		+								
Технологическое оборудование					+					
Система управления производством										+
Экономика производства сборного железобетона									+	
Контроль качества продукции	+									

По результатам заполненной экспертом табл. 5.2 определяется коэффициент аргументированности вывода  $K_a$  эксперта по данной специализации. Оценка аргументации делается по структуре аргументов, послуживших основанием для оценки. Для этого в таблице экспертом делается отметка для каждого источника в одной из трех граф (например, знаком «+») в зависимости от степени влияния источника на его мнение (высокая, средняя, низкая). Коэффициент  $K_a$  находится суммированием соответствующих числовых значений, отмеченных экспертом:

$$K_a = \sum_{i=1}^n A_i.$$

**СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ИСТОЧНИКА АРГУМЕНТАЦИИ  
НА МНЕНИЕ ЭКСПЕРТА**

Источник аргументации	Степень влияния источника на Ваше мнение					
	высокая		средняя		низкая	
	Балл $A_1$	Мне- ние эксп- ерта	Балл $A_1$	Мне- ние эксп- ерта	Балл $A_1$	Мне- ние эксп- ерта
Проведенный Вами теоретический анализ	0,30		0,20		0,10	
Ваш производственный опыт	0,50		0,40		0,20	
Обобщение работ отечественных авторов	0,05		0,05		0,05	
Обобщение работ зарубежных авторов	0,05		0,05		0,05	
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	0,05		0,05		0,05	
Ваша интуиция	0,05		0,05		0,05	
<b>Итого:</b>	<b>1,00</b>		<b>0,80</b>		<b>0,50</b>	

Уровень квалификации эксперта в узкой области специализации устанавливается коэффициентом компетентности

$$K_k = \left( K_3 + \sum_{i=1}^n A_i \right) / 2.$$

Степень компетентности эксперта оценивается:

- хорошо, если  $K_k = 1,0 \div 0,7$ ;
- удовлетворительно, если  $K_k = 0,69 \div 0,40$ ;
- плохо, если  $K_k \leq 0,4$ .

Такая самооценка экспертов проводится отдельно по каждой анализируемой области.

Например, отбирается 30 экспертов с коэффициентом компетентности  $K_k$  не ниже 0,5, что превышает наименьшее количество экспертов (18 человек), а следовательно, повышает достоверность получаемых результатов. Отобранным экспертам представляются четыре таблицы с перечнем причин отказов по каждому из основных элементов производства и системе управления в целом. Экспертам рекомендуется дополнить (или вычеркнуть

несущественные, на их взгляд) причины отказов, а также расположить причины отказов в порядке убывания их воздействия на анализируемый элемент производства, т.е. проранжировать. В табл. 5.3 приведены результаты ранжирования факторов, вызывающих отказы и сбои элементов производства — орудий и средств производства. Цифры соответствуют местам, отведенным специалистами каждому из факторов в ранжировочном ряду.

Результаты мнений экспертов обрабатываются путем установления следующих показателей:

*суммы присвоенных баллов по каждой позиции*

$$S_p = \sum_{j=1}^{m_n} a_{ij},$$

где  $m_n$  — количество экспертов;  $a$  — ценочный балл в ранжировочном ряду;  $i$  — номер фактора;  $j$  — номер эксперта;

*средней суммы рангов при  $n$  факторах*

$$T_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_n} a_{ij} / n;$$

*отклонения от средней суммы рангов*

$$J_i = S_p - T_p.$$

Степень согласованности мнений всех специалистов регистрируется *коэффициентом конкордации*

$$W_k = 12 \sum_{i=1}^n J_i^2 / [m_n^3 (n^3 - n)].$$

Т а б л и ц а 5.3

**РАНЖИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ОТКАЗЫ И СБОИ ЭЛЕМЕНТА — ОРУДИЯ И СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВА**

Специалист	Фактор									
	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	$n_6$	$n_7$	$n_8$	$n_9$	$n_{10}$
1	4	7	5	3	6	8	10	2	1	9
2	3	5	7	4	6	8	9	1	2	10
3	2	5	7	4	6	8	10	3	1	9

Специа- лист	Фактор									
	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	$n_6$	$n_7$	$n_8$	$n_9$	$n_{10}$
4	4	5	6	3	7	9	8	2	1	10
5	3	6	7	4	5	8	10	2	1	9
6	3	5	7	4	6	8	10	1	2	9
7	1	2	7	3	6	8	9	5	4	10
8	4	5	7	3	6	9	8	2	1	10
9	3	6	8	4	5	7	10	1	2	9
10	1	3	7	4	6	8	10	2	5	9
11	3	4	7	5	6	8	10	2	1	9
12	2	5	7	4	6	8	10	3	1	9
13	1	5	9	6	7	3	10	4	2	8
14	3	1	7	4	6	8	10	5	2	9
15	3	7	6	5	4	8	10	2	1	9
16	1	5	7	4	8	9	10	2	6	3
17	2	5	7	4	6	8	10	3	1	9
18	2	7	8	1	5	10	9	3	4	6
19	3	6	7	1	4	9	10	2	5	8
20	2	5	7	4	6	8	10	3	1	9
21	1	5	8	4	6	7	10	3	2	9
22	2	5	7	1	6	8	10	4	3	9
23	3	5	10	2	7	4	8	6	1	9
24	3	5	7	4	6	8	9	2	1	10
25	3	8	7	4	5	9	10	2	1	6
26	3	8	9	5	4	6	10	2	1	7
27	1	5	7	4	6	8	10	3	2	9
28	3	5	7	6	9	4	8	2	1	10
29	3	5	7	4	6	8	10	1	2	9
30	1	6	10	7	8	4	9	2	3	5
$S_p$	73	156	219	115	180	226	287	77	61	256
$J_i$	92	9	-54	50	-15	-61	-122	88	104	-91
$J_i^2$	8464	81	2916	2500	225	3721	14884	7744	10816	8281

Полученные из приведенного примера коэффициенты конкордации  $W_k$  по элементам производства приведены в (табл. 5.4).

Таблица 5.4

**КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНКОРДАЦИИ ОЦЕНКИ  
ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВА**

Элемент производства	$W_k$
Орудия и средства производства	0,27
Предметы труда	0,25
Трудовые ресурсы	0,24
Система управления (информация)	0,21

Значимость коэффициента  $W_k$  оценивалась по критерию Пирсона

$$\chi_{\text{рас}}^2 = m_n(n-1)W_k.$$

Сравнив расчетные  $\chi_{\text{рас}}^2$  и табличные  $\chi_{\text{табл}}^2$  значения критерия Пирсона (табл. 5.5) (для уровня значимости 0,95), получили для всех элементов производства

$$\chi_{\text{рас}}^2 > \chi_{\text{табл}}^2.$$

Таблица 5.5

**КРИТЕРИИ ПИРСОНА  $\chi^2$  ДЛЯ ОЦЕНКИ  
ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВА**

Элемент производства	$\chi_{\text{рас}}^2$	$\chi_{\text{табл}}^2$
Орудия и средства производства	72,9	16,919
Предметы труда	67,3	14,067
Трудовые ресурсы	65,4	16,919
Система управления (информация)	56,5	12,592

Таким образом, с вероятностью более 0,95 можно утверждать, что существует определенная согласованность мнений специалистов относительно степени влияния различных причин, вызывающих отказ каждого из основных элементов производства.

В результате экспертного анализа была составлена таблица причин отказов основных элементов производства (табл. 5.6) со средним баллом, полученным в результате их ранжирования.

Например, для элемента «орудия и средства производства» основными факторами, влияющими на возникновение отказов и сбоев, являются нарушения длительности циклов (средний балл — 1) и норм технической эксплуатации машин и механизмов (балл — 2), а также их ускоренный физический износ (балл — 5). Для предметов труда отказы и сбои происходят под влиянием нарушений циклов (средний балл — 1) и объемов (балл — 2) поставок и из-за некомплектности поставок (балл — 3) материалов и полуфабрикатов при межлинейных связях. Причинами отказов и сбоев трудовых ресурсов называются нарушения трудовой дисциплины (опоздания на работу, отлучки с рабочего места), а также недостаточное количество подготовленных рабочих мест и др. По системе управления особо важными факторами влияния на отказы являются: отсутствие точных указаний технического персонала, неполнота и недостоверность используемой информации, выполнение непредвиденных работ и ошибки в технической документации.

Т а б л и ц а 5.6

**ВЫЯВЛЕННЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ  
ПО ОСНОВНЫМ ЭЛЕМЕНТАМ ПРОИЗВОДСТВА**

Элемент производства	Причина отказа	Балл ранжи- рования
Орудия и средства производства	Ускоренный физический износ машин и механизмов	3
	Несвоевременность замены машин и механизмов	7
	Ускоренный физический износ тепловых агрегатов	5
	Несвоевременность замены тепловых агрегатов	4
	Ускоренный физический износ транспортных средств	6
	Несвоевременность замены транспортных средств	8
	Выход из строя сетей энерго- и водоснабжения	10
	Нарушение норм технической эксплуатации машин и механизмов	2
	Нарушение длительности циклов эксплуатации машин и механизмов	1
	Выход из строя дорог и коммуникаций	9

Элемент производства	Причина отказа	Балл ранжирования
Предметы труда	Некомплектность поставок материалов и полуфабрикатов (межлинейные связи)	3
	Нарушение циклов поставок (межлинейные связи)	1
	Пересортица (замена заказанных видов) — по межлинейным связям	4
	Нарушение ГОСТов при изготовлении заготовок	6
	Нарушение ГОСТов при изготовлении арматуры	5
	Нарушение ГОСТов при изготовлении закладных деталей	7
	Нарушение ГОСТов при изготовлении комплектующих изделий	8
	Нарушение объемов поставок (межлинейные связи)	2
	Превышение норм расходов материалов и полуфабрикатов	9
Трудовые ресурсы	Отсутствие рабочих требуемой квалификации и специальности	2
	Отсутствие технического персонала требуемой специальности и квалификации	8
	Невыход рабочего на работу	6
	Невыход технического персонала на работу	10
	Опоздание на работу	1
	Невыполнение производственных норм	7
	Устранение брака	5
	Нарушение технологических циклов	4
	Отлучка с рабочего места	3
Нарушение техники безопасности	9	
Система управления (информация)	Отсутствие указаний технического персонала	1
	Отсутствие технической документации	4
	Непредвиденные работы	7
	Ошибки в технической документации	3
	Нарушение норм технического контроля	6
	Нарушение санитарно-гигиенических норм	5
Неполнота и недостоверность информации	2	

### 5.1.3. Использование статистических методов для анализа надежности элементов производства

Выявление и анализ количественных характеристик надежности элементов технологического процесса основан, прежде всего, на репрезентативной совокупности расчета объема выборки статистических данных. Измерение, обработка и анализ исследуемых величин множества позволяют описать статистическую функцию с достаточной точностью. Для этого из генеральной совокупности технологических процессов производится репрезентативная выборка, в которой пропорции объемов различных типов (способы производства, мощность линий, номенклатура изделий и т.д.) в среднем соответствуют пропорциям в генеральной совокупности. Например, репрезентативная выборка составила 25% количества отработанных смен за исследуемые четыре года работы предприятий.

Для получения исходной статистической информации проводятся натурные изменения и учет потоков отказов и сбоев, которые сводятся в ведомость (табл. 5.7). По каждой причине отказа для каждого элемента производства составляется «временная диаграмма потока отказов» в зависимости от наработки в минутах (рис. 5.3). Диаграмма показывает наработку технологической линии (в минутах) в момент наступления отказа и интервал времени между двумя последовательными отказами. Результаты обработки потока отказов и наработки на отказ сведены в таблицы:

- «наработка на отказ по элементу производства» (табл. 5.8);
- «вариационные ряды значений наработки на отказ по элементу производства» (табл. 5.9);
- «таблица значений времени отказов по элементу производства» (табл. 5.10).

Исходные данные позволяют получить графическое изображение параметров потоков отказа и наработки на отказ — гистограмму распределения наработки на отказ (рис. 5.4) — эмпирическую функцию плотности:

$$f(z) = \frac{n_k}{N(z_k - z_{k-1})} \text{ для } z_{k-1} \leq z < z_k,$$

где  $N$  — общее число отказов по всем обследованным сменам;  $n_k$  — число отказов, попавших в  $k$ -й интервал  $[z_{k-1}, z_k]$  ( $k = 1, 2, \dots$ ).

## ПРИМЕРНАЯ ВЕДОМОСТЬ ОТКАЗОВ

Завод							
Номер цеха							
Номер пролета							
Мощность линии							
Номенклатурная группа изделий							
Номер отказа	Дата	Номер смены	Отказавший элемент производства	Причина отказа	Наработка к моменту отказа, мин	Длительность отказа, мин	
1	05.02.97	1	Орудия производства	Физический износ машин и механизмов	37	12	
2	05.02.97	1	Орудия производства	Выход из строя дорог и коммуникаций	50	144	
3	05.02.97	1	Трудовые ресурсы	Опоздание на работу	150	14	
4	05.02.97	1	Система управления	Простой по организационным причинам	48	5	
5	12.03.97	3	Орудия производства	Моральный износ транспортных средств	70	32	
6	12.03.97	3	Предметы труда	Нарушение циклов поставок	192	166	
7	19.03.97	2	Трудовые ресурсы	Отлучка с рабочего места	66	28	
8	19.03.97	2	Орудия производства	Физический износ тепловых агрегатов	336	30	

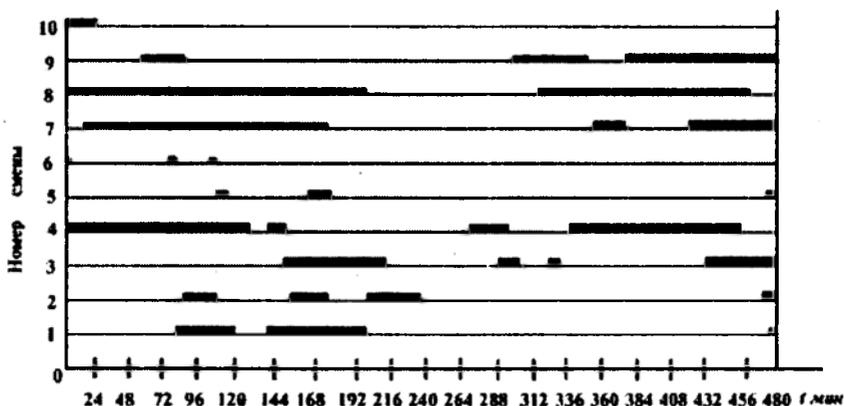


Рис. 5.3. Временная диаграмма потока отказов и наработки на отказ производства продукции конвейерным способом по номенклатуре изделий типа «1» для элемента производства «трудовые ресурсы» (по первым сменам с 7.00 до 15.00):

■ время и продолжительность отказов; — время наработки на отказ

Для построения гистограммы выбран интервал, равный 24 мин ( $1/20$  длительности смены  $t_{см}$  при  $t_{см} = 8 \text{ ч} = 480 \text{ мин}$ ). На рис. 5.4 представлена гистограмма плотности распределения наработки на отказ по всем основным элементам производства для агрегатно-поточного способа производства по номенклатуре изделий типа «1» при работе линий в первую смену (7.00—15.00).

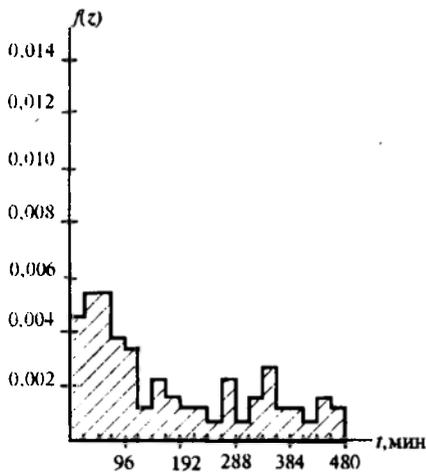
Наработка на отказ технологических линий всех способов производства колеблется в больших пределах: от 1—5 до 400—480 мин.

Таблица 5.8

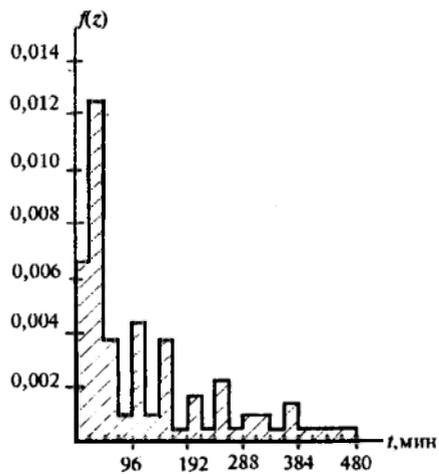
**НАРАБОТКА НА ОТКАЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ  
КОНВЕЙЕРНОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА**

Номер отказа	Наработка на отказ, мин, для смены									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	73	80	142	12	100	71	17	108	53	438
2	22	47	74	118	50	24	169	22	203	—
3	260	24	21	51	282	361	49	—	24	—
4	—	224	93	27	—	—	—	—	—	—

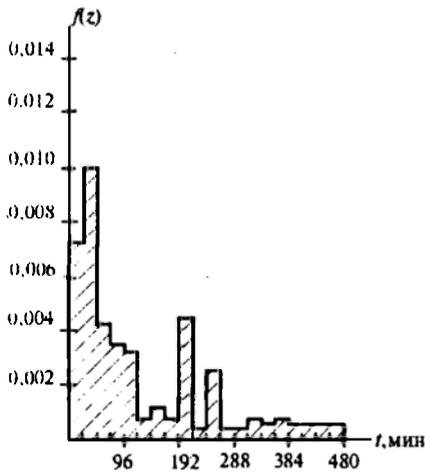
Примечания: 1. Элемент производства — трудовые ресурсы.  
2. Смены — с 7<sup>00</sup> до 15<sup>00</sup>.



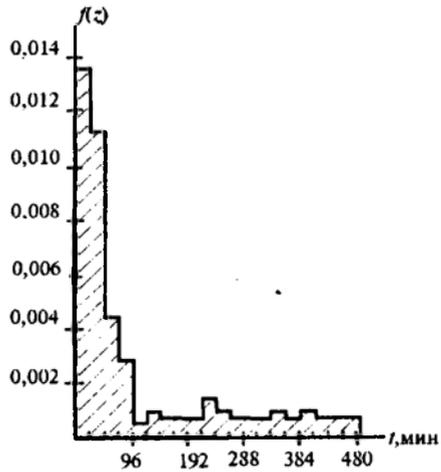
*a*



*б*



*в*



*г*

**Рис. 5.4. Гистограммы плотности распределения наработки на отказ для агрегатно-поточных технологических линий по номенклатуре продукции типа «1» для смен с 7.00 до 15.00:**

*a* — орудия и средства производства; *б* — предметы труда; *в* — трудовые ресурсы; *г* — информационные ресурсы (система управления)

Таблица 5.9

**ВАРИАЦИОННЫЕ РЯДЫ ЗНАЧЕНИЙ НАРАБОТКИ  
НА ОТКАЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КОНВЕЙЕРНОГО  
СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА**

Номер отказа	Наработка на отказ, мин, для смены									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	22	24	21	12	50	24	17	22	24	438
2	73	47	74	27	100	71	49	108	53	—
3	260	60	93	51	282	361	169	—	203	—
4	—	224	142	118	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Элемент производства — трудовые ресурсы. 2. Смены — с 7<sup>00</sup> до 15<sup>00</sup>.

Таблица 5.10

**ПРИМЕРНАЯ ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ ВРЕМЕНИ ОТКАЗОВ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КОНВЕЙЕРНОГО  
СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА**

Номер отказа	Время отказа, мин, для смены									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	37	20	61	121	7	1	150	194	29	22
2	62	23	12	7	13	1	17	136	47	—
3	6	32	5	24	8	2	58	—	104	—
4	—	10	52	100	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Элемент производства — трудовые ресурсы. 2. Смены — с 7<sup>00</sup> до 15<sup>00</sup>.

Наиболее стабильное значение наработки на отказ равно 10—115 мин. Аналогичные законы плотности распределения наработки на отказ наблюдаются во всех исследованных случаях\*.

На основании данных табл. 5.9 строятся гистограммы распределений наработки на отказ  $f_M(z)$  (рис. 5.5) и вероятности безотказной работы  $P_N(z)$  (рис. 5.6):

\* Источник: Прыкин Б.В. Оптимизация процессов производства железобетонных конструкций. — Киев: Высш. шк., 1986.

$$f_N(z) = n(z) / N;$$

$$P_N(z) = 1 - n(z) / N,$$

где  $N$  — общее число отказов по всем обследованным сменам;  $n(z)$  — число значений наработок на отказ, попавших в интервал  $[0, z]$ .

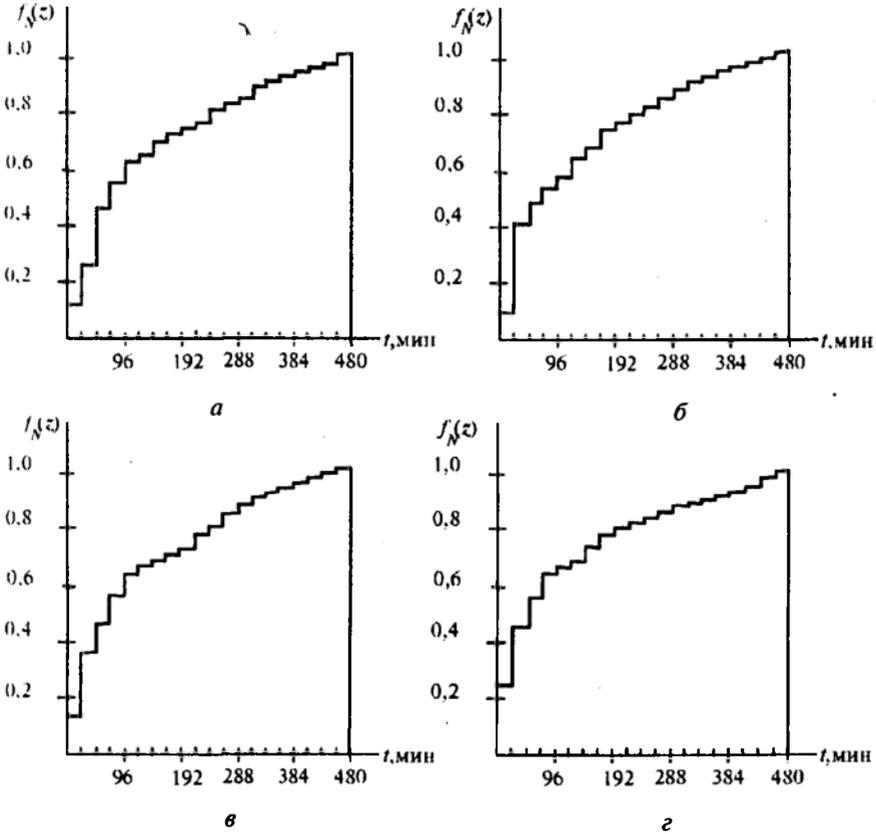
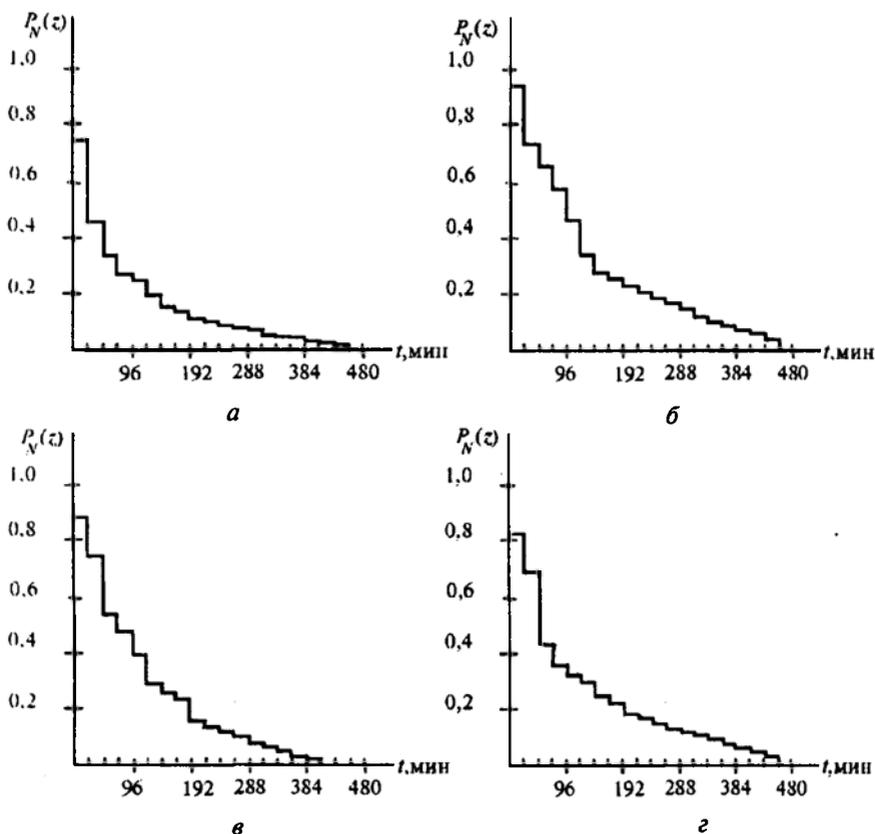


Рис. 5.5. Гистограммы распределения наработки на отказ технологических линий агрегатно-поточного способа производства по номенклатуре продукции типа «1»:

- а* — орудия и средства производства; *б* — предметы труда;
- в* — трудовые ресурсы; *г* — информационные ресурсы (система управления)



**Рис. 5.6. Гистограммы вероятности безотказной работы технологических линий стендового способа производства:**

*a* — орудия и средства производства; *б* — предметы труда;  
*в* — трудовые ресурсы; *г* — информационные ресурсы  
(система управления)

Как видно из графиков, во всех случаях наблюдений отмечается значительное снижение темпов роста гистограммы распределения наработки на отказ, т.е. количество отказов уменьшается по мере приближения величины наработки на отказ к длительности смены. Это положение подтверждает и анализ гистограммы безотказной работы (см. рис. 5.6). Из этого делается вывод, что вероятность безотказной работы производственной системы понижается по мере увеличения значений наработки на отказ.

По данным табл. 5.10 строится гистограмма интенсивности отказов во времени (рис. 5.7)

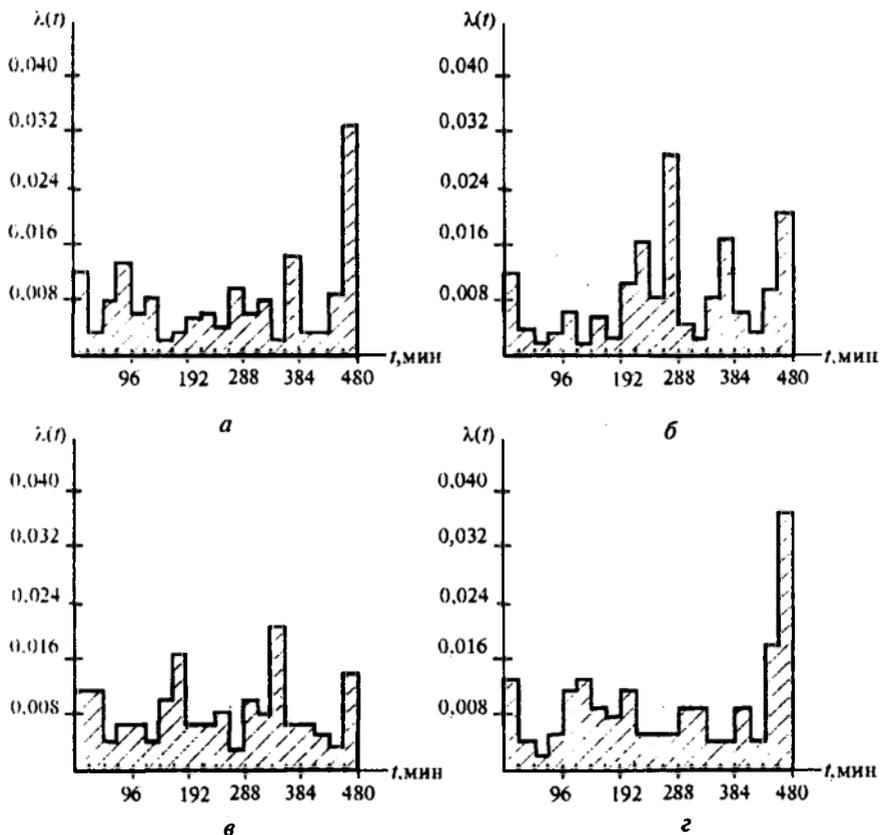


Рис. 5.7. Гистограммы интенсивности отказов технологических линий карусельного способа производства по номенклатуре продукции типа «2»:  
*а* — орудия и средства производства; *б* — предметы труда; *в* — трудовые ресурсы; *г* — информационные ресурсы (система управления)

$$\hat{\lambda}(z) = \frac{n_k}{M(z)(z_k - z_{k-1})} \text{ для } z_{k-1} \leq z \leq z_k,$$

где  $n_k$  — число отказов по всем обследованным сменам, попавшим в  $k$ -й интервал  $[z_{k-1}, z_k]$  ( $k = 1, 2, \dots$ );  $M(z)$  — число обследованных смен.

Интервал  $\Delta z$  принимается равным  $1/20$  длительности смены, т.е. 24 мин ( $t_{см} = 480$  мин).

Характер кривых подтверждает гипотезу о том, что гистограмма интенсивности отказов во времени для каждого элемента, а также системы управления любого способа производства

колеблется приблизительно в одних пределах в течение смены ( $\hat{\lambda} = 0,002 \div 0,035$ ). Это указывает на то, что эксперимент проводился только в период стабильной работы линии. Периоды приработки оборудования и периоды его старения не подвергались обследованию.

### 5.1.4. Анализ закона распределения отказов во времени

По характеру интенсивности отказов выдвигается гипотеза о характере закона их распределения и оценивается мера расхождения теоретических и экспериментальных кривых по определенным *критериям*. Соответствие опытных данных принятой гипотезе проверялось с помощью, например, критериев  $\chi^2$  (Пирсона), Колмагорова и др. Так, критерий Пирсона

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{[m_i - np_i(\hat{\lambda})]^2}{np_i(\hat{\lambda})},$$

где  $N$  — количество разбивочных временных интервалов за смену;  $m_i$  — число наработок на отказ, попавших в  $i$ -й интервал;  $n$  — общее количество наработок на отказ за исследуемый интервал;  $p_i$  — теоретическая вероятность попадания в  $i$ -й интервал при одном опыте;  $\hat{\lambda}$  оценивается по формуле

$$\hat{\lambda} = (n-1) / \sum_{i=1}^n Q_i,$$

где  $Q_i$  — наработка на отказ между двумя последующими отказами, мин.

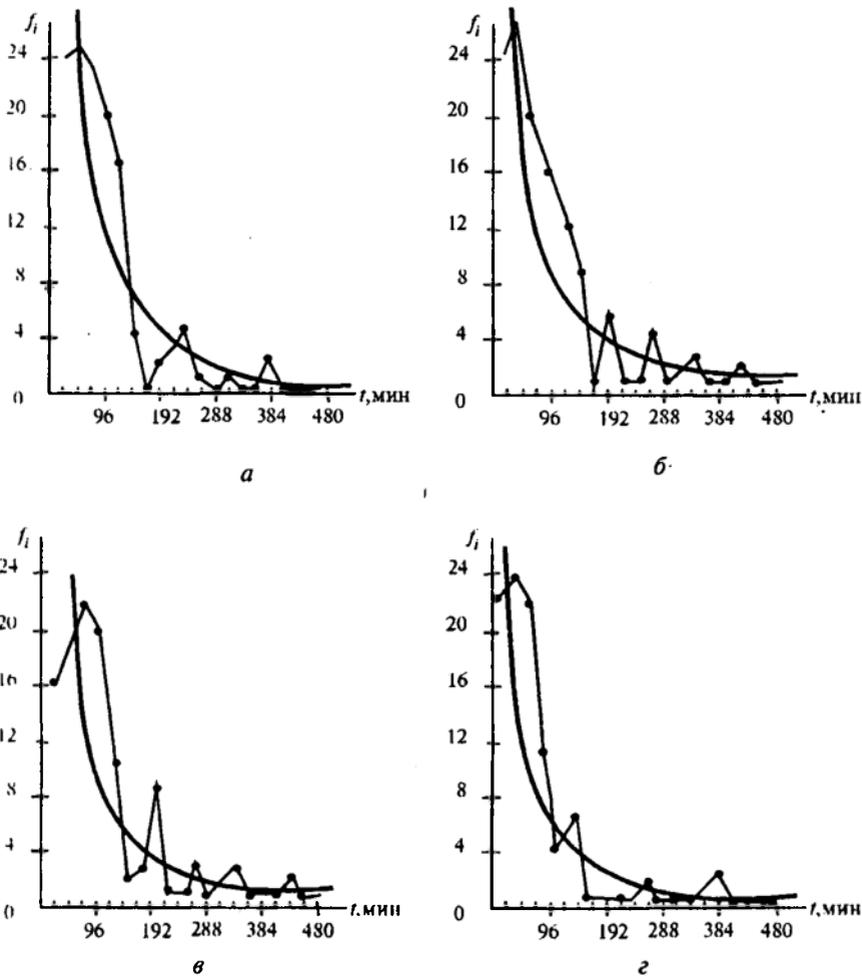
Расчетное значение  $\chi^2$  для рассматриваемого примера равно 108,7.

По стандартным таблицам, исходя из уровня значимости  $\alpha = 0,05$ , значение  $\chi^2(N-1, \alpha)$  не должно превышать уровня

$$\chi^2(N-1, \alpha) = \chi^2(20-1; 0,05) = 30,144.$$

Соответственно гипотеза об экспоненциальном законе распределения отказов для рассматриваемого случая (рис. 5.8) оказалась верной:

$$108,7 < 30,144 (20 - 1; 0,05).$$



**Рис. 5.8. Экспоненциальный закон распределения отказов во времени для кассетной технологии по номенклатуре продукции типа «1»:**

*a* — орудия и средства производства; *б* — предметы труда; *в* — трудовые ресурсы; *г* — информационные ресурсы (система управления)

### 5.1.5. Установление коэффициентов готовности элементов производства

Коэффициент готовности элементов производства принимается за интегральный показатель, характеризующий их надежность, и который в дальнейшем может быть использован для

оценки уровня организации технологического процесса в целом. Коэффициент готовности любого элемента или системы определяется как отношение их безотказной работы к длительности анализируемого цикла:

$$K_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n t_{\text{бpi}} / \left( \sum_{i=1}^n t_{\text{бpi}} + \sum_{i=1}^k t_{\text{оти}} \right),$$

где  $n$  — количество интервалов безотказной работы за исследуемый период;  $t_{\text{бpi}}$  — время безотказной работы между отказами, мин;  $k$  — количество отказов за исследуемый период;  $t_{\text{оти}}$  — время отказа (время восстановления элемента).

Анализ результатов подсчета коэффициентов готовности позволяет выявить некоторые основные тенденции, характеризующие надежность элементов производства.

Коэффициенты готовности производства могут принимать значения от 0 до 1, и они не зависят от взаимосвязи элементов, а характеризуют их внутреннее состояние. Последовательность значений коэффициентов готовности элементов может варьироваться независимо от характеристик производства (мощности технологической линии, массы изделия, номенклатуры). Так, в рассматриваемом расчете вариационные ряды коэффициентов готовности для различных способов производства составили следующие последовательности:

для конвейерного способа производства

$$K_{\text{Госп}} < K_{\text{Гтр}} < K_{\text{Гпт}} < K_{\text{Гy}};$$

для агрегатно-поточного —

$$K_{\text{Госп}} < K_{\text{Гтр}} < K_{\text{Гy}} < K_{\text{Гпт}};$$

для кассетного —

$$K_{\text{Госп}} < K_{\text{Гпт}} < K_{\text{Гтр}} < K_{\text{Гy}};$$

для стандового —

$$K_{\text{Гтр}} < K_{\text{Гпт}} < K_{\text{Гy}} < K_{\text{Госп}},$$

где  $K_{\text{Госп}}$  — коэффициент готовности элемента «орудия и средства производства»;  $K_{\text{Гтр}}$  — коэффициент готовности элемента «трудовые ресурсы»;  $K_{\text{Гпт}}$  — коэффициент готовности элемента «предметы труда»;  $K_{\text{Гy}}$  — коэффициент готовности системы управления.

При этом отмечены некоторые закономерности изменения коэффициентов готовности элементов различных способов производства:

- наиболее низкими для любого способа производства (кроме стандового) являются коэффициенты готовности элемента «орудия и средства производства». Соответственно и надеж-

ность этого элемента наименьшая. Так, для элемента «орудия и средства производства» при агрегатно-поточном способе изготовления изделий коэффициенты готовности изменяются в пределах 0,756 — 0,774;

- при наиболее механизированных процессах (конвейерном и агрегатно-поточном) коэффициенты готовности элемента «трудовые ресурсы» являются более высокими по сравнению с элементом «орудия и средства производства» и находятся в пределах 0,779 — 0,858;

- при менее механизированных процессах (кассетном и стендовом) элемент «предметы труда» стоит на втором месте по возрастанию коэффициентов готовности в пределах своего способа производства ( $K_{\Gamma}=0,762 — 0,846$ );

- коэффициенты готовности информации (системы управления) высоки практически при любом способе производства: при конвейерном и кассетном — наиболее высокие (изменяются в пределах 0,872— 0,940), при агрегатно-поточном — уступают только элементу «предметы труда», а при стендовом — элементу «орудия и средства производства»;

- стендовый способ, как наименее механизированный, отличается наиболее большими коэффициентами готовности по элементу «орудия и средства производства» ( $K_{\Gamma}=0,857 \div 0,867$ ).

Такие соотношения значений коэффициентов готовности элементов производства и системы управления ими остаются постоянными при любых изменениях характеристик производства: для общего объема выпускаемой продукции при увеличении мощности технологической линии (рис. 5.9); при изменении длительности отказов, приходящихся на единицу продукции при увеличении мощности технологических линий (рис. 5.10); при изменении коэффициентов готовности элементов при увеличении массы изготавливаемых изделий (при равных мощностях технологических линий) (рис. 5.11).

Кривые готовности элементов производства для дальнейшего использования в инженерных расчетах в зависимости от мощности технологической линии можно описать уравнением

$$K_{\Gamma} = BM^{-n}, \quad (5.1)$$

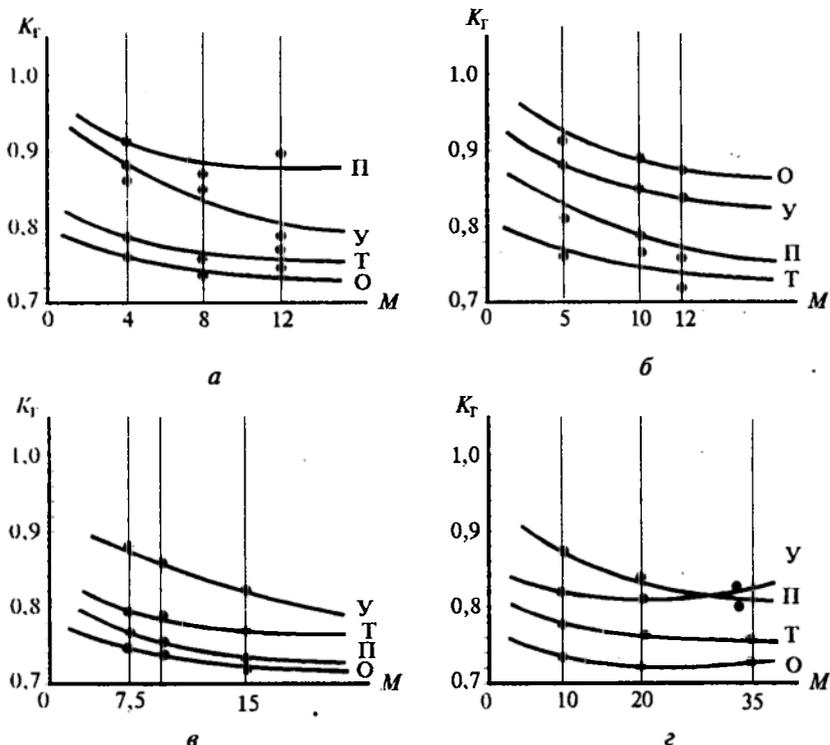
где  $B$  — коэффициент, характеризующий плавность изменения кривой;  $M$  — мощность технологической линии;  $n$  — показатель, характеризующий направление кривой.

Прологарифмировав выражение (5.1), получаем:

$$\lg K_{\Gamma} = \lg B - n \lg M. \quad (5.2)$$

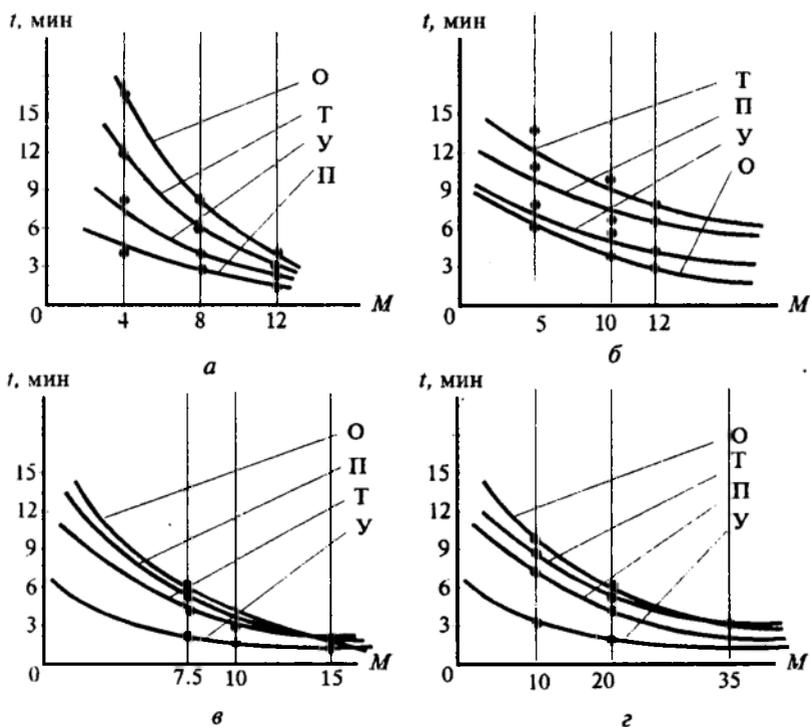
Подставляя в выражение (5.2) значения точек какой-либо кривой изменения коэффициентов готовности элемента производства, например, для мощностей  $M_1$  и  $M_2$ , получаем систему уравнений:

$$\lg K_{\Gamma 1} = \lg B - n \lg M_1; \quad \lg K_{\Gamma 2} = \lg B - n \lg M_2.$$



**Рис. 5.9. Закономерности изменения коэффициентов готовности элементов производства в зависимости от мощности технологических линий при различных способах производства:**

- а — агрегатно-поточный способ; б — стендовый способ; в — кассетный способ; г — конвейерный способ; О — орудия и средства производства; П — предметы труда; Т — трудовые ресурсы; У — информационные ресурсы (система управления)



**Рис. 5.10. Закономерности изменения длительности отказов по элементам производства на единицу изготавливаемого изделия в зависимости от мощности технологической линии  $M$ :**

$a$  — агрегатно-поточный способ;  $б$  — стандовый способ;  $в$  — кассетный способ;  $г$  — конвейерный способ (обозначения см. на рис. 5.9).

Вычтя второе уравнение из первого, имеем следующее равенство:

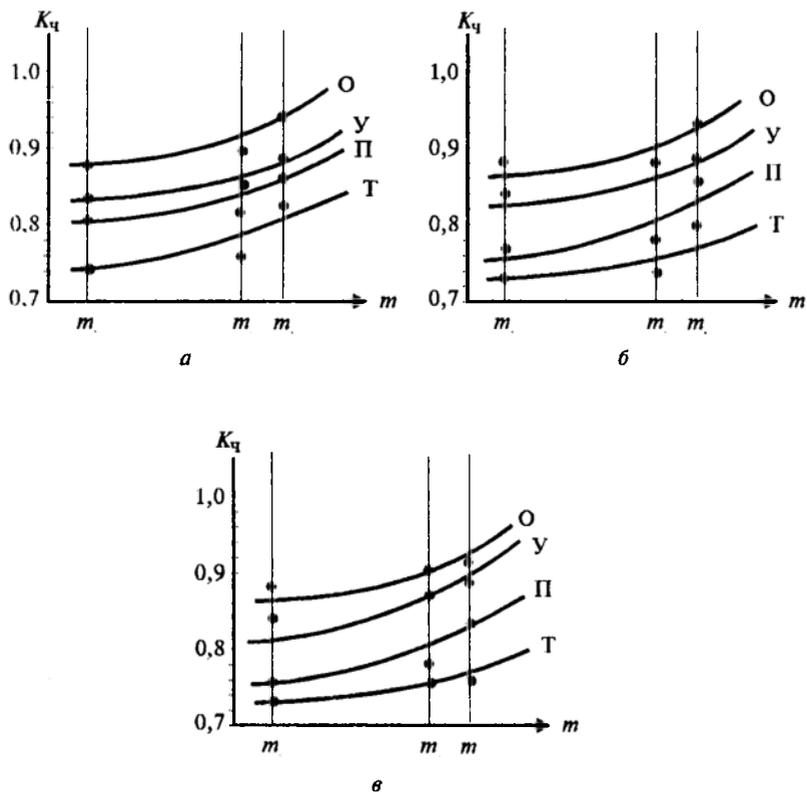
$$\lg K_{Г1} - \lg K_{Г2} = n (\lg M_2 - \lg M_1).$$

Отсюда легко найти неизвестное значение  $n$ :

$$n = \frac{\lg K_{Г1} - \lg K_{Г2}}{\lg M_2 - \lg M_1}.$$

Рассчитав значение  $n$  и подставив его в любое уравнение системы, вычисляем неизвестное значение коэффициента  $B$  и, таким образом, получаем математическую модель закономерности

сти уменьшения коэффициентов готовности элементов производства с увеличением мощности технологической линии (при изготовлении одинаковой номенклатуры изделий). Выведенные математические модели сведены в табл. 5.11 — 5.13.



**Рис. 5.11.** Закономерности изменения коэффициентов готовности элементов производства в зависимости от массы изготавливаемых изделий  $m$  и мощности технологических линий:

$a, б, в$  — мощность линий увеличивается  
(обозначения см. на рис. 5.9)

Таблица 5.11

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ  
ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГОТОВНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ МОЩНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

Способ производства	Основные элементы производства			Информационные ресурсы (система управления)
	Орудия и средства производства	Предметы труда	Трудовые ресурсы	
Агрегатно-поточный	$K_T = 0,778 M^{-0,003}$	$K_T = 0,953 M^{-0,019}$	$K_T = 0,836 M^{-0,021}$	$K_T = 1,023 M^{-0,084}$
Стендовый	$K_T = 0,935 M^{-0,043}$	$K_T = 0,868 M^{-0,043}$	$K_T = 0,860 M^{-0,061}$	$K_T = 0,895 M^{-0,033}$
Кассетный	$K_T = 0,811 M^{-0,002}$	$K_T = 0,813 M^{-0,027}$	$K_T = 0,824 M^{-0,02}$	$K_T = 3,09 M^{-0,12}$
Конвейерный	$K_T = 0,784 M^{-0,002}$	$K_T = 0,865 M^{-0,02}$	$K_T = 0,82 M^{-0,031}$	$K_T = 0,918 M^{-0,059}$

Таблица 5.12

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ  
ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТКАЗОВ НА ЕДИНИЦУ  
ИЗГОТАВЛИВАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ МОЩНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

Способ производства	Основные элементы производства			Информационные ресурсы (система управления)
	Орудия и средства производства	Предметы труда	Трудовые ресурсы	
Агрегатно-поточный	$t = 58,7 M^{-1,034}$	$t = 9,61 M^{-0,631}$	$t = 39,4 M^{-0,92}$	$t = 22,4 M^{-0,809}$
Стендовый	$t = 34,9 M^{-1,016}$	$t = 29,7 M^{-0,742}$	$t = 38,6 M^{-0,792}$	$t = 33,3 M^{-0,968}$
Кассетный	$t = 87,6 M^{-1,159}$	$t = 60 M^{-1}$	$t = 81,4 M^{-1,183}$	$t = 12,2 M^{-0,518}$
Конвейерный	$t = 96,4 M^{-1,171}$	$t = 44,1 M^{-0,991}$	$t = 35,3 M^{-0,807}$	$t = 35 M^{-1}$

Таблица 5.13

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ  
КОЭФФИЦИЕНТОВ ГОТОВНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ  
ИЗДЕЛИЙ ПРИ СТЕНДОВОМ СПОСОБЕ ПРОИЗВОДСТВА**

Мощность технологической линии	Основные элементы производства			Информационные ресурсы (система управления)
	Орудия и средства производства	Предметы труда	Трудовые ресурсы	
Минимальная	$K_r = 0,863 m^{0,019}$	$K_r = 0,799 m^{0,017}$	$K_r = 0,757 m^{0,012}$	$K_r = 0,826 m^{0,01}$
Средняя	$K_r = 0,856 m^{0,01}$	$K_r = 0,773 m^{0,017}$	$K_r = 0,767 m^{0,006}$	$K_r = 0,817 m^{0,01}$
Максимальная	$K_r = 0,847 m^{0,005}$	$K_r = 0,764 m^{0,017}$	$K_r = 0,748 m^{0,006}$	$K_r = 0,804 m^{0,016}$

## 5.2. Анализ надежности производственной системы

Теория надежности систем допускает определение ее коэффициента готовности как совокупного сочетания во времени коэффициентов готовности ее элементов. Поэтому для установления надежности системы следует последовательно провести несколько этапов расчета:

- установить схему совмещения элементов производства во времени (по всему технологическому циклу);
- составить модель надежности технологического процесса с учетом совмещения элементов производства, обладающих различными друг от друга коэффициентами готовности;
- рассчитать время взаимодействия элементов производства по технологическому циклу;
- рассчитать общий коэффициент готовности производственной системы.

### 5.2.1. Составление схемы совмещения элементов производства на технологический цикл

Частичное совмещение независимых событий в виде элементов может быть наглядно отражено на организационно-технологическом графике (циклограмме) работы линии по производству земляных форм для литья. Такой график позволяет проследить динамику процесса, т.е. его развитие в пространстве и во времени.

На рис. 5.12 схематично показаны основные элементы производства и время их взаимодействия в каждой операции на протяжении всего технологического цикла. Явно видно в различные отрезки времени цикла наличие двух типов соединения элементов в операциях: последовательного и параллельного.

Последовательное соединение элементов характеризует время функционирования процесса (выполнения операций), а параллельное соединение — время технологических перерывов, время ожидания фронта работ и т.п. Следовательно, параллельное соединение элементов можно рассматривать как временное резервирование. Таким образом, суть частичного совмещения независимых событий заключается в использовании обоих видов соединений элементов (последовательного и параллельного) в пределах одного цикла производственного процесса.

В системах с частичным совмещением независимых событий, помимо способа соединения элементов, может наблюдаться различное время воздействия этих элементов. Например, в операции № 12 (см. рис. 5.12) — перемещение грузов мостовым краном № 2 — последовательное соединение элементов  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$  занимает 5 мин, время же резервного соединения элементов, обеспечивающее стабильность функционирования процесса, составляет также 5 мин. В результате аналогичных расчетов по каждой операции цикла можно вычислить время взаимодействия элементов при последовательном и параллельном (резервном) их соединении по всем операциям цикла. Тогда время полного совмещения независимых событий (элементов производства) на цикл

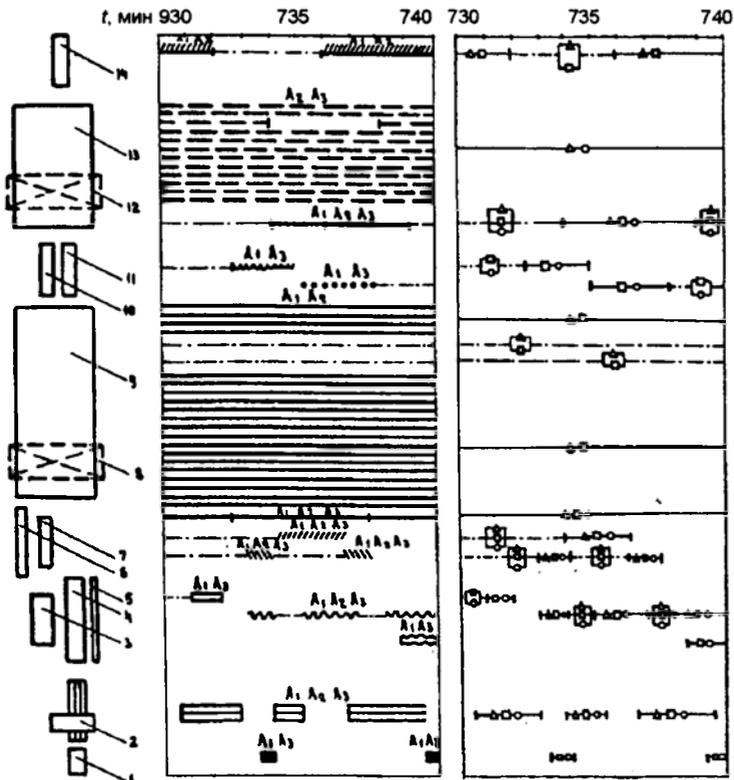
$$t^{\text{сов}} = \sum_{p=1}^m \sum_{i=1}^n t_{pi} / i,$$

где  $t_{pi}$  — время полного совмещения, мин, элементов производства  $p$ -го сочетания в  $i$ -й операции цикла;  $i$  — количество операций цикла, содержащее полное совмещение элементов производства  $p$ -го сочетания;  $p$  — варианты сочетаний элементов ( $A_1A_2$ ;  $A_1A_3$ ;  $A_2A_3$ ;  $A_1A_2A_3$ ).

Соответственно время резервного (параллельного) совмещения независимых событий (элементов производства) на цикл:

$$t^{\text{рез}} = \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^m t_{kj} / j.$$

где  $t_{kj}$  — время резервного совмещения, мин элементов производства  $k$ -го сочетания в  $j$ -й операции цикла;  $j$  — количество операций цикла, содержащее резервное совмещение элементов производства  $k$ -го сочетания.



### Условные обозначения

Посты и оборудование	Обозначение работы оборудования	Основные элементы производства и отрезки времени	Символ
Каретка подвижная		Орудия и средства производства $A_1$	
Уплотнитель формочной земли		Предметы труда $A_2$	
Формоукладчик		Трудовые ресурсы $A_3$	
Виброплощадка		Производственное время	
Пригрузочный щит		Резервное время	
Установка для электронгрева кокилей			
Посты армирования форм			
Мостовой кран № 1			
Камеры сушки			
Пост смазки форм			
Пост чистки форм			
Мостовой кран № 2			
Зона выдержки изделий			
Самоходная тележка			

Рис. 5.12. Надежно-функциональная схема совмещения во времени основных элементов процесса производства (по технологическому циклу)

Полное время воздействия элементов в производственной системе всегда будет равно единице:

$$t^{\text{сов}} + t^{\text{рез}} = t_{\text{общ}} = 1.$$

Исходя из этого, время воздействия элементов при их частичном совмещении рассчитывается на основании циклограмм. Время же взаимодействия элементов находится путем обработки статистических данных о распределении времени взаимодействия элементов в процессе производства в пределах одного технологического цикла.

В результате обработки графика (см. рис. 5.12) представляется возможным установить производственное и резервное время при частичном совмещении двух независимых событий (элементов производства) для операций любой технологии.

### **5.2.2. Моделирование степени совмещенности и взаимодействия элементов производства в технологическом процессе**

В задачу оценки уровня организации производственной системы входит определение надежности системы с учетом уровня организационных форм. Считаем, что система в ее проектно-нормативном состоянии неизменна (надежность соответственно также неизменна и условно принимаем ее равной единице)\*. Рациональное сочетание материальных и трудовых ресурсов на предприятиях, т.е. определение уровня организации производства целесообразно проводить, используя теорию надежности.

Слаженная работа всех элементов системы зависит от их надежности и определяет собой организационный уровень самого производственного процесса и степень использования его потенциала. Оптимальный уровень организации системы дает возможность определить и максимально повысить ее надежность и соответственно улучшить все технико-экономические показатели, увеличить эффективность работы предприятия, наиболее рационально использовать потенциальные возможности любого участка производства. Повышение уровня организации производства влечет за собой не только стабилизацию производствен-

---

\* *Источник:* Гусаков А.А., Манфред Ю.Б., Прыкин Б.В. Организационно-технологическая надежность строительства — М.: ББК, 1994.

ного процесса, но и экономию материальных и трудовых ресурсов, повышение качества выпускаемых изделий, увеличение производительности орудий труда и обслуживающего персонала.

При моделировании совмещения элементов производства целесообразно исходить из положения о том, что надежность производственной системы обеспечивается уровнями надежности входящих в нее элементов, а также их структурным соединением, взаимным расположением и технологической связью. Ее оценка основана на использовании основных теорем теории вероятностей. Исходя из этого, в большинстве практических случаев надежность системы можно определить с помощью анализа структурной схемы процесса (сочетания элементов) методом логических функций (если число элементов мало и их сочетание записывается в виде нулевой функции), а также методом перебора состояний (записываются и анализируются все возможные состояния элементов методом статистического моделирования).

Будем считать, что все элементы производства представляют собой независимые события, т.е. условия существования и функционирования любого элемента условно не влияют на аналогичные условия другого элемента. В таком случае, теоретически, могут наблюдаться следующие виды сочетаний независимых событий:

- полное совмещение;
- несовмещение;
- частичное совмещение.

На рис. 5.13 представлены (графически) возможные виды сочетаний элементов производства  $A_1$  (орудия и средства производства),  $A_2$  (предметы труда),  $A_3$  (трудовые ресурсы). При этом принимаем, что информационные ресурсы используются параллельно с другими видами ресурсов (элементов производства). Последовательно проанализируем все виды сочетаний независимых событий и теоретические результаты сравним с уровнем организации конкретных производств. Это поможет добиться наибольшей достоверности результатов при записи модели, описывающей уровень организации производства.

Делаем предположение о такой структуре производственной системы, в которой выход из строя любого элемента ведет к отказу всей системы. Такие предпосылки правомерны в том случае, если имеет место полное совмещение независимых событий (см. рис. 5.13, *I*, *II*). Тогда допускается, что в процессе задейст-

вованы элементы производства полностью, т.е. резервы практически отсутствуют. В этом случае надежность производственной системы равна произведению независимых событий:

$$R = \prod_{i=1}^n R_{A_i} = R_{A_1} R_{A_2} \dots R_{A_n}.$$

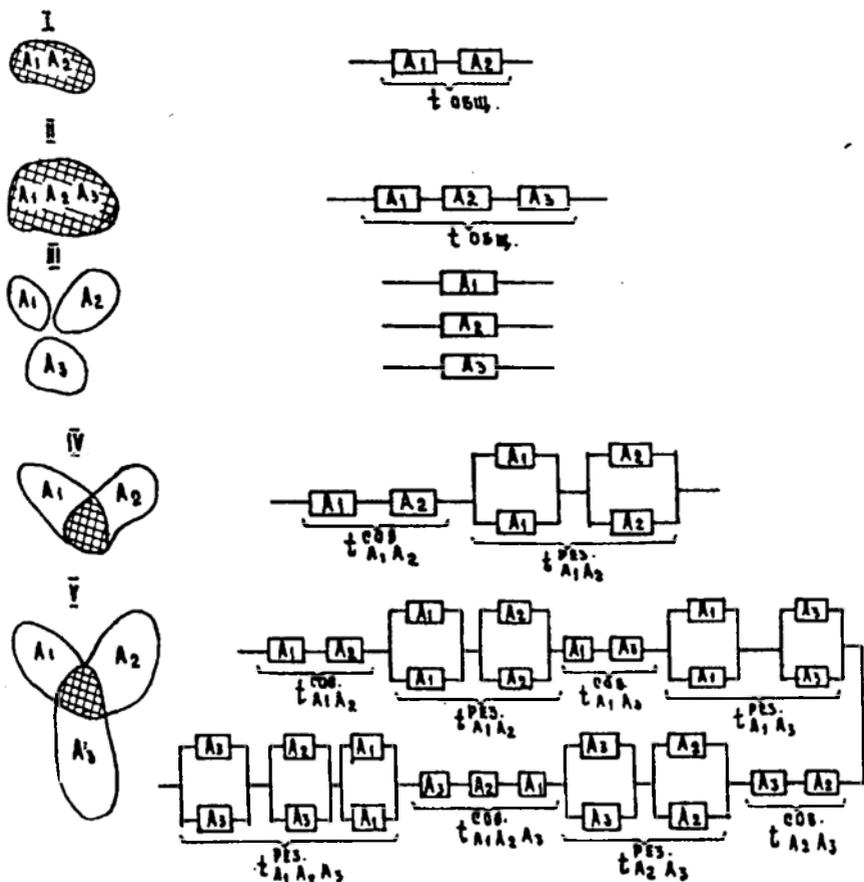


Рис. 5.13. Схемы сочетаний основных элементов в процессе материального производства:

I, II — полное совмещение независимых событий; III — несовмещение независимых событий; IV, V — частичное совмещение независимых событий

Рассмотрим два случая полного совмещения независимых событий: совмещения двух и трех событий. Полное совмещение двух независимых событий элемента  $A_1$  (орудия и средства производства) и элемента  $A_2$  (предметы труда) можно наблюдать в

некоторых операциях технологического цикла, например, при партионной обработке изделий. Полное совмещение трех независимых событий наблюдается в большинстве технологических операций (например, при изготовлении форм для литья). Кроме самого факта вероятности безотказного функционирования процесса, необходимо учесть продолжительность протекания этого события по отношению к полному технологическому циклу. Так как в данном случае мы предполагаем полное совмещение независимых элементов во времени, то можно записать следующие уравнения:

для двухэлементной системы

$$t_{A_1 A_2} = t_{\text{общ}} = 1;$$

для трехэлементной системы

$$t_{A_1 A_2 A_3} = t_{A_1 A_2} = t_{A_1 A_3} = t_{A_2 A_3} = t_{\text{общ}} = 1.$$

Надежность производственной системы при полном совмещении ее элементов с учетом времени их воздействия следующая:

$$R_{i, \text{II}} = \prod_{i=1}^n R_{A_i} t_{\text{общ}}.$$

Затем усложняем полученные модели путем введения в них времени взаимодействия элементов.

Делаем предположение о такой структуре производственной системы, в которой только после выхода из строя всех компонентов выявляется неработоспособность системы. (см. рис. 5.13, III). При этом надежность системы при несовмещении независимых событий следующая:

$$R'_{\text{парал}} = \sum_{i=1}^n R_{A_i} = \sum R_{A_i} - \sum_{i,j} R_{A_i} R_{A_j} + \sum_{i,j,k} R_{A_i} R_{A_j} R_{A_k} - \dots + (-1)^{n-1} R_{A_1} R_{A_2} \dots R_{A_n}, \quad (5.3)$$

где суммы распространяются на различные значения индексов  $i$ ;  $i, j$ ;  $i, j, k$  и т.д.

Время взаимодействия элементов в такой системе определяется выражением

$$t_{A_1} + t_{A_2} + \dots + t_{A_n} = t_{\text{общ}},$$

$$\frac{t_{A_1 A_2}}{t_{\text{общ}}} \neq \frac{t_{A_2 A_3}}{t_{\text{общ}}} \neq \dots \neq \frac{t_{A_1 A_j}}{t_{\text{общ}}} \leq 1.$$

Соответственно надежность каждого из элементов системы следующая:

$$R'_{A_n} = R_{A_n} \frac{t_{A_n}}{t_{\text{общ}}},$$

где  $n = 1, 2, 3$ .

Уровень надежности производства при несовмещении ее элементов с учетом времени их взаимодействия можно записать в виде уравнения

$$R_{\text{III}} = R'_{A_1} + R'_{A_2} + R'_{A_3} - (R_{A_1} R_{A_2})' - (R_{A_1} R_{A_3})' - (R_{A_2} R_{A_3})' - (R_{A_1} R_{A_2} R_{A_3})'.$$

Модель системы, описывающая частичное совмещение двух независимых событий с учетом времени взаимодействия элементов производства, имеет вид

$$R_{\text{IV}} = R_{A_1 A_2}^{\text{сов}} \frac{t_{A_1 A_2}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} R_{A_1 A_2}^{\text{pez}} \left( 1 - \frac{t_{A_1 A_2}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right).$$

Сомножитель  $R_{A_1 A_2}^{\text{сов}}$  характеризует полное совмещение событий:

$$R_{A_1 A_2}^{\text{сов}} = \prod_{i=1}^n R_{A_i} = R_{A_1} R_{A_2}.$$

Сомножитель  $R_{A_1 A_2}^{\text{pez}}$  характеризует собой несовмещение событий, т.е. временное резервирование элементов в данном процессе и на основании уравнения (5.3) описывается выражением

$$R_{A_1 A_2}^{\text{pez}} = (2R_{A_n} - R_{A_n}^2) (2R_{A_k} - R_{A_k}^2) = (2R_{A_1} - R_{A_1}^2) (2R_{A_2} - R_{A_2}^2).$$

Теперь можно более подробно записать общее уравнение надежности двухэлементной системы:

$$R_{\text{IV}} = R_{A_1} R_{A_2} \frac{t_{A_1 A_2}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} (2R_{A_1} - R_{A_1}^2) (2R_{A_2} - R_{A_2}^2) \left( 1 - \frac{t_{A_1 A_2}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right).$$

Результаты расчета значений уровня надежности  $Y_{\text{ор}}$  для различных технологических операций, для которых характерно частичное совмещение двух независимых событий, приведены в табл. 5.14.

Таблица 5.14

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ УРОВНИ НАДЕЖНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ЧАСТИЧНОМ СОВМЕЩЕНИИ ДВУХ НЕЗАВИСИМЫХ СОБЫТИЙ  
(ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВА)

Операция	Элементы производства	Время, мин			У <sub>оп</sub>
		цикла	производ- ственное	резервное	
Ход подвижной каретки	A <sub>1</sub> ; A <sub>3</sub>	10	2,0	8,0	0,937
Установка формы	A <sub>1</sub> ; A <sub>3</sub>	10	1,5	8,5	0,950
Установка погрузочного шита	A <sub>1</sub> ; A <sub>3</sub>	10	2,0	8,0	0,850
Тепловая обработка (сушка)	A <sub>1</sub> ; A <sub>2</sub>	10	9,0	1,0	0,980
Смазка форм	A <sub>1</sub> ; A <sub>3</sub>	10	5,0	5,0	0,810
Чистка форм	A <sub>1</sub> ; A <sub>3</sub>	10	5,0	5,0	0,810
Автоматическая транспортировка изделий	A <sub>1</sub> ; A <sub>2</sub>	10	6,0	4,0	0,950

Надежность системы при условии частичного совмещения трех независимых событий (элементов производства — орудий и средств производства  $A_1$ , предметов труда  $A_2$  и трудовых ресурсов  $A_3$ ) моделируется следующим уравнением (см. рис. 5.13, V):

$$\text{где } t^{\text{сов}} + t^{\text{рез}} = t_{\text{общ}} = 1,$$

$$t^{\text{сов}} = t_{A_1 A_2 A_3}^{\text{сов}} + t_{A_1 A_2}^{\text{сов}} + t_{A_1 A_3}^{\text{сов}} + t_{A_2 A_3}^{\text{сов}};$$

$$t^{\text{рез}} = t_{A_1 A_2 A_3}^{\text{рез}} + t_{A_1 A_2}^{\text{рез}} + t_{A_1 A_3}^{\text{рез}} + t_{A_2 A_3}^{\text{рез}} = 1 - \frac{t^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}}.$$

Значения времени взаимодействия при условии частичного совмещения трех независимых событий (элементов производства) приведены в табл. 5.15.

Модель с учетом времени различных типов совмещения трех элементов принимает вид:

$$R_V = R^{\text{сов}} \frac{t^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} R^{\text{рез}} \frac{t^{\text{рез}}}{t_{\text{общ}}}.$$

Сомножитель  $R^{\text{сов}} \frac{t^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}}$  определяет надежность элементов при

полном их совмещении, т.е. при непосредственном процессе производства. На основании схемы сочетания элементов (см. рис. 5.13, II) записываем уравнения для полного совмещения событий:

$$R^{\text{сов}} \frac{t^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} = R_{A_1 A_2}^{\text{сов}} \frac{t_{A_1 A_2}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} R_{A_1 A_3}^{\text{сов}} \frac{t_{A_1 A_3}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} R_{A_2 A_3}^{\text{сов}} \frac{t_{A_2 A_3}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} R_{A_1 A_2 A_3}^{\text{сов}} \frac{t_{A_1 A_2 A_3}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}}.$$

Уровень организации механизированного производства при частичном совмещении трех независимых событий (элементов производства) можно описать уравнением:

$$\begin{aligned} R_V = & R_{A_1} R_{A_2} \left( \frac{t_{A_1 A_2}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) \left( 2R_{A_1} - R_{A_1}^2 \right) \left( 2R_{A_2} - R_{A_2}^2 \right) \left( \frac{t_{A_1 A_2}^{\text{рез}}}{t_{\text{общ}}} \right) \times \\ & \times R_{A_1} R_{A_3} \left( \frac{t_{A_1 A_3}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) \left( 2R_{A_1} - R_{A_1}^2 \right) \times \\ & \times \left( 2R_{A_3} - R_{A_3}^2 \right) \left( \frac{t_{A_1 A_3}^{\text{рез}}}{t_{\text{общ}}} \right) R_{A_2} R_{A_3} \left( \frac{t_{A_2 A_3}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) \left( 2R_{A_2} - R_{A_2}^2 \right) \left( 2R_{A_3} - R_{A_3}^2 \right) \left( \frac{t_{A_2 A_3}^{\text{рез}}}{t_{\text{общ}}} \right) \times \end{aligned}$$

$$\times R_{A_1} R_{A_2} R_{A_3} \left( \frac{t_{A_1 A_2 A_3}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) (2R_{A_1} - R_{A_1}^2) (2R_{A_2} - R_{A_2}^2) \times (2R_{A_3} - R_{A_3}^2) \left( \frac{t_{A_1 A_2 A_3}^{\text{рез}}}{t_{\text{общ}}} \right).$$

Таблица 5.15

**ПРИМЕРНОЕ ВРЕМЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ, %, В ТЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА (СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА — АГРЕГАТНО-ПОТОЧНЫЙ)**

Тип изделия	Мощность линии	Полное совмещение элементов производства				Резервное соединение элементов производства			
		$A_1 A_2$	$A_1 A_3$	$A_2 A_3$	$A_1 A_2 A_3$	$A_1 A_2$	$A_1 A_3$	$A_2 A_3$	$A_1 A_2 A_3$
1	Минимальная	0,089	0,082	0,069	0,194	0,030	0,337	0,036	0,195
	Средняя	0,068	0,057	0,080	0,198	0,042	0,348	0,036	0,248
	Максимальная	0,092	0,084	0,077	0,207	0,032	0,271	0,033	0,243
2	Минимальная	0,129	0,074	0,075	0,203	0,040	0,331	0,026	0,182
	Средняя	0,114	0,070	0,068	0,225	0,036	0,290	0,036	0,220
	Максимальная	0,084	0,072	0,069	0,199	0,032	0,270	0,034	0,241
3	Минимальная	0,086	0,080	0,081	0,254	0,037	0,312	0,026	0,214
	Средняя	0,099	0,056	0,073	0,241	0,035	0,348	0,036	0,206
	Максимальная	0,110	0,056	0,063	0,252	0,030	0,341	0,028	0,160

Это уравнение можно использовать для оценки уровня организации всего технологического процесса, когда наблюдаются различные виды сочетаний трехэлементной системы.

Алгебраические выражения уровня надежности системы для всех принятых моделей производства (полного, неполного и частичного совмещения событий), соответствующие схемам соединения элементов, приведены в табл. 5.16.

Достоверность полученных результатов можно проверить при помощи критерия Пирсона как оценки меры расхождения статистических и теоретических данных:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{P_{ci} - P_{\tau i}}{P_{\tau i}},$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  — количество разбивочных интервалов;  $P_{ci}$ ,  $P_{\tau i}$  — статистические и теоретические величины в  $i$ -м интервале.

АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
ВАРИАНТАХ СОЧЕТАНИЯ НЕЗАВИСИМЫХ СОБЫТИЙ (ЭЛЕМЕНТОВ ПРОИЗВОДСТВА)  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Вариант сочетания		Алгебраическое выражение
Полное совмеще- ние	двух событий	$R = \prod_{i=1}^n R_{A_i} = R_{A_i} R_{A_{i+1}}$
	трех событий	$R = \prod_{i=1}^n R_{A_i} = R_{A_i} R_{A_{i+1}} R_{A_{i+2}}$
Несовмещение трех событий		$R = \sum_{i=1}^n R_{A_i} = \sum_i R_{A_i} - \sum_{i,j} R_{A_i} R_{A_j} + \sum_{i,j,k} R_{A_i} R_{A_j} R_{A_k} - \dots + (-1)^{n-1} R_{A_1} R_{A_2} \dots R_{A_n}$
Частичное совмеще- ние	двух событий	$R = \prod_{i=1}^n R_{A_i} \left( \frac{f_{A_i, A_{i+1}}^{\text{сов}}}{f_{\text{общ}}} \right) (2R_{A_i} - R_{A_i}^2) (2R_{A_{i+1}} - R_{A_{i+1}}^2) \dots \left( 1 - \frac{f_{A_i, A_{i+1}}^{\text{сов}}}{f_{\text{общ}}} \right)$

Вариант сочетания		Алгебраическое выражение
Частичное совмещение	трех событий	$R = R_{A_1} R_{A_{i+1}} \left( \frac{r_{A_i A_{i+1}}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) (2R_{A_i} - R_{A_i}^2) \left( 2R_{A_{i+1}} - R_{A_{i+1}}^2 \right) \left( \frac{r_{A_i A_{i+1}}^{\text{pec}}}{t_{\text{общ}}} \right) \times$
		$\times R_{A_i} R_{A_{i+2}} \left( \frac{r_{A_i A_{i+1}}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) (2R_{A_i} - R_{A_i}^2) \times$
		$\times (2R_{A_{i+2}} - R_{A_{i+2}}^2) \left( \frac{r_{A_i A_{i+2}}^{\text{pec}}}{t_{\text{общ}}} \right) R_{A_{i+1}} R_{A_{i+2}} \left( \frac{r_{A_{i+1} A_{i+2}}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) (2R_{A_{i+1}} - R_{A_{i+1}}^2) \times$
		$\times (2R_{A_{i+2}} - R_{A_{i+2}}^2) \left( \frac{r_{A_{i+1} A_{i+2}}^{\text{pec}}}{t_{\text{общ}}} \right) \times$
		$\times R_{A_i} R_{A_{i+1}} R_{A_{i+2}} \left( \frac{r_{A_i A_{i+1} A_{i+2}}^{\text{сов}}}{t_{\text{общ}}} \right) (2R_{A_i} - R_{A_i}^2) (2R_{A_{i+1}} - R_{A_{i+1}}^2) \times$
		$\times (2R_{A_{i+2}} - R_{A_{i+2}}^2) \left( \frac{r_{A_i A_{i+1} A_{i+2}}^{\text{pec}}}{t_{\text{общ}}} \right)$

Полученные в результате расчета значения  $\chi^2$  сверяются с табличными значениями. Например, результаты проверки достоверности статистического уровня надежности стандового производства следующие:

Условная мощность технологической линии .....	5	6	7	8	9	10	11	12
Уровень надежности .....	0,901	0,900	0,890	0,904	0,887	0,894	0,874	0,887

На рис. 5.14 показана зависимость меры расхождения теоретической и статистической кривых уровня организации исследуемого объекта. В результате расчета получаем:

$$\chi_{\text{рас}}^2 = 0,647.$$

Табличное значение критерия Пирсона при доверительной вероятности 0,99 и числе степеней свободы  $n = 8$

$$\chi_{\text{табл}}^2 = 1,646.$$

Таким образом, получаем

$$\chi_{\text{рас}}^2 < \chi_{\text{табл}}^2.$$

Отсюда видно, что достоверность полученных статистическим путем значений уровня надежности достаточная для данного обследуемого объекта.

На рис. 5.15 — 5.18 и табл. 5.17 — 5.20 приведены в качестве примеров тенденции изменения уровней надежности процессов в зависимости от их производительности, степени механизации, массы изделий и т.п.

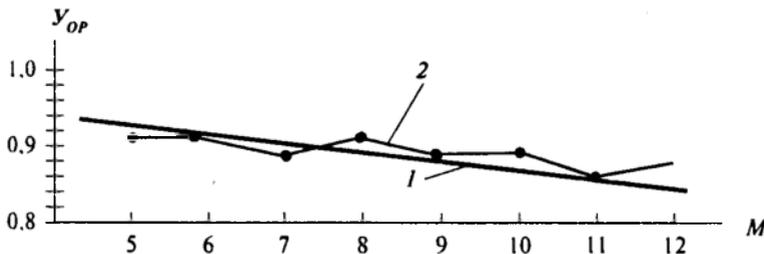
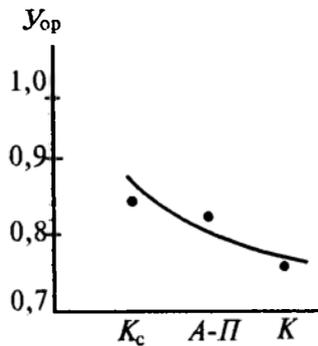


Рис. 5.14. Зависимость меры расхождения теоретических (1) и статистических (2) значений уровня надежности от мощности технологической линии

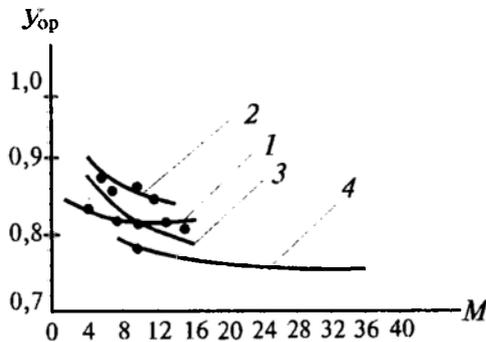
**КОЭФФИЦИЕНТЫ ГОТОВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

Элемент производства	Способ производства изделий		
	<i>кассетный</i>	<i>агрегатно-поточный</i>	<i>конвейерный</i>
Орудия и средства производства	0,754	0,745	0,739
Предметы труда	0,772	0,764	0,735
Трудовые ресурсы	0,779	0,790	0,810



**Рис. 5.15.** Тенденция изменения уровня надежности технологических линий с увеличением степени механизации процесса:

$K_c$ , А-П, К — кассетный, агрегатно-поточный и конвейерный способы производства



**Рис. 5.16.** Закономерности изменения уровня организации процесса в зависимости от производительности технологических линий для агрегатно-поточного (1), стандового (2), кассетного (3) и конвейерного (4) способов производства

Таблица 5.18

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ  
ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ МОЩНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

Способ производства	Уравнение
Агрегатно-поточный	$Y_{op} = 0,866 M^{-0,021}$
Стендовый	$Y_{op} = 0,97 M^{-0,052}$
Кассетный	$Y_{op} = 0,914 M^{-0,065}$
Конвейерный	$Y_{op} = 0,85 M^{-0,035}$

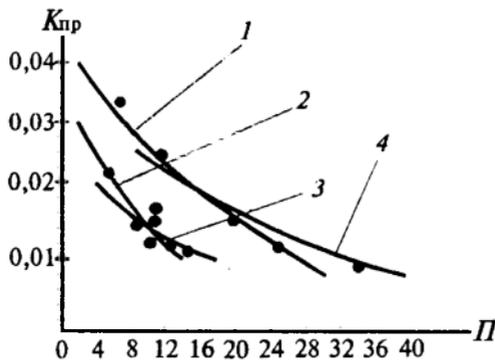
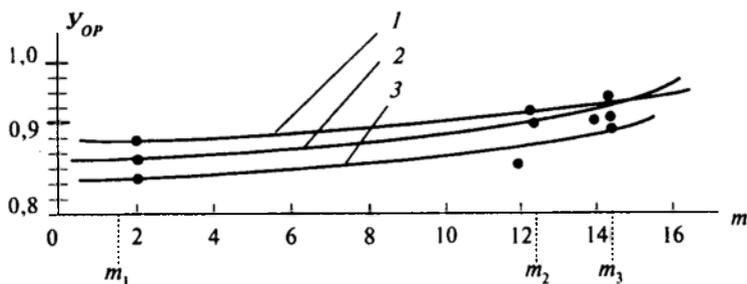


Рис. 5.17. Закономерности изменения длительности отказов на единицу изготавливаемой продукции в зависимости от производительности технологических линий для агрегатно-поточного (1), стендового (2), кассетного (3) и конвейерного (4) способов производства

Таблица 5.19

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ  
ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТКАЗОВ НА ЕДИНИЦУ ИЗГОТАВЛИВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

Способ производства	Уравнение
Агрегатно-поточный	$K_{пр} = 0,09 П^{-0,728}$
Стендовый	$K_{пр} = 0,047 П^{-0,548}$
Кассетный	$K_{пр} = 0,04 П^{-0,536}$
Конвейерный	$K_{пр} = 0,069 П^{-0,597}$



**Рис. 5.18. Закономерности изменения уровня организации процесса в зависимости от массы изготавливаемого изделия для стенового способа производства:**

1, 2, 3 — линии с различной (увеличивающейся) мощностью;  $m_1, m_2, m_3$  — масса изделий различных типов

Т а б л и ц а 5.20

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ ИЗГОТАВЛИВАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ ДЛЯ СТЕНОВОГО СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА**

Мощность технологической линии	Уравнение
Минимальная	$Y_{ор} = 0,887 m^{0,005}$
Средняя	$Y_{ор} = 0,865 m^{0,014}$
Максимальная	$Y_{ор} = 0,843 m^{0,016}$

### 5.2.3. Повышение уровня надежности производства через резервирование его элементов

Для стабильного функционирования технологических процессов с заданной и постоянной надежностью необходимо резервирование основных элементов производства. Таким образом, **резервирование** — это один из методов повышения надежности процесса производства. Основное отличие его от всех остальных

методов (применение положений инженерной технологии, повышение технологичности изделий, модернизация оборудования и др.) состоит в том, что оно позволяет повысить надежность производственных систем в целом по сравнению с надежностью составляющих ее элементов.

Все существующие методы повышения надежности производственных систем путем резервирования можно подразделить на две принципиально отличные группы — *общее резервирование*, при котором резервируется система в целом, и *раздельное (поэлементное) резервирование*, при котором резервируются отдельные части (элементы) производственной системы.

Максимальное применение в материальном производстве нашло раздельное резервирование, так как при этом выигрыш в надежности достигается значительно меньшими затратами, чем при общем резервировании. Если пользоваться терминологией, принятой в теории надежности, распространение получил вид раздельного резервирования — замещение, т.е. резервные элементы используются только при отказе основных элементов. Резервирование замещением имеет ряд преимуществ: сохраняется степень надежности резервных элементов, появляется возможность использовать один резервный элемент на несколько рабочих элементов. При этом резервирование замещением можно разделить на два основных вида: *временное* и *материальное*. К первому виду резервирования можно отнести рациональное использование производственного времени, путем:

- повышения коэффициента использования машин во времени;
- повышения коэффициента использования машин по производительности;
- повышения коэффициента технической готовности системы;
- повышения коэффициента сменности работы машин;
- повышения коэффициента использования машин во времени в течение смены;
- снижения длительности такта линии;
- уменьшения длительности цикла изготовления изделий;
- рационального сочетания материальных и трудовых ресурсов во времени;
- повышения квалификации ремонтных и обслуживающих рабочих;

- совершенствования форм организации труда (например, бригадный подряд) и т.д.

В результате этого возникает избыточная мощность, которая и будет являться резервом в случаях возникновения отказов и сбоев.

Ко второму виду резервирования (материальному резервированию) с целью повышения уровня надежности производства можно отнести различного вида заделы. Объем задела измеряется количеством штук или комплектов заготовок деталей, узлов и незаконченных изделий, находящихся на разных стадиях производственного цикла. Величина задела должна быть достаточной и минимально необходимой, так как при заниженном заделе нарушается ритмичность производства, а при завышенном или некомплектном — происходит замедление оборачиваемости оборотных средств, непроизводительно используются производственные площади.

По назначению заделы подразделяются на технологический, транспортный, оборотный и страховой.

К технологическому заделу относятся материалы, заготовки, детали, узлы и изделия, находящиеся в процессе обработки и сборки на рабочих местах, а также на контрольных пунктах и испытательных стендах.

Транспортный задел включает материалы, заготовки, детали и узлы, находящиеся на транспортных устройствах в стадии движения к первой операции, между операциями, смежными участками и цехами производства.

Оборотный задел — это материалы, заготовки, детали и узлы, находящиеся у рабочих мест, между операциями или на складах и предназначенные для выравнивания производительности смежных операций, участков и цехов.

К страховому заделу относятся запасы материалов, заготовок, деталей и узлов, необходимые для предупреждения возможных перебоев и неполадок в работе поточных линий цехов.

Кроме того, с целью повышения уровня надежности процесса, в зависимости от типа производства и характера технологических процессов различают виды заделов по месту их образования. В массовом производстве — межоперационные заделы на прерывно-поточных (прямоточных) линиях; межоперационные заделы на непрерывно-поточных линиях и межлинейные (межцеховые) заделы, которые создаются между питающими и потребляющими линиями, расположенными как в пределах од-

ного цеха, так и в разных цехах. В крупносерийном и серийном производстве существуют внутрицеховые (цикловые) и межцеховые (складские) заделы. В массовом и серийном производстве нормы заделов материалов, деталей и изделий рассчитываются как по цехам, так и в целом по предприятию и измеряются в штуках и в днях, а нормы материалов в незавершенном производстве — только в целом по предприятию.

Таким образом, за счет рационального сочетания двух видов резервирования (временного и материального), а также за счет рационального сочетания самих резервируемых основных элементов производства можно добиться значительного повышения надежности производственного процесса, а следовательно, и уровня его надежности.

Однако нельзя стремиться к максимальному повышению уровня надежности процесса, так как это повлечет за собой необоснованное завышение затрат. Необходимо найти оптимальный уровень организации процесса, отвечающий требованиям как надежности, так и издержек.

Интересные и полезные результаты по трансформации технической надежности производственных систем получены школой акад. А.А. Гусакова\*. Некоторые обобщенные зависимости характеристик и параметров производства от уровня технической надежности приведены на рис. 5.19, из которого видно, что разработанная имитационная модель является универсальным инструментом исследования организационно-технологических решений, особенно на стадии их проектирования. С помощью модели могут быть не только получены оценки надежности принимаемых проектных решений, но и экономически обоснованы методы производства.

Полученные данные позволяют утверждать, что в условиях вероятностного характера функционирования системы отмечаются следующие закономерности:

- с увеличением продолжительности циклов работ усиливается их влияние на отклонение суммарных циклов производства (см. рис. 5.19, а);
- техническая надежность систем возрастает при совмещении и параллельности выполнения операций (см. рис. 5.19, б);
- характер снижения надежности систем во времени носит общий характер и не зависит от применяемых методов производства (см. рис. 5.19, в);

---

\* *Источник:* Гусаков А.А., Манфред Ю.Б., Прыкин Б.В. Организационно-технологическая надежность строительства. — М.: ББК, 1994. — С. 471.

- имеет место вполне определенный срок строительства промышленных объектов, до которого более надежными являются совмещенные методы возведения подземной и наземной частей объекта и после которого — раздельные (см. рис. 5.19, б);

- существует определенная область возможных отклонений фактических сроков выполнения работ на объекте от нормативных, в пределах которой менее надежными являются раздельные методы, за которой — совмещенные (см. рис. 5.19, в);

- с увеличением количества ресурсов, участвующих в производстве, возрастает уровень надежности, причем имеется вполне определенное количество ресурсов, начиная с которого увеличение их не приводит к существенным запасам уровня надежности (рис. 5.20);

- увеличение количества используемых ресурсов до определенного предела не оказывает существенного влияния на длительность простоев машин и показатель использования ресурсов, однако дальнейшее после этого предела увеличение количества используемых ресурсов приводит к значительным ухудшениям рассматриваемых показателей;

- для каждого производства существует определенное количество ресурсов, при котором стоимость и продолжительность производственного цикла принимают свои рациональные значения и за пределами которого либо сокращается цикл производства при значительном увеличении себестоимости продукта, либо уменьшается себестоимость за счет чрезмерного растягивания производственного цикла, (см. рис. 5.19, в).

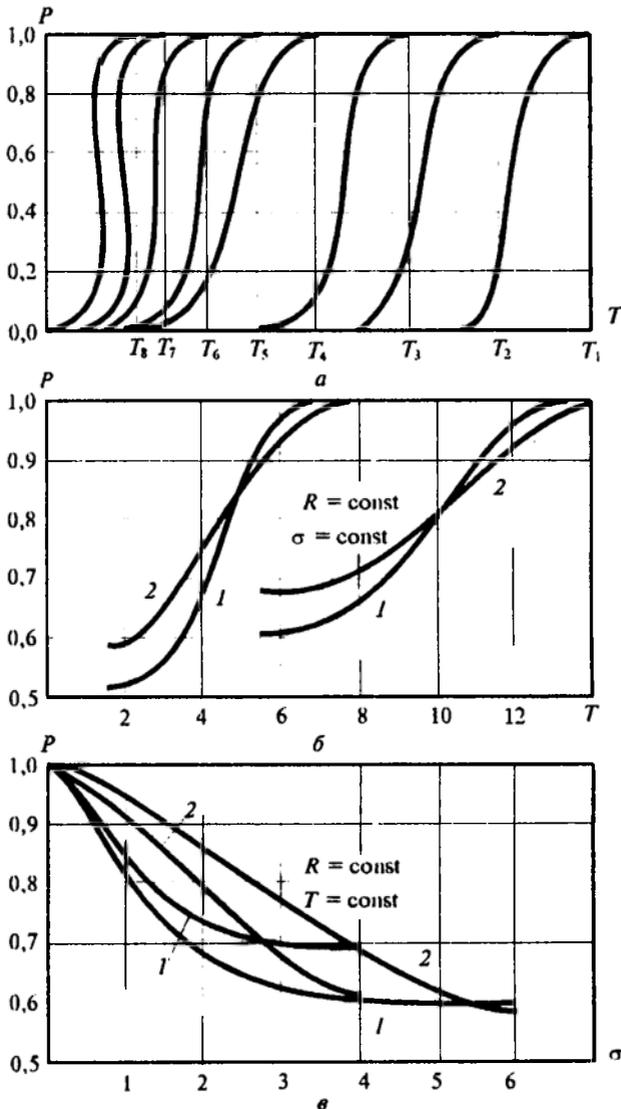
В модели рассматриваются три группы возможных состояний моделируемой системы:

- освободившимся ресурсам не предоставлен фронт работ в объеме свободного участка;

- на каждом из свободных участков предоставлен фронт работ только одному из незанятых ресурсов;

- на свободных участках предоставлен фронт работ для двух и более незанятых ресурсов.

Модель построена таким образом, что блоку управления предшествует блок распознавания состояния системы, причем ввиду строгой ориентации моделируемой системы в любой момент наблюдения за системой ее состояние достаточно полно характеризует «сложившуюся ситуацию», т.е. однозначно определяет характер отношений между открывшимися фронтами работ и незанятыми ресурсами.



**Рис. 5.19.\*** Зависимости организационно-технологической надежности  $P$  от продолжительности циклов (*а*), продолжительности циклов и методов выполнения операций (*б*), дисперсии продолжительности циклов и методов выполнения операций (*в*):  
 1 — отдельные методы; 2 — совмещенные методы

\* Источник: Гусаков А.А., Манфред Ю.Б., Прыкин Б.В. Организационно-технологическая надежность строительства — М.: ББК, 1994 — С. 347.

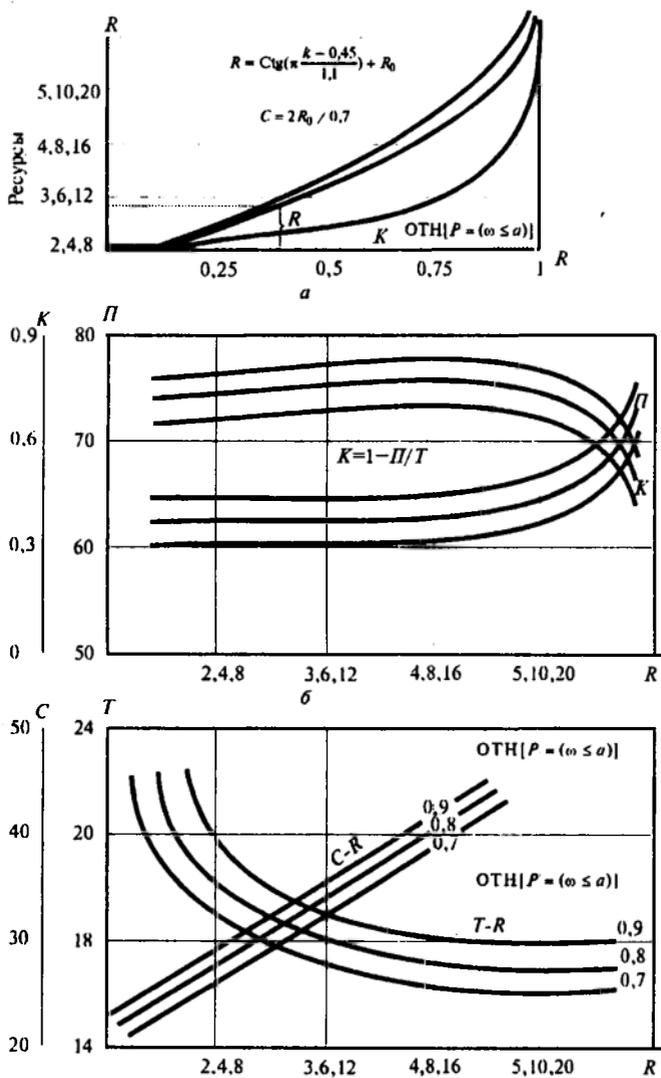


Рис. 5.20.\* Графические модели изменения уровня технической надежности  $R$  систем в зависимости от запасов ресурсов ( $a$ ), использования ресурсов  $K$  и простоев машин  $\Pi$  ( $b$ ), себестоимости продукции  $C$  и продолжительности производственного цикла  $T$  ( $a$ ).

\* Источник: Гусаков А.А., Манфред Ю.Б., Прыкин Б.В. Организационно-технологическая надежность строительства — М.: ББК, 1994 — С. 348.

Описанная имитационная модель производственной системы позволяет не только оценивать (анализировать), но и формировать (синтезировать) при заданном уровне технической надежности оптимальные по выбранному критерию планы производства. Методика синтеза оптимальных календарных планов при заданном уровне технической надежности разработана на основе имитационного и ситуационного моделирования.

#### 5.2.4. Определение рационального уровня надежности технологического процесса (оптимизационные решения)

Уровень надежности технологического процесса определяет степень использования потенциала и является одним из важнейших технико-экономических показателей деятельности предприятия. Производственный потенциал отражает величину основных производственных фондов как активных, так и пассивных, наличие трудовых и материальных ресурсов.

Однако при расчете уровня надежности технологического процесса необходимо обеспечить его оптимальное значение, при котором затраты (издержки)  $S_{пр}$ , связанные с созданием и функционированием системы, должны быть минимальными:

$$S_{пр} = f(Y_{оп}) \rightarrow \min.$$

В качестве критерия оптимизации могут быть приняты минимальные издержки, трудоемкость изготовления, рациональное использование материальных ресурсов и т.д. При этом все виды издержек можно условно подразделить на две группы: возрастающую  $S_{пов}$  и убывающую  $S_{уб}$  при увеличении уровня надежности.

• Затраты  $S_{пов}$ , связанные с повышением уровня надежности  $R$  процесса, являются возрастающей функцией:

$$\frac{dS_{пов}(R)}{dR} \rightarrow \max.$$

К таким затратам можно отнести дополнительные инвестиции, затраты на подготовку кадров, на обеспечение и содержание заделов и др. К этой же группе относятся затраты, обеспечивающие повышение уровня надежности процесса за счет резервирования элементов производства (орудий и средств произ-

водства, предметов труда, трудовых и информационных ресурсов):

✓ увеличение материальных ресурсов, которое способствует повышению надежности технологического процесса, выражается издержками по запасу материалов, деталей, резервных фронтов работ и т. п. (рис. 5.21):

$$Z_{пт} = \Delta Z_{пт} R_{рас},$$

где  $\Delta Z_{пт}$  — удельные издержки заделов производства, руб.;

✓ увеличение орудий и средств производства приводит к росту количественных характеристик надежности, но этого можно добиться не только путем резервирования отдельных машин и устройств, но и путем резервирования быстроизнашиваемых узлов и деталей для них:

$$Z_{ооп} = \Delta Z_{ооп} R_{рас},$$

где  $\Delta Z_{ооп}$  — дополнительные издержки, вызванные наличием резервных машин, руб.;

✓ потенциалоёмкость трудовых ресурсов можно увеличивать путем повышения квалификации рабочих, освоением ими смежных профессий, созданием комплексных бригад, увеличением численности рабочих в бригадах и др.:

$$Z_{тр} = \Delta Z_{тр} R_{рас},$$

где  $\Delta Z_{тр}$  — дополнительные издержки, связанные с повышением квалификации рабочих, обучением их смежным профессиям и т. п.

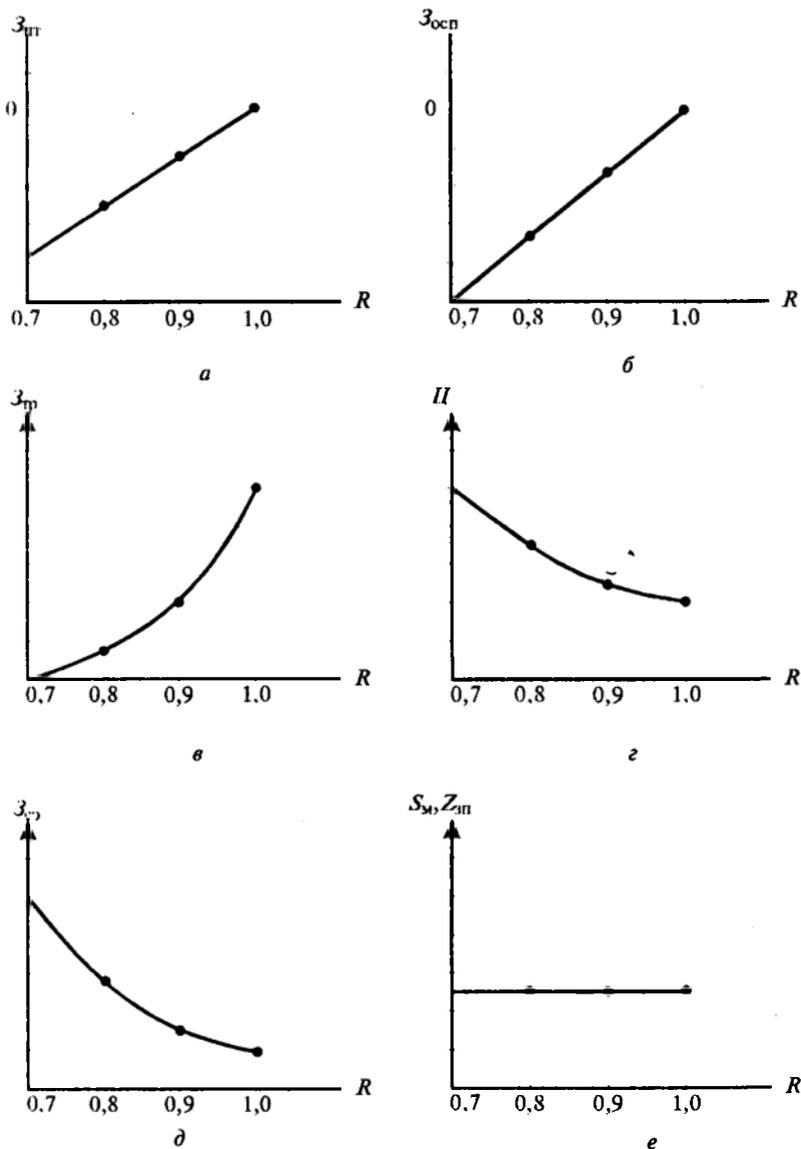
• Издержки  $S_{уб}$ , отражающие снижение себестоимости продукции за счет повышения уровня надежности производства (за счет повышения степени использования машин во времени и по сменности, повышение производительности и т.п.):

$$\frac{dS_{уб}(R)}{dR} \rightarrow \min,$$

или

$$C = \frac{a_1}{R_{рас}} + b_1, \quad (5.4)$$

где  $C$  — себестоимость производства изделий;  $a_1$  — издержки, зависящие от уровня надежности процесса;  $b_1$  — затраты, постоянные на единицу продукции.



**Рис. 5.21. Характер изменения затрат, связанных с увеличением уровня надежности процесса (системы):**

*a, б, в* — увеличение издержек при росте  $R$  на материальные резервы, резервы машин и оборудования и резервы трудовых ресурсов; *г, д* — сокращение цеховых расходов и затрат на содержание и эксплуатацию оборудования; *е* — затраты, не зависящие от  $R$

К изменяющимся затратам  $a_1$  относятся, например, цеховые расходы  $Ц$  и затраты на содержание и эксплуатацию оборудования  $З_{сэ}$ . К постоянным затратам условно можно отнести стоимость материалов  $S_M$  и удельную заработную плату рабочих  $Z_{зп}$ . Тогда уравнение (5.4) принимает вид:

$$C = \frac{Ц + З_{сэ}}{R_{рас}} + S_M + Z_{зп}.$$

При этом общие издержки

$$S_{общ} = S_{пов}(R) + S_{уб}(R).$$

Исследуя уравнение связи на минимум по управляемому показателю  $R$  после дифференцирования, получим оптимальное его значение:

$$\frac{dS_{общ}}{dR} = \frac{d[S_{пов}(R) + S_{уб}(R)]}{dR}.$$

Графическое решение задачи приводится на рис. 5.22.

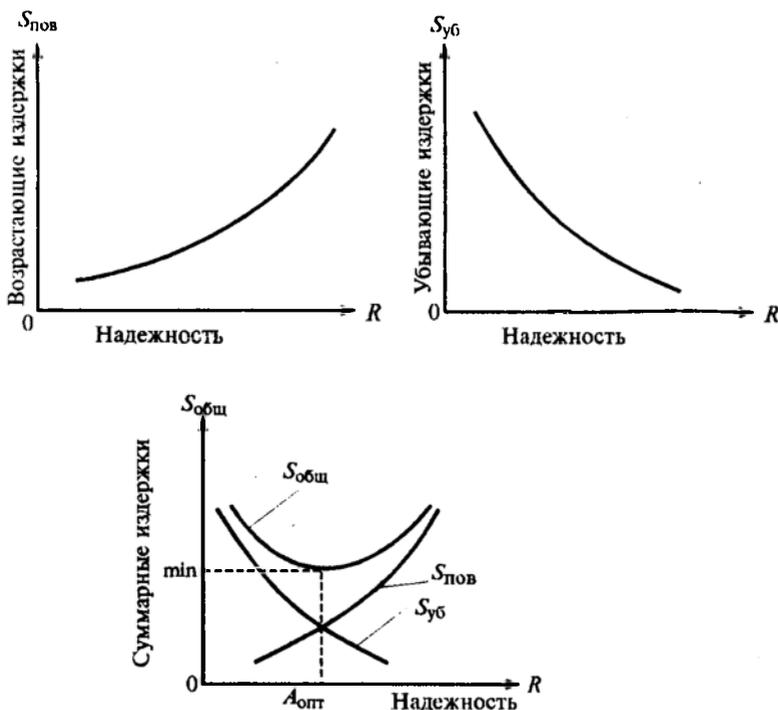


Рис. 5.22. Графическое решение задачи определения оптимального показателя уровня надежности технологических процессов (системы)

Принимаем, что при повышении уровня надежности процесса производства (системы) его количественный показатель  $R$  повышается пропорционально уменьшению длительности цикла производства, что приводит к росту производительности системы:

$$\tau_{цпл} = \frac{\tau_{црас}(R_{пл})}{R_{рас}},$$

или

$$\tau_{цпл} = R_{рас} = \tau_{рас},$$

или

$$\frac{\tau_{цпл}}{\tau_{црас}} = \frac{R_{пл}}{R_{рас}}.$$

При определении оптимального уровня надежности производства может быть записано общее уравнение связи:

$$\mathcal{E}_{общ} = \frac{Ц + 3_{сэ}}{R_{рас}} + \Delta 3_{пт} R_{рас} + \Delta 3_{осп} R_{рас} + \Delta 3_{тр} R_{рас};$$

$$\frac{d\mathcal{E}_{общ}}{dR_{рас}} = \frac{Ц + 3_{сэ}}{R_{рас}^2} + \Delta 3_{пт} + \Delta 3_{осп} + \Delta 3_{тр} = 0.$$

Оптимальное значение уровня надежности

$$Y_{ор}(R_{рас}) = \sqrt{\frac{Ц + 3_{сэ}}{\Delta 3_{пт} + \Delta 3_{осп} + \Delta 3_{тр}}}.$$

Следовательно, оптимальное значение уровня надежности  $R$  может быть установлено путем регулирования резервов по основным элементам технологического процесса: увеличением заделов, резервированием машин, механизмов и узлов, повышением организационных форм рабочих бригад и др.

## 5.3. Достаточность надежности потенциала производственных систем

Потенциалоемкость организации (предприятия) характеризуется величиной элементов производства (источников, средств и запасов), их рациональным сочетанием и развитием во времени в виде динамической целостности всех подсистем, участвующих

в производстве продукции, выходной мощностью, используемой для создания непосредственно продукта, демпфирующей мощностью, поглощаемой при функционировании внутренней структурой системы, и входной мощностью, как суммой выходной и демпфирующей мощностей. Для достижения поставленной цели величина надежности потенциала должна быть **необходимой и достаточной**. **Необходимость** исходит из полноты учета потенциалоёмкости системы на всех этапах ее проектирования, формирования и функционирования, т.е. на протяжении всего жизненного цикла, а **достаточность** обуславливается уровнями входной и выходной мощности системы, необходимых для безусловного достижения поставленных целей (минимальными издержками функционирования системы, выполненным объемом работ, сроками ввода в эксплуатацию объектов и т.п.).

Потенциалоёмкость системы целесообразно определять на всех этапах ее жизненного цикла: при прогнозировании эффективности, расчете зон конкурентоспособности, формировании договорных условий и т.п. Необходимость и достаточность потенциалоёмкости системы устанавливается путем расчета выходной, демпфирующей и входной мощностей системы, которые устанавливаются на стадии проектирования системы.

При проектировании системы необходимо рассчитать достаточность ее потенциалоёмкости для выполнения поставленных целей. Поэтому проектирование системы — это разработка комплекса документов, включающих расчеты, графики, чертежи и таблицы, обеспечивающие рациональную сбалансированность ее потенциалоёмкости с планом работ, с ресурсами, организационно-технологическими решениями, технико-экономическими показателями и другими условиями производственно-хозяйственной деятельности. Получили распространение три подхода к определению потенциалоёмкости: первый — одновременный расчет и разработка документов по всей системе, включая составляющие ее подсистемы и элементы; второй — последовательная разработка подсистем на базе одной из ведущих подсистем; третий — последовательная разработка вначале контура системы в целом, а затем подсистем в отдельности. При этом решаются следующие крупные задачи: разработка сводных процессов на плановый период, установление производственных лагов опережения, определение допустимого и рабочего состояний потенциала системы, классификация основных параметров производства, разработка отдельных подсистем (предприятия и их сбалансиро-

ванность в единой производственной системе, организация технической подготовки производства).

Сводный процесс координирует взаимосвязи всех процессов (основных технологических, вспомогательных технологических и обслуживающих) между собой, а также с производственной и социальной инфраструктурами. Идеальным случаем разработки сводного процесса предприятия на плановый период следует считать такой его вариант, когда достигнута равновесность использования во времени всех видов ресурсов (трудовых, материальных, финансовых и др.) и всех видов работ с определением допустимого минимума продолжительности циклов.

За лаг опережения принимается интервал времени, определяемый с момента проявления какого-либо производственно-технологического события до момента начала его подготовки. Такими лагами могут быть: лаг опережения транспортных работ по сравнению с переделами; лаг опережения проведения производственно-технологической комплектации узлов и изделий по отношению к их транспортированию; лаг опережения изготовления деталей по отношению к их транспортированию и т.п. (рис. 5.23).

Определение допустимого и рабочего состояния потенциальности системы позволяет установить ее коэффициент полезного действия, который может меняться в значительных пределах и зависеть от рационального сочетания характеристик элементов системы (основных факторов производства), от уровня организации производственного процесса, от характеристик материально-технической базы, социальной сферы и временной инфраструктуры.

Следовательно, отдача, т.е. степень использования и источников потенциала системы, может характеризоваться коэффициентом полезного действия, т.е. ее технической надежностью\*.

Начальный организационно-технологический потенциал системы трансформируется по ее главным соотношениям с учетом факторов, характеризующих условия функционирования производственного процесса.

Сбалансированность параметров системы с параметрами сводного потока определяется по максимальному использованию потенциала предприятия. Такой подход к описанию и проектированию системы позволяет проанализировать эффективность взаимосвязей блоков системы на ранних стадиях формирования и функционирования.

---

\* Источник: Манфред Ю.Б., Прыкин Б.В. Организация производства предприятий строительной индустрии. — М.: Стройиздат, 1993.



Рис. 5.23\*. Принципиальная схема проектирования производственной системы с достаточным потенциалом

\* Источник: Балецкий В.С. Программно-целевое совершенствование работы строительных организаций. — Киев: Будивельник, 1987. — С. 162.

Описанный подход к формированию и функционированию социально-производственного потенциала системы является перспективным и позволяет:

- рассчитывать и проектировать структуру организации с достаточным потенциалом для обеспечения достижения поставленной цели;
- описать в явной форме все состояния в период жизненного цикла и этапы трансформации технической мощности системы и ее необходимый и достаточный социально-производственный потенциал;
- выявить ряд характерных состояний системы при ее формировании и функционировании, которые описываются возникающими при этом эффектами и оценкой эффективности, исходя из жизненного цикла объекта;
- определять в каждом состоянии направления, обеспечивающие наилучшее соответствие системы с учетом региональных условий, в том числе путем саморазвития, включения нововведений, создания новых систем и т.п.;
- создать единую базу и нормативы отрасли для оценки эффективности хозяйственной деятельности организаций с результатами их функционирования в процессе возведения объектов, а также единство подходов к управлению производственными затратами;
- создать предпосылки для перехода систем к рыночным условиям, так как итерация расчета трансформации потенциала этих систем даст возможность рассчитать уровень их конкурентоспособности.

Все изложенные соображения показывают необходимость с целью повышения конкурентоспособности систем развивать их гибкость и способность к быстрой адаптации к региональным условиям производства, особенно в рыночных условиях.

### **Вопросы для самопроверки**

1. *Сформулируйте понятие надежности производственно-экономических систем.*
2. *Какими элементами и факторами можно описать производственный процесс? Существенны ли взаимосвязи между ними и влияют ли они на конечный результат?*
3. *Как можно связать надежность системы с ее результативностью и работоспособностью?*
4. *Какими методами можно оценить надежность элементов производства, учитывая их стохастический характер проявления?*

5. В каких условиях экспертная оценка надежности процесса или его элементов будет рациональной?
6. Каким образом устанавливается компетентность эксперта?
7. Как можно охарактеризовать понятия: отказ, наработка на отказ, частота и интенсивность отказов? Используются ли эти параметры для оценки надежности производственных систем?
8. Какие особенности можно выделить в статистических методах оценки надежности?
9. Каково ваше представление об уровне надежности элементов производства?
10. Какая существует взаимосвязь между надежностью и коэффициентом готовности элементов производства?
11. Какие виды взаимосвязей между элементами производства вы знаете?
12. Опишите варианты совмещения работы элементов в системе?
13. Каким образом можно описать сочетание элементов системы во времени?
14. Запишите уравнения готовности производственной системы в зависимости от видов сочетаний (взаимосоединений) ее элементов с учетом и без учета фактора времени.
15. Если элементы производства будут соединены параллельно и последовательно, повлияет ли это на уровень надежности их работы?
16. Какие пути повышения надежности производственной системы вы можете предложить?
17. Эффективным ли является способ резервирования элементов в повышении их надежности?
18. В чем отличие резервирования элементов замещением по временному и материальному видам?
19. Какова роль заделов в повышении надежности систем? Какие виды заделов вы знаете?
20. Как меняются издержки (затраты) производства в зависимости от изменения уровня его надежности?
21. Если использовать различные способы повышения уровня надежности производства, его издержки (затраты) будут возрастать или снижаться?
22. Какие виды задач, которые можно использовать для определения рационального уровня надежности технологического процесса, вы знаете?
23. Какие критерии можно использовать при определении оптимальной надежности систем?
24. Что такое достаточность потенциала производственной системы?
25. Приведите пример принципиальной схемы проектирования производственной системы с достаточным потенциалом.

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ / ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Состав и количественные характеристики экономических показателей производственной системы формируются как на стадии создания предприятия, так и в процессе его эксплуатации, в процессе выпуска продукции. Совокупно эти характеристики представляется возможным определить при оценке жизненного цикла предприятия или иной производственной системы. Функционирующая производственная система может быть оценена показателями ликвидности и платежеспособности, финансовой устойчивости, деловой активности, доходности. И только совокупность этих показателей может характеризовать надежность производственной системы.

Рассмотрим предлагаемый подход к оценке надежности системы по экономическим показателям.

### **6.1. Оценка жизненного цикла производственной системы**

При формировании и функционировании системы с учетом ее потенциальной достоверности результаты можно получить только при учете всех эффектов, возникающих на протяжении ее жизненного цикла. В этом случае основными положениями при оценке эффективности системы при ее возведении или обновлении следует считать:

*комплексных подход*, обеспечивающий достаточный и обоснованный учет внешней и внутренней сред функционирования системы и ее связи с элементами народнохозяйственной сферы;

*динамический подход*, описывающий весь жизненный цикл объекта с учетом его связей с предшествующими и последующими явлениями и процессами возведения или обновления объекта, т.е. соответствующие экономические результаты и затраты по их наиболее существенным частям необходимо учитывать во времени, в динамике на протяжении всего жизненного цикла объекта;

*подход приведения оцениваемых вариантов к сопоставимому виду* по равенству эффектов, по исчислению затрат и результатов, по затратам в смежные отрасли, по единству круга затрат, по учету фактора времени, по воздействию окружающей среды.

Таким образом, при динамической и комплексной постановке можно использовать следующие правила решения задачи: построение модели, обеспечивающей учет затрат и результатов в комплексе и динамике на протяжении всего жизненного цикла объекта и жизненного цикла системы; определение рациональных зон и ограничений изменения затрат и результатов в зависимости от времени создания и обновления объекта; определение рационального уровня надежности системы, которая будет создавать или обновлять объект в конкретных условиях региона; установление соответствия полученных результатов при рациональном уровне надежности системы с учетом граничных условий ее жизненного цикла.

Затраты и результаты в пределах жизненного цикла системы, включая все ее периоды, изменяются во времени под влиянием как условий функционирования системы в период ее строительства, так и в период эксплуатации. Поэтому для оценки эффективности научных и инженерных решений всегда следует исходить из соотношения затрат и результатов на всех периодах жизненного цикла системы, выраженных интегральными критериями. Это можно описать тремя ситуациями.

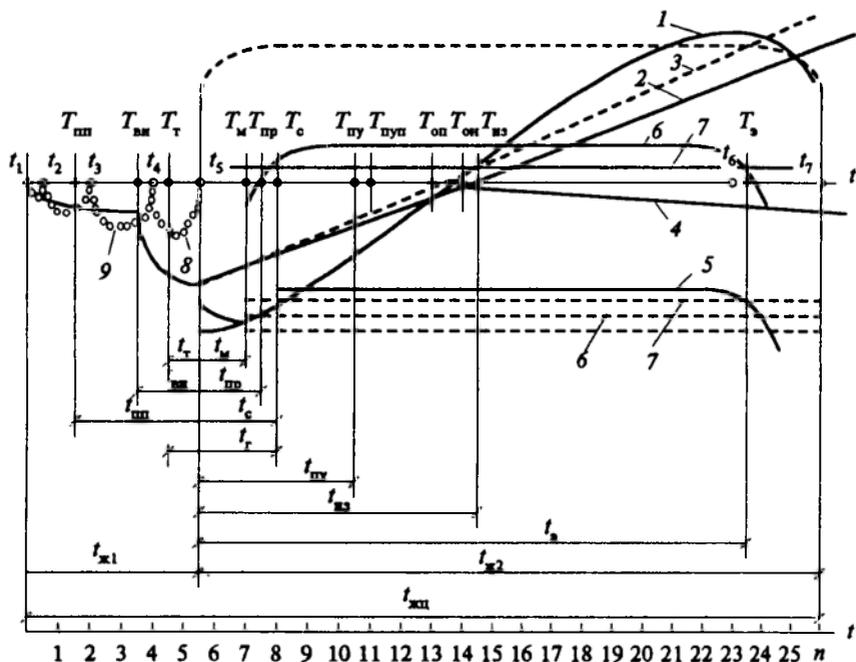
*1-я ситуация:* объект создается в регионе, где отсутствуют ресурсы для его возведения. Все ресурсы поставляются на строительную площадку с головной селитебно-производственной базы. В этом случае создаются условия для сокращения сроков ввода объекта в эксплуатацию ( $T_b \rightarrow \min$ ); увеличивается уровень мобильности системы ( $Y_m \rightarrow \max$ ), что приводит к дополнительным работам; увеличивается сметная стоимость объекта ( $K_{б0} \rightarrow \max$ ) за счет затрат на повышение мобильности системы.

*2-я ситуация:* объект создается в регионе, в котором намечается создание производственных и социальных сфер соответствующей мощности. Все работы, входящие в составляющие жизненного цикла системы выполняются последовательно. В этом случае достигается минимальный уровень мобильности системы; ( $Y_m \rightarrow \min$ ); минимальный объем инвестиций непосредственно в объект ( $K_{bo} \rightarrow \min$ ) и требуются дополнительные инвестиции в производственную и социальную сферы системы ( $K_{no} \rightarrow \max$ ), а следовательно, это приводит к увеличению сроков ввода объекта в эксплуатацию ( $T_b \rightarrow \max$ ).

*3-я ситуация:* объект создается в условиях, которые обеспечивают рациональное сочетание использования головных стационарных, передвижных и региональных селитебно-производственных баз в период выполнения инвестиционного проекта.

Экономическая оценка рассмотренных ситуаций может осуществляться при анализе всех периодов жизненного цикла системы и установления его критических точек (рис 6.1).

На ось времени  $t$  нанесены эпюры нарастающих значений суммы экономического результата в период эксплуатации объекта 1, нормативный эффект от инвестиций 2, кривая роста их отдачи с учетом достижений научно-технического прогресса 3 и величины инвестиций непосредственно в объект 4. Кроме этого, на графике отмечены годовые значения себестоимости продукции, объемы реализации продукции, потоки прибыли и реновационные потоки. При этом критическими точками цикла воспроизводства объекта являются:  $T_{ин}$  — начало организационно-технологической подготовки создания или обновления объекта;  $T_{ви}$  — начало создания временной строительной инфраструктуры;  $T_T$  — проекция центра тяжести эпюры используемых инвестиций;  $T_M$  — достижение проектной мощности объекта;  $T_{пр}$  — начало получения прибыли объектом;  $T_c$  — освоение запроектированного уровня себестоимости продукции, выпускаемой объектом;  $T_{пу}$ ,  $T_{пул}$  — погашение ущерба от нерентабельной работы при освоении мощности;  $T_{он}$ ,  $T_{ол}$  — окупаемость соответственно нормативная и с учетом использования достижений научно-технического прогресса;  $T_{из}$  — начало потерь стоимости за счет морального и технического износа объекта;  $T_3$  — начало угасания объекта.



**Рис. 6.1. Составляющие элементы и критические точки  
жизненного цикла системы (1-я ситуация):**

*эпюры нарастающих значений:* 1 — характеристики накопления от потоков прибыли и амортизации по объекту; 2 — нормативная эффективность инвестиций; 3 — то же с учетом научно-технического прогресса; 4 — потери стоимости под влиянием износа объекта; 8 — образование фондов (капитальные вложения в объект); *эпюры годовых значений:* 5 — себестоимость продукции; 6 — норматив притока прибыли; 7 — норматив реновационных потоков (амортизация); 9 — инвестиции; 10 — реализация продукции

Для анализа жизненного цикла (воспроизводства) объекта следует использовать несколько значений лагов, которые характеризуют отрезки времени проявления критических точек от двух значений жизненного цикла. Такой ключевой точкой считается время ввода объекта в эксплуатацию  $t_3$ . По отношению к ней определяются лаги:  $t_{ш1}$  — подготовки и возведения объекта;  $t_{ш2}$  — создания временной строительной инфраструктуры;  $t_{ш3}$  — средневзвешенной длительности замораживания капитальных вложений;  $t_{ш4}$  — освоения мощности;  $t_{ш5}$  — начала получения прибыли;  $t_{ш6}$  — достижения планового уровня себестоимости продукции;  $t_{ш7}$  — погашения ущерба, понесенного в период освоения мощности;  $t_{ш8}$  — начала морального и технического износа объекта;  $t_{ш9}$  — эффективной его эксплуатации. Особенно важными являются лаги, характеризую-

Допустим, что время начала периода строительства объекта с использованием строительных систем с различным уровнем мобильности одинаково (точки  $t_{11}$ ,  $t_{12}$ ). Дальнейшие критические точки жизненного цикла объекта, функционирующего в 1-й и 2-й ситуациях, не совпадают из-за различающихся значений лагов. Использование строительной системы с возрастающим уровнем ее мобильности приводит к более быстрому вводу в эксплуатацию объекта  $t_{11}$  по сравнению с системой, обладающей сравнительно низким уровнем мобильности  $t_{12}$ . Однако сметная стоимость объекта при 1-й ситуации (кривая 5.1) значительно выше сметной стоимости объекта при 2-й (кривая 5.2). Это, в свою очередь, приводит к изменению сроков освоения мощности  $T_{м1}$ ,  $T_{м2}$  и сроков реализации продукции (кривые 8.1, 8.2) по рассматриваемым вариантам. Более поздний срок ввода объекта в эксплуатацию оказывает влияние на характер темпов окупаемости капитальных вложений с учетом научно-технического прогресса 3.1, 3.2 и время наступления морального и физического износа объекта  $T_{из1}$ ,  $T_{из2}$ .

Эпюра характеристик накоплений от реновационного потока и потока прибыли в начальный период эксплуатации объекта при 1-й ситуации 1.1 имеет худшее значение по сравнению со 2-й ситуацией 1.2 за счет разности капитальных вложений в объект. В дальнейшие периоды эксплуатации темпы этих накоплений из-за разных сроков ввода объекта изменяются и характер кривых 1.1 и 1.2 демонстрирует большую эффективность системы в 1-й ситуации по сравнению со 2-й. Следовательно, для того чтобы оценить рассматриваемые варианты, необходимо сравнить затраты и результаты по всем этапам жизненного цикла, т.е., сохраняя целостность жизненного цикла, соизмерить его параметры в динамике. По методике определения сравнительной эффективности вариантов проведем расчеты затрат и результатов относительно трех различных критических точек жизненного цикла объекта.

1. Базой приведения служит год ввода объекта в эксплуатацию. Условием сопоставимости вариантов является их тождественность по виду получаемой продукции и мощности системы. За критерий оценки вариантов в этом случае принимается наиболее распространенный показатель приведенных затрат:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_{пр1} &= C_1 + E_n K_1; \\ \mathcal{E}_{пр2} &= C_2 + E_n K_2, \end{aligned} \right\} \quad (6.1)$$



В этом же случае могут возникать ситуации, когда необходимо создавать новые мощности строительной организации  $M_1$  или расширять существующую мощность  $M_2$  с  $M'$  до  $M''$ . Тогда необходимо учитывать различные темпы увеличения капитальных вложений в строительную организацию:

$$K_c = f(M_1) = K_{уд} M_1^{-n};$$

$$K_c = f(M_1) = K_{уд} [(M_2'')^{-n} - (M_2')^{-n}],$$

где  $K_{уд}$  — удельные капитальные вложения в строительную организацию;  $n$  — коэффициент, характеризующий изменение темпов удельных инвестиций в зависимости от мощности  $M_i$ .

3. За базу приведения принимается граница жизненного цикла, когда наступает такой момент  $T_3$ , при котором дальнейшая эксплуатация объекта становится неэффективной и требуется его перевооружение или реконструкция. По мере эксплуатации объект физически и морально изнашивается. Возрастают простои из-за отказов, снижается объем выпускаемой продукции (точка  $T_{из}$ ). Для поддержания заданного технического уровня эксплуатируемой системы требуются дополнительные затраты, которые должны быть учтены при расчете сравнительной эффективности по вариантам. Используем методику расчета интегральных приведенных затрат, описанную во втором случае, и определяем их изменение во времени с учетом компенсирующих затрат (табл. 6.3). Расчет и анализ разницы интегральных приведенных затрат за жизненный цикл объекта, введенного при 1-й и 2-й ситуациях, показывает, что в рассматриваемом случае имеются значительные предпосылки для заметного повышения мобильности строительной системы.

Однако могут быть использованы и другие методы оценки эффективности инвестиционных проектов\*, предусматривающие последовательный расчет и выбор *показателей эффективности*, которые служат для оценки реализуемости и определения экономической эффективности инвестиционного проекта, а также для сравнительной оценки нескольких проектов. Показатели эффективности подлежат расчету и обязательному включению в следующие документы, разрабатываемые на предынвестиционной фазе жизненного цикла проекта: обоснование инвестиций, бизнес-план, технико-экономическое обоснование, а также в любые другие документы, связанные с оценкой эффективности инвестиционной деятельности.

---

\* *Источник:* Управление проектами /Н.И. Ильин, И.Г. Лукманова, А.М. Немчин и др.; Под общ. ред. В.Д. Шапиро. — СПб.: «ДваТри», 1996.

где  $C$  — проектная себестоимость годового объема продукции строящегося объекта;  $E_n$  — нормативный коэффициент сравнительной эффективности инвестиций.

За наивыгодный принимается вариант с наименьшей величиной  $\mathcal{E}_{пр}$ .

В связи с тем, что объемы капитальных вложений по рассматриваемым вариантам отличаются уровнем по годам, используем модель дисконтирования, т.е. приведения затрат от более раннего срока освоения капитальных вложений к году ввода объекта в эксплуатацию. Тогда коэффициент приведения

$$B_t = (1 + E_{нп})^{t-1},$$

где  $E_{нп}$  — нормативный коэффициент приведения разновременных затрат.

Тогда интегральные затраты к  $t$ -му году ввода объекта в эксплуатацию с учетом капитальных вложений в  $i$ -м году с учетом выражений (6.1) по вариантам будут следующие:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_{пр1} &= C_1 + E_n \sum_{i=1}^t K_i^+ B_i^+; \\ \mathcal{E}_{пр2} &= C_2 + E_n \sum_{i=1}^t K_i^- B_i^-. \end{aligned} \right\}$$

Для расчета вариантов примем для 1-й ситуации величину инвестиций (см. рис. 6.2, эпюра 5.1) 40 млн руб.; лаг  $t_{ж11}$  — 4 года; проектную себестоимость годовой продукции — 43,2 млн руб. Для 2-й ситуации — величину инвестиций в объект — 35 млн руб.; в базу строительной организации — 25 млн руб.; лаг  $t_{ж12}$  — 5 лет; проектную себестоимость годовой продукции — 39,5 млн руб.

Определяем разницу интегральных затрат по вариантам (табл. 6.1):

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E}_1 &= \mathcal{E}_{пр2} - \mathcal{E}_{пр1} = (39,5 + 0,12 \cdot 69,48) - \\ &- (43,2 + 0,12 \cdot 45,1) = -0,772 \text{ млн руб.} \end{aligned}$$

Если отнести полученную разницу  $\Delta \mathcal{E}_1$ , к величинам  $\sum_{i=1}^t K_i^+ B_i^+$  и  $\sum_{i=1}^t K_i^- B_i^-$ , получим значимость отклонений  $\mathcal{E}_{пр1}$  в процентах:

$$\Delta \mathcal{E}_{пр1} = (0,772 / 45,104)100 = 1,72\%; \quad \Delta \mathcal{E}_{пр2} = (0,772 / 69,48)100 = 1,11\%.$$

## РАСЧЕТ ИНВЕСТИЦИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОБЪЕКТА, МЛН РУБ.

Год	1-я ситуация			2-я ситуация		
	Объем капитальных вложений	Коэффициент дисконтирования $V_{t1}$	Интегральные капитальные вложения	Объем капитальных вложений	Коэффициент дисконтирования $V_{t1}$	Интегральные капитальные вложения
1-й	0,8	1,36	1,088	1,2	1,47	1,764
2-й	1,6	1,26	2,016	3,5	1,36	4,76
3-й	17,0	1,165	19,8	15,0	1,26	18,9
4-й	20,0	1,08	21,6	15,0	1,165	17,47
5-й	0,6	1,00	0,6	16,0	1,08	17,28
6-й	—	—	—	9,3	1,00	9,3
Всего	—	—	—	—	—	69,48

Можно принять, что в обеих ситуациях возведения объекта эффективности практически равны, так как величины  $\Delta \mathcal{E}_{\text{пр}1}$ ,  $\Delta \mathcal{E}_{\text{пр}2}$  находятся в пределах ошибки расчета. Некоторое предпочтение отдается 1-й ситуации. Следовательно, можно прийти к выводу о нецелесообразности повышения уровня мобильности строительной системы при возведении данного объекта. Однако при такой методике расчета сравнительной эффективности вариантов строительства объектов, исходя из дисконтирования только инвестиций, не учитывают динамику затрат и результаты второго и третьего периодов жизненного цикла системы.

2. Определим сравнительную эффективность принятых вариантов строительства (1-я и 2-я ситуации), когда за базу приведения принимается год окупаемости инвестиций (лаги  $t_{\text{пу}1}$ ,  $t_{\text{пу}2}$ ). В этом случае представляется возможным учесть не только их объемы, связанные с возведением объекта, но и динамику накоплений от потоков прибыли и реновационных потоков, которые обеспечивают окупаемость инвестиций. При этом рационально использовать критерий интегральных затрат, запи-

инный в виде, отражающем динамику изменения  $K_i = f(t)$ ,  $C_i = f(t)$ :

$$\mathcal{E}_{\text{пр}1}(t) = C_{1t}T_{\text{ок}1} + \sum_{i=1}^t K_{i1}' B_{i1}';$$

$$\mathcal{E}_{\text{пр}2}(t) = C_{2t}T_{\text{ок}2} + \sum_{i=1}^t K_{i2}'' B_{i2}''.$$

Данный критерий рассматривается как интегральный, приходящий все виды затрат и результатов к году нормативнойкупаемости для 1-й и 2-й ситуаций, соответственно  $T_{\text{ок}1}$ ,  $T_{\text{ок}2}$ .

Учитывая, что окупаемость инвестиций  $K_i$  происходит за лет прибыли  $\Pi_i$ , обозначив возможность создания новых основных фондов с накоплением амортизационных отчислений а реновацию  $A_p$ , интегральный эффект при сравнении вариантов можно выразить так:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^t (\Pi_{i2} + A_{p2} - K_{i2}) - \sum_{i=1}^t (\Pi_{i1} + A_{p1} - K_{i1}) B_{i1}'.$$

Эти выражения идентичны, так как

$$\mathcal{E}_{\text{пр}1}' = \sum_{i=1}^t [\mathcal{U}_{i1} - (K_{i1} + C_{i1} - A_{p1}) B_{i1}'];$$

$$\mathcal{E}_{\text{пр}1}'' = \sum_{i=1}^t [\mathcal{U}_{i2} - (K_{i2} + C_{i2} - A_{p2}) B_{i2}''],$$

е  $\mathcal{U}_i$  — сумма реализации продукции с учетом инфляционных процессов, устанавливаемых прогнозом.

При этом усложняется процедура приведения вариантов в сопоставимый вид по объемам продукции, срокам ее поставки и сбалансированности по другим ресурсам во времени. Проводя анализ составляющих элементов и критических точек жизненного цикла на участке лагов  $t_{ж1}$ ,  $t_{ж2}$ ,  $t_{пу1}$ ,  $t_{пу2}$ , видим, что рассматриваемые варианты не имеют ресурсной сбалансированности ни по одному параметру. Для приведения вариантов в сопоставимый вид используем метод компенсирующих затрат (капитальных и эксплуатационных) при приведении объемов производства. Порядок приведения вариантов в сопоставимый вид с учетом динамики жизненного цикла объекта и расчета компенсирующих затрат сводится к следующему:

- для каждого года  $t_i$  определяется объем необходимой по тому или иному варианту компенсации продукции;
- компенсирующие эксплуатационные (без амортизации) затраты вводятся в состав текущих затрат тех лет, когда необходима компенсация ( $C_t - C_{pc}$ );
- компенсирующие инвестиции вводятся с лагом  $t_{п1}$  ( $t_{п1} = 4$ ;  $t_{п2} = 4,2m$ ) и вычитаются годом позже;
- затраты каждого вида, включая компенсирующие, умножаются на коэффициент приведения  $B_{t_i}$ ;
- рассчитываются интегральные затраты  $\mathcal{E}_{пр}$ .

Расчет разницы интегральных затрат по рассматриваемым вариантам  $\mathcal{E}'_{пр}$ ,  $\mathcal{E}''_{пр}$  с базой приведения — нормативным годом окупаемости капитальных вложений (лаги  $t_{пу1}$ ,  $t_{пу2}$ ) приведен в табл. 6.2. Анализируя эти расчеты, видим, что 2-й вариант (2-я ситуация) менее эффективен:

$$\Delta \mathcal{E}_{пр} = \mathcal{E}''_{пр2} - \mathcal{E}'_{пр1} = 678,53 - 541,74 = 136,79 \text{ млн руб.}$$

Если отнести разницу интегральных затрат к сумме затрат по первому  $\Delta \mathcal{E}'_{пр1}$  и по второму  $\Delta \mathcal{E}''_{пр1}$  вариантам:

$$\Delta \mathcal{E}'_{пр1} = (136,79 / 541,74)100 = 25,25\%;$$

$$\Delta \mathcal{E}''_{пр1} = (136,79 / 678,53)100 = 20,16\%,$$

становится ясным, что повышение мобильности строительной системы при возведении данного объекта намного эффективнее. Следовательно, учет динамики затрат и результатов с приведением их к году нормативной окупаемости смещает границы равной эффективности функционирования строительных систем в сторону повышения уровня их мобильности. При использовании данного метода расчета сравнительной эффективности вариантов требуется прогнозирование изменения объемов реализуемой продукции и ее себестоимости. Но с учетом того, что глубина прогноза незначительная (5—8 лет), заметных ошибок можно избежать.

РАСЧЕТ РАЗНИЦЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЗА ПЕРИОД ОКУПАЕМОСТИ ОБЪЕКТА, МЛН РУБ.

Год	Капитальные вложения $K_i$			Эксплуатационные затраты (без реновационного потока) $C_i - A_p$			Интегральные затраты		Разница интегральных затрат	$B_{t1} / B_{t2}$
	1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация	2-я ситуация		
		прямые	компенсирующие		прямые	компенсирующие				
1	0,8	1,2	14	-	-	-	2,02	41,65	39,63	2,53/2,74
2	1,6	3,5	20	-	-	-	3,74	59,45	55,71	2,34/2,53
3	17,0	15,0	-10	-	-	-	36,72	11,70	-25,02	2,16/2,34
4	20,0	15,0	-24	-	-	-	40,00	-19,44	-59,44	2,00/2,16
5	0,6	16,0	-	39,2	-	16,0	73,63	64,00	-9,63	1,85/2,00
6	-	9,3	-	47,0	-	36,8	80,37	85,28	4,91	1,71/1,85

Окончание табл. 6.2

Год	Капитальные вложения $K_i$			Эксплуатационные затраты (без реновационного потока) $C_i - A_p$			Интегральные затраты		Разница интегральных затрат	$B_{t1} / B_{t2}$
	1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация	2-я ситуация		
		прямые	компенсирующие		прямые	компенсирующие				
7	-	-	-	41,0	45,0	11,5	65,19	96,60	31,41	1,59/1,71
8	-	-	-	37,0	42,0	-	54,39	66,78	12,39	1,47/1,59
9	-	-	-	36,0	41,0	-	48,96	60,27	11,31	1,36/1,47
10	-	-	-	35,0	39,0	-	44,10	53,04	8,94	1,26/1,36
11	-	-	-	34,0	37,5	-	39,44	47,25	7,81	1,16/1,26
12	-	-	-	33,5	36,5	-	36,18	43,07	6,89	1,08/1,16
13	-	-	-	17,0	36,0	-	17,00	38,88	21,88	1,08/1,08
14	-	-	-	-	30,0	-	-	30,00	30,00	-
Всего за период окупаемости	-	-	-	-	-	-	$\sum_{\text{пр}} = 541,7$	$\sum_{\text{пр}} = 678,53$	$\Delta \sum_{\text{пр}} = 136,79$	-

Таблица 6.3

**РАСЧЕТ РАЗНИЦЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ  
ЗА ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ОБЪЕКТА, МЛН РУБ.**

Год	Инвестиции			Эксплуатационные затраты (без реновационного лотжа) $C_1 - A_2$			Интегральные затраты $P_i$		Разница интегральных затрат	$V_t$	Всего $P_2 - P_1$
	1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация ( $P_1$ )	2-я ситуация ( $P_2$ )			
		прямые	компенсирующие		прямые	компенсирующие					
1	0,8	1,2	14	-	-	-	5,92	112,48	14,4	7,40	106,56
2	1,6	3,5	20	-	-	-	10,94	160,74	21,9	6,84	150,00
3	17,0	15,0	-10	-	-	-	99,96	29,40	-12,0	5,88	-70,56
4	20,0	15,0	-24	-	-	-	108,60	-48,87	-29,0	5,45	-157,47
5	0,6	16,0	-	39,2	-	16,0	199,79	160,64	-7,8	5,02	-39,15
6	-	9,3	-	47,0	-	66,8	218,55	-0,90	4,65	-4,18	-4,18
7	-	-	-	41,0	45,0	11,5	176,71	243,50	15,5	4,31	66,80
8	-	-	-	37,0	42,0	-	149,85	170,10	5,0	4,05	20,25
9	-	-	-	36,0	41,0	-	134,64	153,34	5,0	3,74	18,70
10	-	-	-	35,0	39,0	-	120,75	134,55	5,0	3,74	18,70
11	-	-	-	34,0	37,5	-	108,46	119,625	3,5	3,19	11,16
12	-	-	-	33,5	36,5	-	98,49	107,31	3,0	2,94	8,83
13	-	-	-	33,0	36,0	-	90,42	98,64	3,0	2,74	8,22
14	-	-	-	33,0	36,0	-	83,49	91,08	3,0	2,63	7,59

Окончание табл. 6.3

Год	Известными			Эксплуатационные затраты (без реновационного потока) $C_t - A_t$			Интегральные затраты $P_t$		Разница интегральных затрат	$B_t$	Всего $P_2 - P_1$
	1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация	2-я ситуация		1-я ситуация ( $P_1$ )	2-я ситуация ( $P_2$ )			
		прямые	компенсирующие		прямые	компенсирующие					
15				34,0	37,0		79,56	86,58	3,0	2,34	7,02
16				35,0	38,0		75,60	82,08	3,0	2,16	6,48
17				35,5	38,5		71,00	77,00	3,0	2,00	6,00
18				36,0	39,0		66,60	72,15	3,0	1,85	5,55
19				36,5	39,5		62,41	67,54	3,0	1,71	5,13
20				37,0	40,0		58,83	63,60	3,0	1,59	4,77
21				37,5	40,5		55,12	59,53	3,0	1,47	4,41
22				38,0	41,5		51,68	56,44	3,5	1,36	4,76
23				39,0	44,0		49,14	55,44	5,0	1,26	6,30
24				49,0	49,0		46,40	56,84	9,0	1,16	10,48
25				41,0	54,0		44,28	58,32	15,0	1,08	14,04
26				42,0	58,0		42,00	58,00	16,0	—	16,00
Всего за период окупаемости	—	—	—		—	—	$\sum_{пр}^I = 2309,21$	$\sum_{пр}^II = 2540,41$	—	—	$\Delta \sum_{пр} = 241,2$

Показатели эффективности (табл. 6.4) позволяют сопоставить и учесть выгоды и затраты реализации проекта.

*Чистый дисконтированный доход (ЧДД)* — это абсолютный эффект (прибыль) от реализации рассматриваемого проекта. Чем больше ЧДД, тем эффективнее проект, отрицательная величина ЧДД свидетельствует о неприемлемости проекта для инвестора.

*Индекс доходности (ИД)* — это относительная величина эффекта от проекта на единицу затрат. Если  $ИД > 1$ , то проект эффективен. Реализация проекта не принесет дополнительного дохода на вложенный капитал, если  $ИД = 1$ , или обернется убытками, если  $ИД < 1$ .

*Внутренняя норма доходности (ВНД)* определяет максимальную возможную ставку дисконта, при которой проект остается эффективным. Инвестиции в проект считаются оправданными, если ВНД равна или выше ставки дисконта, принятой при расчете ЧДД и ИД:  $ВНД \geq СД$ . Чем ВНД больше, тем проект эффективнее.

*Срок окупаемости* определяет такой момент, когда возвращаются вложенные в проект средства.

Т а б л и ц а 6.4

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА

Показатель	Формула
<i>Чистый дисконтированный доход (ЧДД)</i> — величина превышения выгод от проекта над затратами на его реализацию, приведенных к начальному моменту вложения финансовых средств в проект	$ЧДД = \sum_{i=0}^T \frac{(B_i - Z_i)}{(1 + СД)^i}$
<i>Индекс доходности (ИД)</i> — отношение дисконтированных (приведенных) выгод от проекта к дисконтированным (приведенным) затратам по проекту	$ИД = \frac{\sum_{i=1}^T \frac{B_i}{(1 + СД)^i}}{\sum_{i=1}^T \frac{Z_i}{(1 + СД)^i}}$

Показатель	Формула
Внутренняя норма доходности (ВНД) — такая ставка дисконта, при которой приведенные выгоды равны затратам по проекту	$\sum_{t=0}^T \frac{(B_t - Z_t)}{(1 + \text{ВНД})^t} = 0$
Срок окупаемости (СО) — временной интервал от начала осуществления проекта, необходимый для покрытия затрат по проекту	$\text{СО} = t + \max \left\{ \phi \left  \sum_{t=0}^{\phi} \frac{B_t - Z_t}{(1 + \text{СД})^t} < 0 \right. \right\}$
Обозначения: СД — ставка дисконта; $B_t$ — выгоды от проекта в $t$ -й год; $Z_t$ — затраты по проекту в $t$ -й год; $T$ — продолжительность жизненного цикла проекта.	

Представленные показатели эффективности учитывают фактор времени. Приведение разновременных потоков выгод и затрат по проекту к единому моменту времени осуществляется с помощью коэффициента дисконтирования (КД) :

$$\text{КД}_t = \frac{1}{(1 + \text{СД})^t}.$$

Ставка дисконта, используемая в расчетах, представляет собой норму платы за капитал и включает, как минимум, три составляющие: реальную альтернативную доходность (АД) (или стоимость) капитала для инвестора; так называемую премию за дополнительный риск (ПР) и величину инфляции (ВИ).

Для стран с низким уровнем инфляции формула для определения ставки дисконта выглядит следующим образом:

$$\text{СД} = \text{АД} + \text{ПР} + \text{ВИ}.$$

Для проектов, осуществляемых в странах с достаточно высоким уровнем инфляции, при расчетах в прогнозных ценах ставка дисконта должна учитывать не только саму величину инфляции, но и ее влияние на реальную доходность и премию за дополнительный риск. При этом формула для определения ставки дисконта принимает вид:

$$\text{СД} = \text{АД} + \text{ПР} + (1 + \text{АД} + \text{ПР})\text{ВИ}.$$

Величина дисконта для каждого проекта, каждой организации и ее подразделений может быть различной.

Необходимо иметь в виду, что специфика проекта, а также интересы его участников могут потребовать расчета таких дополнительных показателей эффективности, как приведенные затраты, модифицированная внутренняя норма доходности, точка безубыточности, прибыль в первый год эксплуатации и др.

При сравнении инвестиционных проектов и выборе лучшего из них показатели эффективности могут быть разнонаправленными.

В том случае, когда требуется выбрать один из нескольких альтернативных (взаимоисключающих) инвестиционных проектов (или вариантов), их следует ранжировать по максимальному ЧДД. Для независимых проектов, т.е. в случае, когда проекты могут осуществляться независимо друг от друга, а также при неограниченных финансовых ресурсах или при формировании инвестиционных программ при ранжировании проектов для наиболее выгодного распределения инвестиций следует отдавать предпочтение показателю *ВНД*.

Решение о реализации проекта должно приниматься с учетом значений всех перечисленных показателей, а также интересов всех участников проекта, результатов анализа риска, а также целого ряда факторов, не поддающихся формальному учету.

*Обоснование инвестиций.* Оно проводится с целью детализации и конкретизации замысла заказчика (инвестора), проверки и предварительного обоснования возможностей технической, технологической, материально-трудовой, экономической, организационно-правовой и финансово-экономической реализации исходной идеи инвестиционного проекта. Обоснование инвестиций должно выполняться на многовариантной основе с учетом возможных отклонений прогнозных параметров развития проекта, на основе материалов федеральных и региональных программ структурной перестройки народного хозяйства, научно-технических и комплексных программ, схем развития и размещения производительных сил, генеральных планов городов, населенных пунктов и промышленных узлов, проектов детальной планировки и другой документации.

При этом материалы обоснований инвестиций должны содержать:

- анализ конъюнктуры в отрасли и подотраслях, куда предполагается направить инвестиции, оценку социально-

экономической ситуации в районе предполагаемого строительства;

- оценку емкости рынка (внутреннего и внешнего) сбыта намечаемой к выпуску продукции; требования к качеству продукции и тенденции изменения ее конкурентоспособности; предложения по стратегии маркетинга;

- обоснование оптимальной мощности предприятий и программы выпуска продукции; объемы необходимых ресурсов, источники их получения;

- обоснование технологии, оборудования, строительных и инженерных решений;

- структуру управления проектом; предложения по кадровому составу предприятия;

- обоснование выбранной площадки строительства;

- оценку воздействия на окружающую природную среду;

- мероприятия по обеспечению выполнения экологических ограничений;

- прогноз экологических, санитарно-эпидемиологических, социальных и других последствий от реализации инвестиционного проекта;

- оценку степени риска инвестиций и мероприятий по минимизации возможных потерь;

- оценку коммерческой, бюджетной (при необходимости) и экономической эффективности инвестиционного проекта;

- источники и стратегию финансирования.

Решение о необходимости обоснования инвестиций принимает заказчик. Состав и содержание обоснований инвестиций, а также глубина проработки рассматриваемых в них вопросов зависят от целей и масштаба инвестиционного проекта, сложности объекта инвестирования, условий строительства и других факторов и принимается в каждом конкретном случае по согласованию заказчика и проектной организации. Основным документом, регулирующим все отношения и взаимные обязательства участников разработки обоснований инвестиций, является договор и приложения к нему. Обоснования инвестиции подлежат экспертизе в установленном порядке.

На основании материалов, полученных при обосновании инвестиций, заказчик разрабатывает бизнес-план, представляет в местные органы исполнительной власти ходатайство (декларацию) о намерениях, подготавливает задание на проектирова-

- ние (разработку ТЭО), принимает решение об источниках и объемах финансирования и оформляет разрешение на проведение проектно-изыскательских работ.

## 6.2. Пример финансовой оценки инвестиционного проекта\*

Предпосылки для оценки служат базой для расчета эффективности инвестиционных и текущих затрат, связанных с реализацией производственных проектов, и разработаны на основе методов финансового анализа, используемых в мировой практике при проведении технико-экономических обоснований и подготовке бизнес-плана проекта, с учетом условий хозяйственной деятельности, в том числе системы налогообложения Российской Федерации, и могут быть применены для автоматизации этих расчетов на ЭВМ.

**Основные показатели оценки:** различные виды прибыли, чистый приведенный доход  $W$ , внутренняя норма доходности  $q_0$ , рентабельность (индекс прибыльности) и период окупаемости проекта  $P_{ок}$ .

Для оценки использования заемных средств рассчитываются: доля долга в общей сумме активов; доля долга по отношению к акционерному капиталу; коэффициент покрытия ссудного процента.

**Допущения в расчетах:**

- расчет производится в текущих ценах с инфляционной индексацией при фиксированных ставках налогов;
- не учитываются существующие балансы инициаторов проекта;
- не учитываются возможные отчисления в фонды предприятия (резервный, материального поощрения, социального развития);
- бюджетные отчисления ограничены основными налогами с упрощенным порядком исчисления налогооблагаемой базы;
- упрощен порядок расчета фонда заработной платы, не относимой на себестоимость продукции, расчет производится с использованием коэффициента превышения и текущей минимальной заработной платы;

---

\* *Источник:* Риски в современном бизнесе /М.Г. Грабовой, С.Н. Петрова, С.М. Яровенко и др. — М.: Аланс, 1995.

- не учитывается прогноз колебаний курсов внешних валют по отношению друг к другу;
- используется условное разделение издержек производства на переменные и постоянные;
- не учитываются поступления предприятия от неосновной деятельности.

**Исходные данные:** данные оценки потребительских качеств продукции, рынка сбыта, конкурентов, плана маркетинга, производства, юридического и организационного планов, оценки рисков.

**Определения.** *Основной временной интервал* — определяется исходя из общей продолжительности проекта, требуемой дискретности расчета и принимается равным месяцу, кварталу, году.

*Полный период расчета* — задается исходя из общей продолжительности проекта и кратен основному временному интервалу.

*Денежные единицы расчета* — рубли, базовая валюта, рубли и базовая валюта одновременно.

*Налоги* — учитываются тремя основными видами: налог на прибыль, налог на добавленную стоимость (включая спецналог), суммарный налог на фонд заработной платы (пенсионный фонд, социальное страхование, фонд занятости, медицинское страхование).

*Дисконт* — определяется коэффициентом дисконтирования (ставкой дисконтирования, %) как нормативное приведение разновременных затрат к единому моменту времени при расчете чистого приведенного дохода  $W(NPV)$ .

При назначении коэффициента дисконтирования ориентируются на усредненный уровень ссудного процента и субъективные оценки, основанные на опыте инвестора, с учетом риска.

*Инфляция* — учитывается в виде инфляционного коэффициента на каждую единицу по основному временному интервалу.

## 6.2.1. Состав и учет затрат периода освоения проекта (строительства)

*Период реализации проекта и освоения* включает планируемые сроки землеотвода (при строительстве), проектирования, закупки технологии, машин и оборудования, получения лицензий, сертификатов, выполнения пусконаладочных и специаль-

ных работ, ввода в эксплуатацию проекта, серийное освоение продукции и т.д.

*Стоимость строительства* включает четыре периода жизненного цикла и определяется в текущих ценах, корректируется с учетом ожидаемой инфляции.

*Ввод основных фондов* приводится по рублевым и валютным составляющим по основным временным интервалам.

*Прочие расходы периода освоения* рассчитываются по основным временным интервалам и включают: затраты на социально-бытовые нужды, на получение лицензий, технологическую и организационную подготовку производства, приобретение технологических и транспортных средств, сертификацию продукции, создание дилерской сети, штриховое кодирование.

### **6.2.2. Объем реализации продукции**

Вид продукции, единица измерения, прогнозный объем продаж, цена реализации задаются по каждому виду продукции, планируемой к производству.

*Прогнозный объем продаж* задается на основе маркетинга: общей емкости рынка, наличия неудовлетворенного спроса на планируемые к производству товары (услуги) с учетом социальных, национальных, культурных, климатических, экономических факторов, в том числе уровня доходов потенциальных покупателей, структуры их доходов, сбережений, наличия ранее купленных товаров аналогичного или сходного назначения и т.д.

*Цена реализации* определяется на основании данных о ценах на аналогичные товары и услуги на предполагаемом рынке их реализации.

### **6.2.3. Затраты на производство и реализацию продукции**

*Переменные затраты* прогнозируются на единицу продукции по следующим составляющим:

«сырье и материалы» — содержат затраты на приобретение основного сырья и материалов, непосредственно используемых на изготовление продукции и составляющих ее вещественную основу (в качестве таковых компонентов могут выступать необработанные и полуобработанные);

«покупные изделия и полуфабрикаты» — отражают издержки на покупные изделия и полуфабрикаты, используемые для монтажа или дополнительной обработки, основные металлы, полу-

обработанные материалы, готовые изделия, узлы и компоненты для монтажно-сборочных отраслей;

«*энергозатраты*» — отражают затраты на электроэнергию, топливо всех видов, воду, пар, сжатый воздух, расходуемые на технологические цели;

«*заработная плата*» — формируется из оплаты труда рабочих, служащих, ИТР, непосредственно занятых в производстве, оплаты ежегодных отпусков, отпусков по болезни, подъемных пособий, выплат стимулирующего характера и аналогичных наличных расходов, связанных с наймом и использованием рабочей силы;

«*прочие расходы*» — отражают стоимость обслуживания и ремонта оборудования, ремонта производственных зданий, оплату услуг сторонних организаций, затраты по охране окружающей среды, на подготовку кадров и организационный набор рабочей силы, затраты на проведение испытаний, исследований, содержание лабораторий.

*Постоянные расходы*, не зависящие от объема производства, включают административные расходы (расходы на отопление, освещение, канализацию, водоснабжение и содержание в чистоте административных зданий, канцелярские, почтово-телеграфные и телефонные расходы, расходы на командировки и перемещения), заработную плату основную и дополнительную руководителей и служащих, начисления на фонд заработной платы, сбытовые расходы (на упаковку изделий, транспортировку и погрузку продукции, участие в выставках и рекламу), арендные платежи, плату за пожарную и военизированную охрану и другие расходы.

## 6.2.4. Оборотные средства

Оборотные средства определяются исходя из потребности в запасах сырья и комплектующих, энергоресурсов, запасных частей, готовой продукции, денежных средств, необходимых для производства.

*Запасы сырья и комплектующих* оцениваются на основании среднесуточного расхода и нормы запаса в днях. Норма запаса в днях включает текущий и страховой запасы, а также (при необходимости) время на подготовку производства. Текущий запас рассчитывается как половина интервала между поставками, страховой запас обычно составляет половину текущего.

*Запас готовой продукции* определяется исходя из нормы запаса, которая является суммой времени на формирование и накопление партии, упаковку и маркировку изделий, оформленные документов, и зависит от вида используемых транспортных средств.

*Запас денежных средств* определяется как разность долговых прав к клиентам и долговых обязательств поставщикам (дебетовой и кредитовой задолженностей).

### **6.2.5. Среднегодовой фонд заработной платы**

*Среднегодовой фонд заработной платы (ФЗП)* по предприятию характеризуется коэффициентом превышения фактического ФЗП над ФЗП, относимым на себестоимость продукции и не облагаемым налогом на прибыль.

*ФЗП основных рабочих* рассчитывается как произведение среднегодовой численности основных рабочих с резервом на отпуска, болезни и среднегодовой заработной платы основных рабочих.

*ФЗП руководителей и служащих* рассчитывается как произведение среднегодовой численности руководителей, служащих и среднегодовой заработной платы руководителей и служащих.

Сумма ФЗП основных рабочих и ФЗП руководителей и служащих составляет среднегодовой ФЗП предприятия.

Коэффициент превышения определяется по формуле:

Коэффициент превышения = (Среднегодовой ФЗП предприятия – Среднегодовая численность работающих × Минимальная заработная плата × 12×6)/Среднегодовой ФЗП предприятия.

### **6.2.6. Основные фонды и амортизационные отчисления**

*Амортизационные отчисления* на существующие и создаваемые основные фонды задаются отдельно с начислением средней амортизации, рассчитанной из соотношения амортизационных отчислений на здания и сооружения, соцкультбыт, машины и оборудование, передаточные устройства, транспорт и т.д. Норма амортизационных отчислений задается на основной временной интервал.

## 6.2.7. Источники финансирования

*Собственные инвестиции* включают первоначальные денежные вложения инициаторов проекта.

*Заемные средства* включают займы, по которым выплачивается фиксированный процент (кредиты, привилегированные акции и т.д.). Для заемных средств задаются сумма займа и условия возврата и выплаты процентов и дивидендов по основным временным интервалам.

## 6.2.8. Финансовые и экономические показатели

Финансовая отчетность включает:

*производственную себестоимость продукции* — суммарные расходы на производство и реализацию продукции, рассчитанные на основной временной интервал;

*отчет о прибылях и убытках* — формирование и изменение прибыли от реализации проекта по основным временным интервалам;

*отчет о поступлении и расходе денежных средств* (денежный поток) — финансовый итог деятельности предприятия по основным временным интервалам;

*расчетный баланс* — укрупненный баланс предприятия на конец каждого временного интервала реализации проекта.

Для итоговой оценки эффективности проекта и обеспечения возврата заемных средств определяются следующие показатели:

*рентабельность* (Return On Investment, Return On Equity, Prefitability Index) проекта — рассчитывается по чистой прибыли по отношению к активам, акционерному капиталу, первоначальным инвестициям;

*коэффициент покрытия ссудного процента* (Interests Coverage Ratio) — показывает, во сколько раз прибыль от реализации проекта превышает сумму выплат процентов по кредитам, и рассчитывается как отношение производственной маржинальной прибыли к сумме процентов, выплачиваемых за данный период времени;

*долг по отношению к акционерному капиталу* (Debt to Equity Ratio) — рассчитывается как отношение суммы заемных средств к акционерному капиталу;

*долг по отношению к активу* (Debt Ratio) — отражает долю активов, финансируемых заемными средствами, рассчитывается как отношение суммы заемных средств к активам;

*доля валовой прибыли в объеме реализации* (Gross Profit Margin) (рентабельность продаж) — рассчитывается как отношение валовой прибыли к объему реализации;

*доля чистой прибыли в объеме реализации* (Net Profit Margin) (чистая рентабельность продаж) — рассчитывается как отношение чистой прибыли к объему реализации;

*чистый приведенный доход* (Net Present Value) — рассчитывается как разность дисконтированных чистых поступлений и первоначальных инвестиций;

*внутренняя норма доходности* (Internal Rate of Return) — является расчетной ставкой, при которой доход от инвестиций равен расходам и проект является окупаемым. Рассчитывается из равенства чистой текущей стоимости нулю;

*период окупаемости* (Payback Period) — период, за который прибыль от проекта достигает значения первоначальных инвестиций.

## 6.2.9. Производственная себестоимость продукции

Производственная себестоимость рассчитывается в виде таблицы (табл. 6.5).

*Переменные расходы* рассчитываются как сумма строк «сырье и материалы», «покупные изделия и полуфабрикаты», «энергозатраты», «ФЗП рабочих», «начисления на ФЗП», «прочие».

«Сырье и материалы» рассчитываются по формуле

$$RSIM_t = \sum_{i=1}^n STSIM_{it} \cdot OBP_{it},$$

где  $t$  — временной интервал;  $i$  — вид выпускаемой продукции;  $n$  — количество выпускаемой продукции;  $RSIM_t$  — «сырье и материалы» за временной интервал  $t$ ;  $STSIM_{it}$  — затраты по статье «сырье и материалы» на единицу продукции  $i$ , скорректированные с учетом инфляции на временной интервал  $t$ ;  $OBP_{it}$  — объем продаж продукции  $i$  за временной интервал  $t$ .

## ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ

Показатель	Временной интервал			
	1	2	...	T
<b>Переменные расходы:</b> сырье и материалы покупные изделия и п/фабрикаты энергозатраты ФЗП рабочих начисления на ФЗП прочие <b>Постоянные расходы:</b> административные сбытовые общие <b>Амортизация</b>				
<b>Производственная себестоимость</b>				

«Покупные изделия и полуфабрикаты», «энергозатраты», «ФЗП рабочих», «прочие» рассчитываются аналогично.

«Начисления на ФЗП» рассчитываются как произведение ФЗП на процентную ставку начислений по формуле

$$NACHFZPR_t = RFZPR_t \cdot \frac{NFZP}{100},$$

где  $NACHFZPR_t$  — «начисления на ФЗП» за временной интервал  $t$ ;  
 $RFZPR_t$  — «ФЗП рабочих», рассчитанный за временной интервал  $t$ ;  
 $NFZP$  — «ФЗП рабочих», рассчитанный за временной интервал  $t$ ;  
 $NFZP$  — ставка начислений на фонд заработной платы.

**Постоянные расходы** рассчитываются как сумма строк «административные», «сбытовые», «общие».

«Административные» включают: «заработную плату руководителей и служащих», скорректированную с учетом инфляции на рассчитываемый временной интервал, и начисления на ФЗП руководителей и служащих:

$$ADMIN_t = ADMINR_t + ZPSL_t + NACHFZPSL_t;$$

$$NACHFZPSL_t = ZPSL_t \cdot \frac{NFZP}{100},$$

где  $ADMIN_t$  — «административные расходы» за интервал  $t$ ;  $ADMINR_t$  — расходы по статье «административные расходы», скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $ZPSL_t$  — расходы по статье «зароботная плата руководителей и служащих», скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $NACHFZPSL_t$  — начисления на ФЗП руководителей и служащих за интервал  $t$ .

«Сбытовые» включают расходы по статье «сбытовые расходы», скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ .

«Общие» рассчитываются как сумма расходов по статьям «арендные платежи», «охрана и другие расходы», скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ .

«Амортизация» рассчитывается по формуле

$$AMORT_t = \left( \sum_{t=1}^T VVOSNF_t + \sum_{t=1}^T OSVOEN_t \right) \cdot \frac{NAMORT}{100} + SOSNF \cdot \frac{SNAMORT}{100},$$

где  $AMORT_t$  — «амортизация» за интервал  $t$ ;  $VVOSNF_t$  — введенные основные фонды за интервал времени  $t$ , скорректированные с учетом инфляции;  $OSVOEN_t$  — прочие расходы периода освоения за интервал  $t$ , скорректированные с учетом инфляции;  $NAMORT$  — норма амортизации создаваемых фондов;  $SOSNF$  — балансовая стоимость существующих основных фондов;  $SNAMORT$  — норма амортизации существующих фондов.

«Производственная себестоимость» рассчитывается как сумма строк «переменные расходы», «постоянные расходы» и «амортизация».

## 6.2.10. Прибыли и убытки

Прибыли и убытки показывают чистый результат от производства продукции по временным интервалам и накопленную нераспределенную прибыль предприятия (табл. 6.6).

Таблица 6.6

## ПРИВЫЛИ И УБЫТКИ

№ п/п	Показатель	Временной интервал			
		1	2	...	T
1	Объем реализации				
2	Налог на добавленную стоимость				
3	Переменные расходы				
4	Постоянные расходы				
5	Амортизация				
6	Производственная маржинальная прибыль				
7	Выплата процентов				
8	Валовая прибыль				
9	Налогооблагаемая прибыль				
10	Налог на прибыль				
11	Чистая прибыль				
12	Возврат займа				
13	Нераспределенная прибыль				
14	Накопленная нераспределенная прибыль				

«Объем реализации» рассчитывается как сумма произведений цены реализации на объем выпуска по видам продукции:

$$REAL_t = \sum_{i=1}^n CENA_{it} \cdot OBP_{it},$$

где  $REAL_t$  — «объем реализации» за временной интервал  $t$ ;  $CENA_{it}$  — цена единицы продукции  $i$ , скорректированная с учетом инфляции на временной интервал  $t$ ;  $OBP_{it}$  — объем продаж продукции  $i$  за временной интервал  $t$ .

«Налог на добавленную стоимость» рассчитывается по формуле

$$NDS_t = (REAL_t - \sum_{i=1}^n (NDSPER_{it} \cdot OBP_{it} - NDSPOS_t) \frac{STNDS}{100},$$

где  $NDS_t$  — «налог на добавленную стоимость» за интервал времени  $t$ ;  $NDSPER_{it}$  — оплаченный НДС на единицу продукции  $i$  (переменные расходы), скорректированный с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $NDSPOS_t$  — оплаченный НДС (постоянные расходы), скорректированный с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $STNDS$  — ставка НДС.

«Переменные расходы», «постоянные расходы», «амортизация» рассчитываются по алгоритму.

«Производственная маржинальная прибыль» рассчитывается по формуле

$$PRMARJPR_t = REAL_t - NDS_t - PERR_t - POSR_t - AMORT_t,$$

где  $PRMARJPR_t$  — «производственная маржинальная прибыль» за интервал  $t$ ;  $REAL_t$  — «объем реализации» за интервал  $t$ ;  $NDS_t$  — «налог на добавленную стоимость» за интервал времени  $t$ ;  $PERR_t$  — «переменные расходы» за интервал  $t$ ;  $POSR_t$  — «постоянные расходы» за интервал  $t$ ;  $AMORT_t$  — «амортизация» за интервал  $t$ .

«Выплата процентов» рассчитывается по формуле

$$PROC_t = \sum_{j=1}^k PROC_{jt},$$

где  $k$  — общее количество займов;  $j$  — порядковый номер займа;  $PROC_t$  — «выплата процентов» за интервал  $t$ ;  $PROC_{jt}$  — выплата процентов в денежных единицах займа  $j$  за интервал  $t$ .

«Валовая прибыль» рассчитывается по формуле

$$VALPR_t = PRMARJPR_t - PROC_t,$$

где  $VALPR_t$  — «валовая прибыль» за интервал  $t$ ;  $PRMARJPR_t$  — «производственная маржинальная прибыль» за интервал  $t$ ;  $PROC_t$  — «выплата процентов» за интервал  $t$ .

«Налогооблагаемая прибыль» рассчитывается по формуле

$$NALOBLPR_t = VALPR_t + FZPPR_t - SMR_t - OSVOEN_t;$$

$$FZPPR_t = (RFZPR_t + ZPSL_t) \cdot K_{пр},$$

где  $NALOBLPR_t$  — «налогооблагаемая прибыль» за интервал  $t$ ;  $VALPR_t$  — «валовая прибыль» за интервал  $t$ ;  $FZPPR_t$  — ФЗП, не относимый на себестоимость, за интервал  $t$ ;  $OSVOEN_t$  — прочие расходы периода

освоения за интервал  $t$ , скорректированные с учетом инфляции;  $SMR_t$  — стоимость строительства за интервал  $t$ , скорректированная с учетом инфляции;  $RFZPR_t$  — «ФЗП рабочих» за интервал  $t$ ;  $ZPSL_t$  — заработная плата руководителей и служащих за интервал  $t$ , скорректированная с учетом инфляции;  $K_{пр}$  — коэффициент превышения.

«Налог на прибыль» рассчитывается по формуле

$$NALPR_t = NALOBLPR_t \cdot \frac{STNPR}{100} \quad \text{при } t > L;$$

$$NALPR_t = 0 \quad \text{при } t \leq L,$$

где  $L$  — количество интервалов с начала расчета с освобождением от уплаты налога на прибыль;  $NALPR_t$  — «налог на прибыль» за интервал  $t$ ;  $NALOBLPR_t$  — «налогооблагаемая прибыль» за интервал  $t$ ;  $STNPR$  — ставка налога на прибыль;

«Чистая прибыль» рассчитывается как разность валовой прибыли и налога на прибыль:

$$CHISTPR_t = VALPR_t - NALPR_t,$$

где  $CHISTPR_t$  — «чистая прибыль» за интервал  $t$ ;  $VALPR_t$  — «валовая прибыль» за интервал  $t$ ;  $NALPR_t$  — «налог на прибыль» за интервал  $t$ .

«Возврат займа» соответствует строке возврата основной суммы займов исходных данных:

$$VOZVR_t = \sum_{j=1}^k VOZVR_{jt},$$

где  $j$  — порядковый номер займа;  $k$  — общее количество займов;  $VOZVR_t$  — «возврат займа» за интервал  $t$ ;  $VOZVR_{jt}$  — возврат основной суммы  $j$ -го займа за интервал  $t$ .

«Нераспределенная прибыль» рассчитывается как разность чистой прибыли и расходов по выплате основной суммы займов:

$$NERPR_t = CHISTPR_t - VOZVR_t,$$

где  $NERPR_t$  — «нераспределенная прибыль» за интервал  $t$ ;  $CHISTPR_t$  — «чистая прибыль» за интервал  $t$ ;  $VOZVR_t$  — «возврат займа» за интервал  $t$ .

«Накопленная нераспределенная прибыль» рассчитывается как нераспределенная прибыль накопительным итогом:

$$NAKPR_t = \sum_{i=1}^T NERPR_i,$$

где  $NAKPR_t$  — «накопленная нераспределенная прибыль» за интервал  $t$ ;  $NERPR_t$  — «нераспределенная прибыль» за интервал  $t$ .

## 6.2.11. Поступление и расход денежных средств

Отчет о поступлении и расходе денежных средств (денежный поток, поток наличностей) позволяет оценить, сколько денег и на каком этапе осуществления проекта потребуется. Отчет служит для проверки синхронности поступления и расхода денежных средств и подтверждения будущей платежеспособности предприятия, постоянного наличия на расчетном счете сумм, достаточных для расчета по обязательствам при реализации данного проекта.

*Денежный поток* рассчитывается по временным интервалам исходя из основного равенства:

$$\text{Сумма поступлений денежных средств} - \text{Сумма расходов денежных средств} = \text{Денежный поток}$$

Расчет выполняется в виде таблицы (табл. 6.7). Понятию «денежный поток (Cash Flow)» соответствует строка «сальдо денежных средств».

*Суммарный приход* рассчитывается как сумма строк «от реализации без НДС» и «из источников финансирования».

Строка «из источников финансирования» рассчитывается как сумма поступлений собственных и заемных средств за интервал  $t$ .

$$\text{ISTFIN}_t = \text{SOBSR}_t + \sum_{j=1}^k \text{ZAEM}_{jt}$$

где  $k$  — общее количество займов;  $j$  — порядковый номер займа;  $\text{ISTFIN}_t$  — поступления «из источников финансирования» за интервал  $t$ ;  $\text{SOBSR}_t$  — собственные инвестиции за интервал  $t$ ;  $\text{ZAEM}_{jt}$  — поступление средств  $j$ -го займа за интервал  $t$ .

Строка «от реализации без НДС» рассчитывается по формуле

$$\text{REAL}_t^* = \text{REAL}_t - \text{NDS}_t,$$

где  $\text{REAL}_t^*$  — поступления от реализации без НДС за временной интервал  $t$ ;  $\text{REAL}_t$  — «объем реализации» за временной интервал  $t$ ;  $\text{NDS}_t$  — «налог на добавленную стоимость» за интервал  $t$ .

«Суммарный расход» рассчитывается как сумма строк «переменные расходы», «постоянные расходы», «оборотные

средства», «выплата процентов», «затраты периода освоения», «капвложения», «налог на прибыль», «возврат займа»:

$$\text{SUMRAS}_t = \text{PERR}_t + \text{POSR}_t + \text{OBORS}_t + \text{PROC}_t + \text{KAPVLOJ}_t + \text{NALPR}_t + \text{VOZVR}_t,$$

где  $\text{SUMRAS}_t$  — «суммарный расход» за интервал  $t$ ;  $\text{PERR}_t$  — «переменные расходы» за интервал  $t$ ;  $\text{POSR}_t$  — «постоянные расходы» за интервал  $t$ ;  $\text{OBORS}_t$  — «оборотные средства» за интервал  $t$ ;  $\text{PROC}_t$  — «выплата процентов» за интервал  $t$ ;  $\text{KAPVLOJ}_t$  — «капвложения» за интервал  $t$ ;  $\text{NALPR}_t$  — «налог на прибыль» за интервал  $t$ ;  $\text{VOZVR}_t$  — «возврат займа» за интервал  $t$ .

Т а б л и ц а 6.7

ОТЧЕТ О ПОСТУПЛЕНИИ И РАСХОДЕ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ

Показатель	Временной интервал			
	1	2	...	T
Суммарный приход: из источника финансирования от реализации без НДС				
Суммарный расход: переменные расходы постоянные расходы оборотные средства выплата процентов капвложения налог на прибыль возврат займа				
Сальдо денежных средств (CF)				
Накопленные денежные средства				

«Капвложения» рассчитываются как сумма стоимости строительства и затрат периода освоения:

$$\text{KAPVLOJ}_t = \text{SMR}_t + \text{OSVOEN}_t,$$

где  $\text{SMR}_t$  — стоимость строительства за интервал  $t$ ;  $\text{OSVOEN}_t$  — прочие расходы периода освоения за интервал  $t$ .

«Оборотные средства» рассчитываются по формуле

$$\text{OBORS}_t = \text{ZMAT}_t + \text{ZENER}_t + \text{ZAPCH}_t + \text{ZGOTPR}_t + \text{ZDEN}_t,$$

где  $\text{OBORS}_t$  — «оборотные средства» за интервал  $t$ ;  $\text{ZMAT}_t$  — запас сырья и комплектующих, скорректированный с учетом инфляции на

интервал  $t$ ;  $ZENER_t$  — запас энергоресурсов, скорректированный с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $ZAPCH_t$  — расходы на запасные части, скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $ZGOTPR_t$  — запасы готовой продукции, скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $ZDEN_t$  — запасы денежных средств, скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ .

«Сальдо денежных средств» рассчитывается как разность суммарного прихода и расхода денежных средств:

$$CF_t = \text{SUMPRIN}_t - \text{SUMRAS}_t,$$

где  $CF_t$  — «сальдо денежных средств» за интервал  $t$ ;  $\text{SUMPRIN}_t$  — «суммарный приход» за интервал  $t$ ;  $\text{SUMRAS}_t$  — «суммарный расход» за интервал  $t$ .

«Накопленные денежные средства» рассчитываются как денежный поток накопительным итогом:

$$NCF_t = \sum_{i=1}^T CF_i,$$

где  $NCF_t$  — «накопленные денежные средства» за интервал  $t$ ;  $CF_t$  — «сальдо денежных средств» за интервал  $t$ .

## 6.2.12. Расчетный баланс

Структура расчетного баланса приведена в табл. 6.8 и представляет собой укрупненный баланс предприятия. Прогнозируемый баланс сводится путем повторных финансовых расчетов при помощи «метода пробки», основанного на соблюдении равенства

$$\text{Активы} = \text{Акционерный капитал} + \text{Заемные средства.}$$

Поскольку активы и источники собственных и заемных средств прогнозируются независимо друг от друга, вероятность совпадения актива с пассивом очень мала. Это расхождение получило название «пробки». Когда рост активов прогнозируется более быстро, чем рост обязательств и собственных средств, отрицательную «пробку» устраняют с помощью дополнительного внешнего финансирования. Когда рост активов прогнозируется более медленно, чем рост пассивов, то избыток денежных средств (положительная «пробка») ликвидируется отказом от части заимствований.

Таблица 6.8

## РАСЧЕТНЫЙ БАЛАНС

Показатель	Временной интервал			
	1	2	...	T
<b>Всего активов:</b>				
текущие активы:				
денежные средства				
прочие активы				
основные активы:				
основные средства				
минус: амортизация				
остаточная стоимость основных средств				
незавершенное строительство				
<b>Всего пассивов:</b>				
заемные средства				
акционерный капитал:				
собственные средства				
накопленная нераспределенная прибыль				
<b>Пассив — Актив</b>				

«Всего активов» рассчитывается как сумма текущих и основных активов:

$$\text{AKTIV}_t = \text{TEKAKT}_t + \text{OSNAKT}_t,$$

где  $\text{AKTIV}_t$  — «всего активов» за интервал  $t$ ;  $\text{TEKAKT}_t$  — текущие активы за интервал  $t$ ;  $\text{OSNAKT}_t$  — основные активы за интервал  $t$ .

«Текущие активы» рассчитываются как сумма денежных средств и прочих активов:

$$\text{TEKAKT}_t = \text{DENSR}_t + \text{PRAKT}_t,$$

где  $\text{DENSR}_t$  — денежные средства за интервал  $t$ ;  $\text{DENSR}_t = \text{NCF}_t$  — «накопленные денежные средства» за интервал  $t$ ;  $\text{PRAKT}_t$  — «прочие активы» за интервал  $t$ ;  $\text{PRAKT}_t = \text{OBORS}_t$  — «оборотные средства».

«Основные активы» рассчитываются как сумма остаточной стоимости основных средств и незавершенного строительства:

$$\text{OSNAKT}_t = \text{OSTST}_t + \text{NEZAV}_t,$$

где  $\text{OSNAKT}_t$  — «основные активы» за интервал  $t$ ;  $\text{OSTST}_t$  — «остаточная стоимость основных средств» за интервал  $t$ ;  $\text{NEZAV}_t$  — «незавершенное строительство» за интервал  $t$ .

«Основные средства» включают сумму ввода основных фондов и затрат периода освоения:

$$OSNSR_t = \sum_{i=1}^T VVOSNF_i + \sum_{i=1}^T OSVOEN_i + SOSNF,$$

где  $OSNSR_t$  — «основные средства» за интервал  $t$ ;  $VVOSNF_t$  — ввод основных фондов, скорректированный с учетом инфляции по приведенной ниже формуле на интервал  $t$ ;  $OSVOEN_t$  — прочие затраты периода освоения, скорректированные с учетом инфляции на интервал  $t$ ;  $SOSNF$  — существующие основные фонды.

Инфляционная индексация ввода основных фондов производится с помощью рассчитанного коэффициента  $K$ , а не данных прогноза инфляции:

$$VVOSNF_t = K \cdot \sum_{i=1}^T VVOD_i;$$

$$K = \frac{\sum_{i=1}^T SMR_i}{\sum_{i=1}^T VVOD_i},$$

где  $VVOD_t$  — ввод основных фондов за интервал  $t$ .

«Минус: амортизация» рассчитывается по формуле

$$SAMORT_t = \sum_{i=1}^T AMORT_i + NACHIZN,$$

где  $SAMORT_t$  — амортизация накопительным итогом, что соответствует строке «минус: амортизация» за интервал  $t$ ;  $AMORT_t$  — «амортизация» за интервал  $t$ ;  $NACHIZN$  — начисленный износ существующих основных фондов.

«Остаточная стоимость основных средств» рассчитывается как разность основных средств и амортизации:

$$OSTST_t = OSNSR_t - SAMORT_t,$$

где  $OSTST_t$  — остаточная стоимость основных средств за интервал  $t$ .

«Незавершенное строительство» рассчитывается как разность стоимости строительства и ввода основных фондов:

$$NEZSMR_t = \sum_{i=1}^T SMR_i - \sum_{i=1}^T VVOSNF_i,$$

где  $NEZSMR_t$  — незавершенное строительство за интервал  $t$ ;  $SMR_t$  — стоимость строительства, скорректированная с учетом инфляции на интервал  $t$ .

«*Всего пассивов*» рассчитывается как сумма заемных средств и акционерного капитала:

$$PASSIV_t = ZAEMSR_t + AKAP_t,$$

где  $PASSIV_t$  — «всего пассивов» за интервал  $t$ ;  $ZAEMSR_t$  — «заемные средства» за интервал  $t$ ;  $AKAP_t$  — «акционерный капитал» за интервал  $t$ .

«*Заемные средства*» рассчитываются по формуле

$$ZAEMSR_t = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^k ZAEM_{jt} - \sum_{i=1}^t VOZVR_{t-1},$$

где  $ZAEM_{jt}$  — поступление средств  $j$ -го займа за интервал  $t$ ;  $VOZVR_{t-1}$  — «возврат займа» за интервал  $t-1$ .

«*Акционерный капитал*» рассчитывается как сумма собственных первоначальных инвестиций и накоплений нераспределенной прибыли:

$$AKAP_t = SOBSRP_t + NAKPR_t,$$

где  $AKAP_t$  — «акционерный капитал» за интервал  $t$ ;  $SOBSRP_t$  — «собственные средства» за интервал  $t$ ;  $NAKPR_t$  — «накопленная нераспределенная прибыль» за интервал  $t$ , рассчитывается по алгоритму.

«*Собственные средства*» рассчитываются по формуле

$$SOBSRP_t = \sum_{i=1}^t SOBSR_i + SOSNF - NACHIZN,$$

где  $SOBSRP_t$  — поступление собственных инвестиций за интервал  $t$ .

«*Пассив*» — «*актив*» рассчитывается как разность строк «всего пассивов» и «всего активов».

### 6.2.13. Основные показатели финансовой деятельности предприятия (системы)

Завершающим этапом финансового анализа проекта является расчет основных показателей финансовой деятельности. Результаты расчета сводятся в таблицу (табл. 6.9).

## ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Показатель	Временной интервал		
	<i>t</i>	...	<i>T</i>
Рентабельность активов			
Рентабельность акционерного капитала			
Коэффициент покрытия ссудного процента			
Долг по отношению к акционерному капиталу			
Доля по отношению к активу			
Доля валовой прибыли в объеме реализации			
Доля чистой прибыли в объеме реализации			

Рентабельность инвестиций (индекс прибыльности) .....

Чистый приведенный доход .....

Внутренняя норма доходности .....

Период окупаемости .....

«Рентабельность активов» рассчитывается по формуле

$$ROI_t = \frac{CHISTPR_t}{AKTIV_t},$$

где  $ROI_t$  — «рентабельность активов» за интервал  $t$ ;  $CHISTPR_t$  — «чистая прибыль» за интервал  $t$ ;  $AKTIV_t$  — «всего активов» за интервал  $t$ .

«Рентабельность акционерного капитала» рассчитывается по формуле

$$ROE_t = \frac{CHISPR_t}{AKAP_t},$$

где  $ROE_t$  — «рентабельность акционерного капитала» за интервал  $t$ ;  $CHISPR_t$  — «чистая прибыль» за интервал  $t$ ;  $AKAP_t$  — «акционерный капитал» за интервал  $t$ .

«Коэффициент покрытия ссудного процента» рассчитывается по формуле

$$ICR_t = \frac{PRMARJPR_t}{PROC_t},$$

где  $ICR_t$  — «коэффициент покрытия ссудного процента» за интервал  $t$ ;  $PRMARJPR_t$  — «производственная маргинальная прибыль» за интервал  $t$ ;  $PROC_t$  — «выплата процентов» за интервал  $t$ .

«Долг по отношению к акционерному капиталу» рассчитывается по формуле

$$DER_t = \frac{ZAEMSR_t}{AKAP_t},$$

где  $DER_t$  — «долг по отношению к собственному капиталу» за интервал  $t$ ;  $ZAEMSR_t$  — «заемные средства» за интервал  $t$ .

«Долг по отношению к активу» рассчитывается по формуле

$$DR_t = \frac{ZAEMSR_t}{AKTIV_t},$$

где  $DR_t$  — «долг по отношению к активу» за интервал  $t$ .

«Доля валовой прибыли в объеме реализации» рассчитывается по формуле

$$GPM_t = \frac{VALPR_t}{REAL_t},$$

где  $GPM_t$  — «доля валовой прибыли в объеме реализации» за интервал  $t$ ;  $VALPR_t$  — «валовая прибыль» за интервал  $t$ ;  $REAL_t$  — «объем реализации» за интервал  $t$ .

«Доля чистой прибыли в объеме реализации» рассчитывается по формуле

$$NPM_t = \frac{CHISPR_t}{REAL_t},$$

где  $NPM_t$  — «доля чистой прибыли в объеме реализации» за интервал  $t$ .

«Рентабельность инвестиций» рассчитывается как отношение дисконтированных чистых поступлений от реализации проекта к первоначальным инвестициям. Первоначальные инвестиции рассчитываются по формуле

$$PERVINV = \sum_{t=1}^T \frac{ISTFIN_t}{(1+d)^t - 1} + SOSNF - NACHIZN;$$

$$d = \frac{STDISK}{100},$$

где  $PERVINV$  — первоначальные инвестиции инициатора проекта;  $ISTFIN_t$  — поступления «из источников финансирования» за интервал  $t$ ;  $SOSNF$  — существующие основные фонды;  $NACHIZN$  — начисленный износ существующих основных фондов;  $d$  — коэффициент дисконтирования;  $STDISK$  — ставка дисконтирования в процентах на основной временной интервал.

«Чистые поступления от реализации проекта» рассчитываются как сумма чистой прибыли и начисленной амортизации:

$$POST_t = CHISTPR_t + AMORT_t,$$

где  $POST_t$  — чистые поступления от реализации проекта за интервал  $t$ ;  $CHISTPR_t$  — «чистая прибыль» за интервал  $t$ ;  $AMORT_t$  — «амортизация» за интервал  $t$ .

Тогда *рентабельность инвестиций*

$$PI = \sum_{t=1}^T \frac{POST_t}{(1+d)^t} / PERVINV,$$

где  $PI$  — рентабельность инвестиций (индекс прибыльности).

«Чистый приведенный доход» рассчитывается как разность дисконтированных чистых поступлений от реализации проекта и первоначальных инвестиций:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{POST_t}{(1+d)^t} - PERVINV,$$

где  $NPV$  — чистый приведенный доход.

**Правило NPV:** принимаются проекты, которые имеют положительное значение  $NPV$ .

«Внутренняя норма доходности» рассчитывается численными методами с использованием типовых пакетов прикладных программ или методом подбора по формуле

$$\sum_{t=1}^T \frac{POST_t}{(1+IRR)_t} = PERVINV,$$

где  $IRR$  — внутренняя норма доходности.

**Правило IRR:** принимаются проекты, в которых  $IRR > d$ . В таблице основных показателей внутренняя норма доходности выражается в процентах.

«Период окупаемости»  $PB$  определяется из равенства

$$\sum_{t=1}^{PB} \frac{POST_t}{(1+d)^t} = PERVINV.$$

Необходимо определить величину

$$S_m = \sum_{t=1}^m \frac{POST_t}{(1+d)^t},$$

удовлетворяющую условию

$$S_m < PERVINV < S_{m+1},$$

тогда

$$PB = m + \frac{PERVINV - S_m}{POST_m / [(1 + d)m + 1]}.$$

### **6.3. Оценка надежности экономической деятельности производственной системы**

Надежность экономической деятельности производственной системы — это вероятность того, что экономические функции будут выполняться в полном заданном объеме на протяжении планового периода работоспособности системы. При этом следует исходить из такого положения, что экономические условия работоспособности системы так же обязательны, как и надежность ее технического состояния. Понятно, что производственная система при полной ее готовности не в состоянии достичь заданные цели, если она не будет обладать надежностью своего экономического состояния, т.е. если она не будет обеспечена оборотными средствами, запасами, финансами и т.п. Значит, надежность экономической деятельности производственной системы так же обязательна, как и ее техническая надежность, и задачи системы могут быть выполнены только при их параллельном обеспечении.

Для отражения надежности экономической деятельности можно использовать довольно много расчетных показателей. Но самое главное, с одной стороны, чтобы эти показатели несли конкретный смысл, отражая основные грани работоспособности системы, грани ее функционального соответствующего состояния, и, с другой стороны, чтобы эти показатели можно было выразить в относительных величинах от 0 до 1 и перейти к коэффициентам готовности.

### 6.3.1. Функциональный анализ экономической деятельности производственной системы

Довольно полно экономическую деятельность системы отражают циклами хозяйственной деятельности, функциональным балансом, потребностью в оборотном капитале и денежных средствах.

*Функциональный баланс\** показывает на определенный момент времени источники средств предприятия и направления их использования в основных циклах хозяйственной деятельности. Функциональный баланс абстрагируется от юридической природы отражаемых объектов.

**Циклы хозяйственной деятельности предприятия.** Можно выделить три основных цикла деятельности предприятия: *инвестиционный, текущих операций, денежный*. Каждому циклу, по крайней мере на крупных предприятиях, соответствуют специальные органы управления.

*Цикл инвестиционный* определяется последовательностью инвестиционных и деинвестиционных операций предприятия. Эти операции следуют друг за другом в ритме, который зависит от вида хозяйственной деятельности предприятия и от решений его руководителей. Последние могут, например, высказываться за стратегию быстрого переоснащения материальной базы, которая удержит предприятие в сфере его деятельности на уровне технического прогресса. Применение такой стратегии подразумевает, что потоки затрат финансируются не только из внешних источников, которые специально для этого предназначены, но также и за счет самофинансирования. Эти потоки приводят к увеличению в балансе, с одной стороны, стоимости внеоборотных активов, а с другой — величены постоянного капитала.

*Цикл текущих операций* обычно определяется рекуррентной (возвратной) последовательностью операций по снабжению, производству и сбыту. Средняя продолжительность цикла текущих операций зависит от вида деятельности предприятия, организации этой деятельности, а также отношений, которые предприятие поддерживает со своими клиентами и поставщиками. Вовлеченные в цикл текущих операций потоки средств и

---

\* *Источник:* Коласс Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. — М.: ЮНИТИ, 1997. — С. 350—553.

источников приводят к увеличению в балансе производственных запасов (материалов, товаров, незавершенного производства, готовой продукции), дебиторской и кредиторской задолженности.

*Цикл денежный* характеризуется операциями, связанными с управлением свободными денежными средствами предприятия. Сюда же относятся операции, связанные с покрытием в случае недостатка наличных средств краткосрочных финансовых потребностей предприятия путем привлечения кредитов по мобилизации дебиторской задолженности\*, кредитов без обеспечения\*\*.

Данную методику анализа очень легко использовать, но она совсем не так проста, как кажется:

- во-первых, на предприятиях с длительным производственным циклом (кораблестроение, самолетостроение, общественные работы, кинематография, инженерные разработки) очень трудно точно разделить инвестиционные и текущие операции.

- во-вторых, если понятие цикла, понимаемого как последовательность операций, воспроизводящихся с определенной периодичностью, подходит для описания производственных операций (кроме предприятий с длительным производственным циклом), то это понимание цикла не подходит для описания инвестиционных и финансовых операций и уж совсем не отвечает описанию операций с денежными средствами. При этом надо помнить, что малые и средние предприятия инвестируют свои средства крайне нерегулярно, и поэтому, естественно, трудно говорить об инвестиционном цикле. Точно так же операции с денежными средствами, даже если они полностью отвечают своей функции, не могут быть представлены в цикле.

Таким образом, функциональный анализ опирается на моделирование хозяйственной деятельности предприятия.

Из функционального анализа экономической деятельности производственной системы можно выделить три группы ее состояний, которые автономно могут быть оценены разнообразно

---

\* Указ. соч. Мобилизовать дебиторскую задолженность — значит получить соответствующую денежную сумму в кредит от кредитного учреждения до наступления срока погашения этой дебиторской задолженности. — *Примеч. пер.*

\*\* Необеспеченный кредит может предоставляться предприятию кредитным учреждением для покрытия временного дефицита денежных средств.

ными показателями. К этим группам функционального состояния относятся:

- ликвидность и платежеспособность;
- финансовая устойчивость;
- деловая активность и доходность.

Если данные группы функционального состояния экономической деятельности описать коэффициентами их готовности, то можно легко получить уровень надежности системы, выраженный в экономических показателях.

Каждому из упомянутых функциональных состояний системы соответствует их равновесие по финансам, финансовой устойчивости и экономической доходности. Полное равновесное состояние любой из функций системы соответствует максимальному значению ее надежности ( $P = 1$ ). Допускаем, что по мере отклонения функций от их равновесных состояний надежность снижается ( $P \rightarrow 0$ ).

Рассмотрим подробно каждое из равновесных состояний.

### **6.3.2. Готовность системы к ликвидности и платежеспособности (первое финансовое равновесие)**

В основе расчета надежности экономической деятельности производственной системы лежит ее имущественное состояние.

Имущество  $P$  предприятия состоит\*:

- с одной стороны, из прав собственности и прав долгового требования на все активы  $A_1$ , составляющие традиционный бухгалтерский баланс;
- с другой стороны, из кредиторской задолженности  $D$  (краткосрочная  $D_1$  и долгосрочная  $D_2$ ), отраженной в традиционном бухгалтерском балансе.

Буквенное обозначение этих элементов, согласно принятым бухгалтерским принципам и правилам, позволяет измерить имущество формулой

$$P_1 = A_1 - D, \text{ или } A_1 = P_1 + D.$$

---

\* *Источник:* Коласс Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. — М.: Юнити, 1997. — С. 48—50.

Определение и измерение имущества, собственного капитала иллюстрирует схема бухгалтерского баланса:

Права собственности и права долговых требований ( $A_1$ — активы)	Имущество ( $P_1$ — собственный ка- питал)	
	Кредиторская задол- женность ( $D$ — при- влеченный капитал)	Краткосрочная задолженность $D_1$
		Долгосрочная задолженность $D_2$

Нетрудно понять, что такое представление баланса облегчает изучение финансового равновесия. С точки зрения кредиторов, финансовое равновесие предприятия заключается в вероятности того, может ли предприятие, реализовав все или часть активов, выполнить свои обязательства в срок. Когда такой возможности больше не существует, возникает прекращение платежей. Из этой достаточно интуитивной идеи следует, что поддержание финансового равновесия и уменьшение риска прекращения платежей требуют определенного соотношения между степенью ликвидности активов и степенью возвратности кредиторской задолженности.

Понятие *первого финансового равновесия* (ликвидности и платежеспособности) отражает требования и заботу кредиторов о способности системы с помощью ее ликвидации погасить долги, когда это необходимо.

Чем быстрее актив может быть обращен без потери стоимости в деньги, тем выше его ликвидность. Активы располагают в порядке возрастающей ликвидности: основные средства, запасы, дебиторская задолженность и денежные средства. Существует более общее деление на **внеоборотные и оборотные активы** (запасы, дебиторская задолженность и денежная наличность). Такая классификация не всегда соответствует реальному положению дел, ибо в жизни запасы и дебиторская задолженность могут быть менее ликвидны, чем основные средства.

Производственная система считается *ликвидной*, если ее текущие активы больше, чем краткосрочные обязательства ( $A_1 \gg D_1$ ) и *платежеспособной*, если ее текущие активы больше, чем долгосрочные и краткосрочные обязательства ( $A_1 \gg D$  или  $A_1 \gg D_1 + D_2$ ).

При этом важно учитывать, что для успешного финансового управления деятельностью предприятия наличные (денежные) средства более важны, чем прибыль. Их отсутствие на счетах в банке в силу объективных особенностей кругооборота средств может привести к кризисному финансовому состоянию системы (предприятия). Для оценки изменения степени платежеспособности и ликвидности предприятия нужно сравнивать показатели балансового отчета по различным группам активов и обязательств. На основе этого сравнения определяют аналитические абсолютные и относительные показатели.

Анализ ликвидности и платежеспособности систем осуществляется сравнением средств по активу, сгруппированных по степени их ликвидности и расположенных в порядке убывания ликвидности, с обязательствами по пассиву, сгруппированными по срокам их погашения и расположенными в порядке возрастания сроков. По существу, ликвидность предприятия означает ликвидность его баланса.

Ликвидность активов и срочных обязательств может быть лишь приближенно определена по бухгалтерскому балансу в ходе внешнего анализа. Повышение точности оценки ликвидности баланса происходит в рамках внутреннего анализа на базе данных бухгалтерского учета. В зависимости от степени ликвидности, т.е. скорости превращения в денежные средства, *активы* предприятия подразделяются на следующие группы:

- к наиболее ликвидным активам относятся все денежные средства предприятия и краткосрочные финансовые вложения (ценные бумаги);

- к быстро реализуемым активам относят дебиторскую задолженность; в случае обнаружения в ходе внутреннего анализа иммобилизации по статьям дебиторов и прочих активов на ее величину уменьшается итог быстрореализуемых активов;

- к медленно реализуемым активам относятся запасы сырья, материалов, готовая продукция, товары и затраты в незавершенном производстве, а также задолженность участников по взносам в уставный капитал.

*Пассивы* баланса группируются по степени срочности их оплаты:

- к наиболее срочным обязательствам относятся кредиторская задолженность, расчеты по дивидендам и прочие краткосрочные пассивы;

- к краткосрочным пассивам относятся краткосрочные кредиты и заемные средства;

- к долгосрочным пассивам относятся долгосрочные кредиты и заемные средства;

- к постоянным пассивам относятся статьи IV раздела пассивов баланса в виде капитала и резервов.

Для определения ликвидности баланса следует сопоставить итоги приведенных групп по активу и пассиву. Баланс считается абсолютно ликвидным, если соответствующие статьи актива больше или равны статьям пассива.

К основным показателям ликвидности и платежеспособности системы обычно относятся *показатели первого финансового равновесия*:

- *показатель патримонального чистого оборотного капитала (платежеспособности)*

$$O_x = \frac{\text{Долгосрочные и среднесрочные источники}}{\text{Внеоборотные активы}} = \frac{D_2}{A_1};$$

- *коэффициент общей ликвидности (current ratio)*

$$K_{\text{ол}} = \frac{\text{Оборотные средства}}{\text{Краткосрочная кредиторская задолженность}} = \frac{O_{\text{ср}}}{D_1};$$

- *коэффициент быстрой ликвидности (acid-test or quick ratio)*

$$K_{\text{бл}} = \frac{\text{Дебиторская задолженность} + \text{Денежная наличность}}{\text{Краткосрочная кредиторская задолженность}} = \frac{D_3 + D_{\text{н}}}{D_1}.$$

Допускается расчет показателей ликвидности с учетом денежных средств в кассе, на банковских счетах и в ценных бумагах\*. При этом расчетные формулы претерпевают некоторые изменения.

Для определения первого показателя в качестве ликвидных средств (числителя дроби) берутся денежные средства в кассе, на банковских счетах, а также ценные бумаги, которые могут

---

\* Источник: Грабовой П.Г., Цай Т.Н. Оценка рисков инвестиционных проектов, реализуемых предприятиями строительной отрасли. — М.: Аланс, 1997.

быть реализованы на фондовой бирже. В качестве знаменателя — краткосрочные обязательства. Формула первого показателя ликвидности выглядит так:

$$K_{\text{ол}} = \frac{\text{Денежная наличность}}{\text{Краткосрочная задолженность}} = \frac{D_{\text{н}}}{D_1}$$

Наиболее мобильной частью оборотных средств являются денежные средства и краткосрочные ценные бумаги (последние — в том смысле, что они быстро и без труда могут быть обращены в деньги). Оборотные средства в деньгах готовы к платежу и расчетам немедленно, поэтому отношение этой части оборотных средств к краткосрочным обязательствам предприятия называют *коэффициентом абсолютной ликвидности*. На основе можно получить точную оценку степени ликвидности. Его значение признается теоретически достаточным, если оно достигает 0,20 — 0,25.

Второй показатель отличается от первого тем, что в числителе к ранее приведенной сумме прибавляются суммы краткосрочной дебиторской задолженности, реальной к получению. Таким образом, записывается *промежуточный коэффициент покрытия*:

$$K_{\text{пп}} = \frac{\text{Денежная наличность} + \text{Дебиторская задолженность}}{\text{Краткосрочная задолженность}} = \frac{D_{\text{н}} + D_2}{D_1}$$

При ликвидации дебиторской задолженности и материальных оборотных средств время, необходимое для превращения в деньги различных составляющих оборотных средств, существенно отличается. Материальные оборотные средства неоднородны: ликвидность готовой продукции, товарных и материальных запасов, незавершенного строительного производства существенно различается.

В свою очередь, ликвидность средств, вложенных в дебиторскую задолженность, зависит от скорости документооборота в банках, своевременности оформления банковских документов и других причин. Если на покрытие краткосрочных обязательств мобилизовать средства в расчетах с дебиторами, можно получить промежуточный коэффициент покрытия. Теоретически оправданные оценки этого коэффициента лежат в диапазоне 0,7 — 0,8.

Видимо, нельзя не учитывать того, что оценка общей ликвидности баланса традиционно опирается на понятие чистого

оборотного капитала и различные коэффициенты ликвидности и задолженности, определяемые через *имущественный чистый оборотный капитал*.

Если мы уточняем «имущественный», то только потому, что существует также «функциональный» чистый оборотный капитал, расчет и определение которых серьезно отличаются друг от друга.

В основе понятия *имущественного чистого оборотного капитала* лежит проблема, особенно для кредиторов, может ли предприятие погасить свою краткосрочную задолженность. Поэтому сумму последней сравнивают с суммой оборотных средств. Поступают по-разному, но найденную разницу условились называть *чистым оборотным капиталом*, который используют как показатель риска неплатежеспособности:

$$\text{Чистый оборотный капитал} = \text{Оборотные средства} - \text{Краткосрочная задолженность}$$

Ясно, что имущественное определение баланса позволяет рассчитать чистый оборотный капитал также с помощью верхней части этого баланса:

$$\text{Чистый оборотный капитал} = \text{Постоянный капитал} - \text{Внеоборотные активы}$$

Долгое время важной нормой всей финансовой диагностики было положение, согласно которому имущественный чистый оборотный капитал предприятия — величина положительная. Сегодня большинство финансовых аналитиков согласны, что знание о положительном или отрицательном уровне чистого оборотного капитала почти не имеет смысла, уровень должен интерпретироваться в зависимости от многочисленных переменных и, в частности, в зависимости от характера деятельности предприятия. Однако тут-то и возникает справедливый вопрос: каким должна быть величина чистого оборотного капитала? Большая заслуга функционального анализа состоит в том, что он дает ответ на этот вопрос. Тогда анализ ликвидности и возвратности может быть дополнен, как это принято делать, расчетом так называемых коэффициентов ликвидности.

Чистому оборотному капиталу соответствует *коэффициент общей ликвидности (коэффициент покрытия)*

$$K_{об.л} = \frac{\text{Запасы} + \text{Дебиторская задолженность} + \text{Денежная наличность}}{\text{Краткосрочная кредиторская задолженность}} = \\ = \frac{З + D_3 + D_n}{D_1}.$$

Расчет этого коэффициента, как, впрочем, и показателя чистого оборотного капитала, опирается на гипотезу, согласно которой запасы могут быть реализованы вовремя для того, чтобы погасить краткосрочную кредиторскую задолженность. Эта гипотеза часто спорна, так как ликвидность запасов очень переменчива. Поэтому большинство аналитиков предпочитает коэффициенту общей ликвидности *коэффициент быстрой ликвидности*, числитель которого содержит только дебиторскую задолженность и денежную наличность:

$$K_{б.л} = \frac{\text{Дебиторская задолженность} + \text{Денежная наличность}}{\text{Краткосрочная кредиторская задолженность}} = \\ = \frac{D_3 + D_n}{D_1}.$$

Платежеспособность предприятия (системы) показывает его способность погасить долгосрочную задолженность своими средствами при наступлении срока платежа. В этом случае платежеспособность измеряется с помощью *коэффициента платежеспособности*

$$K_{пл} = \frac{\text{Краткосрочная задолженность} + \text{Долгосрочная задолженность}}{\text{Собственный капитал}} = \\ = \frac{D_1 + D_2}{P_1}.$$

Коэффициент платежеспособности характеризует наличие собственных оборотных средств у предприятия, необходимых для его финансовой устойчивости. Значение коэффициента считается достаточным, если  $K_{пл} < 0,5$ .

Как отмечает Б. Коласс, интерпретация этих коэффициентов, как и всякого подобного им, должна быть дополнительно оговорена. И действительно, если предположить, что  $K_{пл}$  намного меньше 1, то это может стать сигналом о трудностях с платежами в настоящем или будущем периоде, но это также может означать, что предприятие умеет управлять своей денежной наличностью и не хранит бесполезные и дорогостоящие ликвидные средства.

Оценка ликвидности предприятия, осуществляемая с помощью чистого оборотного капитала и коэффициентов, полностью статична и сводится к рассмотрению предприятия в определенной ситуации: все ликвидные активы в данный момент рассматриваются как средства погашения задолженности; в действительности предприятие использует свои денежные потоки для осуществления платежей во временной перспективе. Кроме того, из анализа расчетных коэффициентов ликвидности и платежеспособности производственной системы видно, что они имеют различные, а следовательно, несовместимые относительные значения. Некоторые из них ограничены диапазонами от 0 до 0,25, другие от 0,25 до 0,5, третьи от 0,7 до 0,8 и т.д. Все это можно объяснить принятой в практике гипотезой анализа, основанного на принципах бухгалтерского учета. Рассмотрим результаты, которые можно получить при формировании коэффициента ликвидности при первом финансовом равновесии. Оно основано на логике анализа традиционного бухгалтерского баланса. Здесь может быть получено два противоположных по значению результата.

В первом случае при соизмерении отношений анализируемых частей баланса максимальный результат может равняться единице. Формально получен ответ — производственная система ликвидна на 100%, но одновременно она может быть и полностью недееспособна. В случае расчета по кредиторской задолженности за счет ликвидации активов собственник системы остается при нулевом варианте и не может продолжать своей производственной деятельности. Его надежность стремится к нулю.

Во втором случае, если оценка ликвидности рассчитывается по разности сопоставляемых частей баланса, то коэффициент ликвидности будет равен нулю. Следовательно, возникает формальный парадокс — система ликвидна по финансам, но при этом, после выполнения своих анализируемых условий, ее готовность к действиям при первом финансовом равновесии равна нулю. Такое разночтение анализа не случайно, оно вызвано тем, что аналитики идут по пути сопоставления одновременно изменяющихся частей баланса, не используя какой-либо базы сравнения, имеющей постоянное значение (const).

Выдвигаем гипотезу о введении дополнительного коэффициента готовности производственной системы к экономическим действиям по финансовому равновесию всех трех состояний на основе постоянной относительной базы сопоставления.

Интерпретируем такой расчет следующим образом. Например, исходя из условий имущественного состояния системы, которое описывается уравнением

$$A_1 = P_1 + D,$$

принимаем за постоянную базу сопоставления для данного анализа сумму  $P_1 + D$ , которую приравниваем единице:

$$P_1 + D = 1.$$

Допустим, что ставится задача по определению коэффициента готовности системы к экономическим действиям по первому финансовому равновесию, например по ее ликвидности. Тогда коэффициент готовности системы с учетом ее ликвидности определяется путем соотношения собственного капитала  $P$  и постоянной базы сопоставления:

$$K_{\text{гл}} = \frac{\text{Собственный капитал}}{\text{Собственный капитал} + \text{Кредиторская задолженность}} = \\ = \frac{P_1}{P_1 + D}.$$

Из уравнения видно, что коэффициент готовности (и надежности) системы к действиям возрастает по мере снижения кредиторской задолженности при постоянном активе, т.е.  $D_1 \rightarrow 0$ , а  $K_{\text{гл}} \rightarrow 1$ .

Одновременно при предлагаемом методе оценки готовности для всех расчетных коэффициентов получены равные и сопоставимые диапазоны их значений, которые измеряются от 0 до 1.

Записываем следующие уравнения связи:

- по коэффициенту готовности системы к действиям с учетом общей ликвидности:

$$K_{\text{г.обл}} = \frac{3 + D_3 + D_{\text{н}}}{D_1 + 3 + D_3 + D_{\text{н}}};$$

- по коэффициенту готовности системы к действиям с учетом ограниченной ликвидности:

$$K_{\text{г.ол}} = \frac{D_3 + D_{\text{н}}}{D_1 + D_3 + D_{\text{н}}};$$

- по коэффициенту готовности системы к действиям с учетом ее платежеспособности:

$$K_{\text{г.пл}} = \frac{D_1 + D_2}{СК},$$

где СК — собственный капитал.

При необходимости анализа интегральной готовности производственной системы к действиям с учетом ее ликвидности и платежеспособности, т.е. при первом финансовом равновесии, она может быть найдена на основе принципов надежности при параллельном сочетании событий (рис. 6.3.)

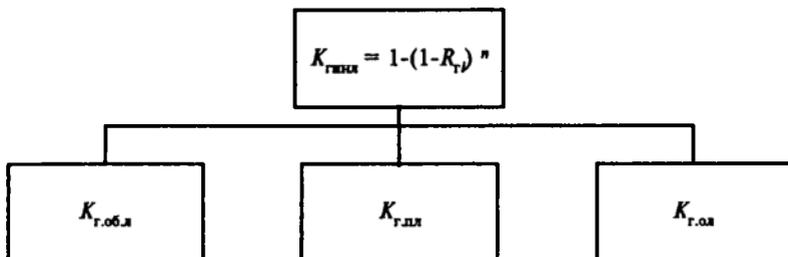


Рис. 6.3. События надежности систем

### 6.3.3. Готовность системы к финансовой устойчивости (второе финансовое равновесие)

*Второе финансовое равновесие* заключается в способности производственной системы поддерживать функциональное равновесие между источниками средств и их использованием, учитывая стабильность и предназначение первых и вторых.

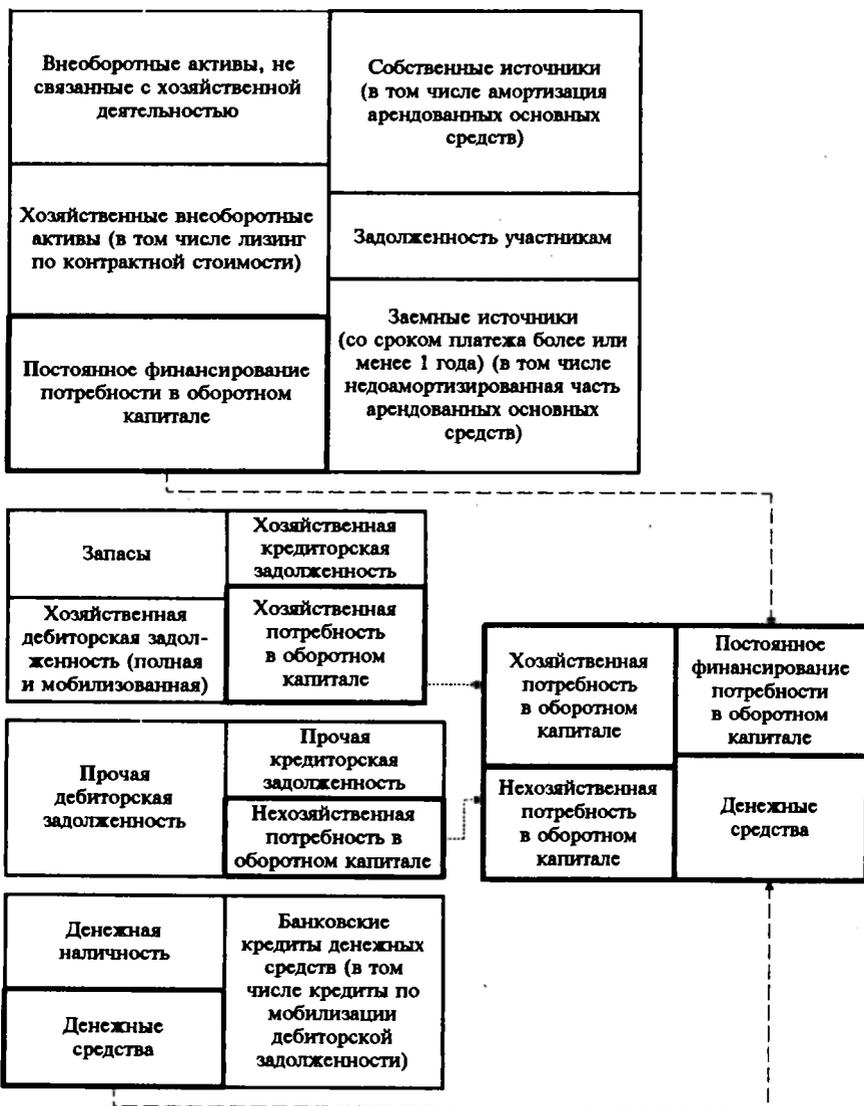
Функциональное равновесие взаимосвязано с понятием структуры функционального баланса и его графическим представлением.

**Структура функционального равновесия (баланса).** Функциональный баланс должен показывать на определенный момент времени средства и их источники в каждом из трех циклов хозяйственной деятельности предприятия. Для каждого цикла может быть определен соответствующий показатель равновесия: функциональный чистый оборотный капитал для инвестиционного цикла, потребность в оборотном капитале для цикла текущих операций, денежные средства для цикла денежных операций (табл. 6.10).

Взаимосвязи и структура функционального равновесия представлены на рис. 6.4.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

**ИСТОЧНИКИ**



**Рис. 6.4. Схема функционального равновесия\***

\* Источник: Banque de France, 1982.

## ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО БАЛАНСА

Цикл	Использование средств	Источники	Соответствующий показатель
Инвестиционные операции	Первоначальная стоимость внеоборотных активов	Собственные источники (сюда включаются средства самофинансирования); займы	Функциональный чистый оборотный капитал
Текущие операции	Запасы; дебиторская задолженность, связанная с хозяйственной деятельностью; прочая дебиторская задолженность	Кредиторская задолженность, связанная с хозяйственной деятельностью; прочая кредиторская задолженность	Потребность в чистом оборотном капитале
Денежные операции	Наличные денежные средства	Банковские кредиты	Денежные средства

Графическое представление о функциональном равновесии дает рис. 6.5, на котором показаны состояние и изменение денежных средств в виде потребности в оборотном капитале и чистом оборотном капитале. При этом состояние и изменение денежных средств считается положительным (+), если денежная наличность превышает банковские кредиты, и отрицательным (-), если денежная наличность меньше объема банковских кредитов.



Рис. 6.5. Изменение чистого оборотного капитала и потребности в оборотном капитале во времени

**Функциональный чистый оборотный капитал.** По Б. Колассу функциональный чистый оборотный капитал измеряется как разница между постоянными источниками предприятия и их использованием на инвестирование:

$$\begin{array}{l} \text{Функциональный} \\ \text{чистый оборотный} \\ \text{капитал} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Постоянные} \\ \text{источники} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Инвестиционное} \\ \text{использование} \\ \text{средств} \end{array}$$

$$\Phi_{ок} = \Pi_{и} - И,$$

взаимосвязи которых представлены на рис. 6.6.

Показатель  $\Phi_{ок}$  характеризует влияние инвестиционного цикла на общее финансовое равновесие. Если функциональный чистый оборотный капитал имеет положительное значение, то часть постоянных источников высвобождается для финансирования текущей деятельности; в противном случае финансирование инвестиций только частично обеспечивается за счет этих источников.

<b>ИНВЕСТИЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ И</b>	<b>ПОСТОЯННЫЕ ИСТОЧНИКИ <math>\Pi_{и}</math></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Собственный капитал <math>P_i</math>: внешний внутренний</li> <li>• Долгосрочные и среднесрочные займы <math>D</math></li> </ul>
<b>Функциональный чистый оборотный капитал <math>\Phi_{ок}</math></b>	

Рис. 6.6. Функциональный чистый оборотный капитал

Инвестиционное использование средств и постоянные источники связаны следующими закономерностями:

- разница между патримональным (имущественным) и функциональным чистым оборотным капиталом характеризуется главным образом невозвратными (постоянный капитал) и постоянными источниками;
- в имущественной (патримональной) системе возвратность источников оценивается на дату составления баланса, и из постоянного капитала исключают, например, часть займов со сроком менее одного года. В функциональной системе возвратность источников оценивается на дату возникновения или

дату накопления этого источника и, следовательно, если снова взять предыдущий пример, то в состав постоянных источников необходимо включить часть займов со сроком менее одного года.

*Анализ ликвидности и функциональный анализ* — эти два прочтения баланса происходят от различных концепций предприятия и его финансового равновесия, однако эти концепции не должны противопоставляться друг другу. Противоречия заключается в том, что во многих отраслях инвестиционный цикл (цикл накопления) достаточно продолжительный, а цикл текущих операций — короткий. Этим объясняется то, что между суммами имущественного и функционального чистого оборотного капитала, как правило, различия минимальны. Но на тех предприятиях, где цикл текущих операций относительно длительный, между указанными суммами могут возникнуть значительные различия.

**Потребность в оборотном капитале.** Чистая потребность в оборотном капитале связана с текущими операциями с учетом запасов  $Z$ , общей дебиторской задолженности  $D_z$ , включая небанковские кредиторские задолженности  $D_{нз}$ .

Потребности в текущем финансировании разделены на две части: циклическую  $Ц_{п}$  — непосредственно связанную с хозяйственным циклом, и ациклическую  $АЦ_{п}$  — независимую от цикла. Тогда общая потребность в оборотном капитале

$$\begin{array}{ccc} \text{Общая} & & \text{Циклическая} & & \text{Ациклическая} \\ \text{потребность} & = & \text{потребность} & + & \text{потребность} \\ \text{в оборотном} & & \text{в оборотном} & & \text{в оборотном} \\ \text{капитале} & & \text{капитале} & & \text{капитале} \end{array}$$

$$P_{\text{об.к}} = Ц_{п} + АЦ_{п}.$$

В этом случае циклическую потребность можно представить схемой и блоком взаимосвязей (рис. 6.7):

$$\begin{array}{ccc} \text{Циклическая} & & \text{Хозяйственная} & & \text{Хозяйственная} \\ \text{потребность} & = & \text{дебиторская} & - & \text{кредиторская} \\ \text{в оборотном} & = & \text{задолженность} & & \text{задолженность} \\ \text{капитале} & = & & & \\ \text{(хозяйственная)} & = & \text{Запасы} + & & \end{array}$$

$$Ц_{п} = Z + D_{зд} - D_{кз}.$$

Запасы $Z$	Хозяйственная кредиторская задолженность $D_{y2}$
Хозяйственная дебиторская задолженность $D_{xд}$	Циклическая потребность в оборотном капитале $Ц_{п}$

Рис. 6.7. Циклическая потребность в оборотном капитале

Ациклическая потребность в оборотном капитале имеет следующую структуру:

$$\begin{array}{l} \text{Ациклическая} \\ \text{потребность} \\ \text{в оборотном} \\ \text{капитале} \\ \text{(нехозяйственная)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Прочая} \\ \text{дебиторская} \\ \text{задолженность} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Прочая} \\ \text{кредиторская} \\ \text{задолженность} \end{array}$$

Взаимосвязи ациклической потребности представлены блоком (рис. 6.8).

Прочая дебиторская задолженность	Прочая кредиторская задолженность
	Ациклическая потребность в оборотном капитале

Рис. 6.8. Ациклическая потребность в оборотном капитале

Потребность в оборотном капитале можно разделить на две части: первая — устойчивая часть — названа *структурной потребностью*; вторая — неустойчивая часть — названа *конъюнктурной потребностью* (рис. 6.9.)



Рис. 6.9. Краткосрочная потребность финансирования (в динамике)

Структурная потребность в оборотном капитале относительно постоянна по временному параметру, тогда как конъюнктурная — подвержена сезонным или случайным колебаниям. Такое различие важно с точки зрения особенностей финансирования этой потребности: полагают, что структурная часть должна финансироваться за счет постоянных источников, за счет чистого оборотного капитала, а конъюнктурная — за счет временных источников, например за счет краткосрочных банковских кредитов. В таком понимании текущая финансовая потребность только частично является потребностью в оборотном капитале, т.е. выступает как устойчивая потребность.

При достаточно большом различии между структурной и конъюнктурной потребностями их разграничение затруднительно, так как само определение их очень приблизительно. И наконец, надо заметить, что этот подход не совпадает с предыдущим (циклическая и ациклическая потребности), однако принято отмечать, что нехозяйственная потребность в оборотном капитале менее стабильна, чем хозяйственная.

**Денежные средства.** Все изложенное направлено к тому, чтобы изучение финансового равновесия было основано на сравнении между функциональным чистым оборотным капиталом и потребностью в нем — именно это и предлагали в самом начале 70-х годов три банкира — Менье, Бароле и Бульме — путем введения нового понятия — денежные средства.

**Денежные средства** — это показатель, сопоставляющий чистый оборотный капитал и потребность в оборотном капитале (потребность в текущем финансировании). Он измеряется как разность:

$$\text{Денежные средства} = \text{Чистый оборотный капитал} - \text{Потребность в оборотном капитале}$$

$$D_{\text{нс}} = K_{\text{оч}} + K_{\text{по}}$$

Это выражение, названное финансовым равновесием, отражает всего лишь мгновенное расчетное равенство, постоянно меняющееся во времени в зависимости от нарушения равновесия, возникающего между чистым оборотным капиталом и потребностью в оборотном капитале.

Понятие денежных средств отличается от понятия кассовой наличности, или денег. Бухгалтерское балансовое уравнение определяет кассовую наличность как равную денежным средствам, увеличенным на банковские кредиты (рис. 6.10):

$$\begin{array}{rcccl} \text{Кассовая} & & \text{Денежные} & & \text{Банковские} \\ \text{наличность} & = & \text{средства} & + & \text{кредиты} \end{array}$$

$$D_H = D_{HC} + D_B.$$

Отсюда следует, что

$$\begin{array}{rcccl} & & \text{Кассовая} & & \\ & & \text{наличность} & & \\ \text{Чистые} & & \text{(денежные} & & \text{Банковские} \\ \text{денежные} & = & \text{средства} - & - & \text{кредиты} \\ \text{средства} & & \text{брутто)} & & \end{array}$$

$$D_{HC} = D_{HC} - D_B.$$

Денежные средства (которые иногда называют *чистыми* или *нетто*), равны, следовательно, кассовой наличности (которая составляет денежные средства — *брутто*) минус банковские кредиты; и они совпадают с кассовой наличностью только в том случае, если предприятие не нуждается в текущих банковских кредитах для поддержки своего финансового равновесия.

Кассовая наличность (наличные деньги) $D_H$	Банковские кредиты $D_B$
Денежные средства $D_{HC}$	

Рис. 6.10. Денежные средства (здесь  $< 0$ )

*Управление денежными средствами* трактует денежные средства как зависимую переменную величину, уровень которой зависит от равенства между чистым оборотным капиталом и потребностью в оборотном капитале, т.е. увязывает его с инвестиционным циклом и циклом текущих операций, что приводит к отрицанию существования цикла и автономного управления денежными средствами. В таком случае идеальной целью предприятия в сфере управления денежными средствами долж-

на быть нулевая кассовая наличность. Так скрывается беспокорство по поводу возможно дефицита платежей, которое испытывает большинство финансовых директоров. В частности, на крупных предприятиях денежные средства становятся все более значимой функцией, без учета которой нельзя достичь реализации намеченных стратегических целей.

При анализе ликвидности и возвратности следует учитывать основные части баланса по степени ликвидности и возвратности (рис. 6.11) и структуру финансирования предприятий (рис. 6.11, 6.12).

↑ Оборотные средства ↓	Внеоборотные активы	Собственный капитал	↑ Постоянный капитал ↓
	Запасы	Среднесрочная и долгосрочная задолженность (срок платежа более 1 года)	
	Дебиторская задолженность		
	Денежная наличность	Краткосрочная задолженность (срок платежа менее 1 года)	

**Рис. 6.11. Основные части баланса по степени ликвидности и возвратности**

Собственный капитал $A_2$	Собственный капитал $A_2$	Постоянный капитал $K_n$
Привлеченный капитал (общая задолженность) $K_{np}$	Долгосрочная и среднесрочная задолженность $A_3$	
	Краткосрочная задолженность $A_4$	Краткосрочная задолженность $A_4$

**Рис. 6.12. Структура финансирования предприятия**

*Привлеченный капитал (общая задолженность)* предприятия может быть оценен с помощью одного из следующих коэффициентов с учетом итога баланса  $I_6$ :

$$K_{\text{зад.об}} = \frac{\text{Привлеченный капитал (общая задолженность)}}{\text{Итог баланса}};$$

$$K_{\text{зад.об}} = K_{\text{пр}}/I_6;$$

$$K_{\text{зад.об}} = \frac{\text{Привлеченный капитал (общая задолженность)}}{\text{Собственный капитал}};$$

$$K_{\text{зад.об}} = K_{\text{пр}}/A_2;$$

$$K_{\text{зад.об}} = \frac{\text{Источник собственных средств}}{\text{Итог баланса}};$$

$$K_{\text{зад.об}} = I_{\text{сс}}/I_6;$$

$$K_{\text{зад.об}} = \frac{\text{Источник собственных средств} + D - \text{Внеоборотные активы}}{\text{Итог баланса} + D};$$

$$K_{\text{зад.об}} = \frac{I_{\text{сс}} + D - B_a}{I_6 + D};$$

$$K_{\text{дз}} = \frac{\text{Долгосрочная и среднесрочная кредиторская задолженность}}{\text{Долгосрочные и среднесрочные ресурсы}} = \frac{D_2}{P_{\text{дс}}};$$

$$K_{\text{дз}} = \frac{\text{Долгосрочная и среднесрочная кредиторская задолженность}}{\text{Собственный капитал}} = \frac{D_2}{P_1}.$$

Эти коэффициенты явно дублируют друг друга, поэтому достаточно рассчитать только один из них. Аналитики обычно предпочитают второй, непосредственно опирающийся на привычный банковский норматив, согласно которому сумма при-

влеченного капитала (общей задолженности) не должна превышать более чем в два раза собственный капитал. Это означает, что первый коэффициент должен быть не более 2/3, а второй — не более 2. Когда эти границы достигнуты, емкость общей задолженности предприятия в основном полная.

Долгосрочная задолженность (более одного года) может быть выражена с помощью коэффициентов:

$$K_{\text{зад. дол}} = \frac{\text{Долгосрочная и среднесрочная задолженность}}{\text{Постоянный капитал}} = \frac{D_1 + D_2}{K_{\text{пос}}};$$

$$K_{\text{зад. дол}} = \frac{\text{Долгосрочная и среднесрочная задолженность}}{\text{Собственный капитал}} = \frac{D_1 + D_2}{P_1};$$

Одного из этих коэффициентов вполне достаточно. Чаще всего рассчитывается второй. Традиционный банковский норматив предусматривает, что сумма долгосрочной и среднесрочной кредиторской задолженности не должна превышать собственный капитал; это означает, что первый коэффициент не должен быть выше 1/2, а второй — не выше 1. Когда эти границы достигнуты, емкость долгосрочной и среднесрочной задолженности предприятия полная.

В условиях рыночной экономики весьма важное значение приобретает финансовая независимость предприятия от внешних заемных источников. Запас источников собственных средств — это запас финансовой устойчивости предприятия при том условии, что его собственные средства превышают заемные.

Таким образом, *финансовая устойчивость* оценивается по соотношению собственных и заемных средств, по темпам накопления собственных средств в результате текущей и финансовой деятельности, соотношению мобильных и иммобилизованных средств предприятия, достаточным обеспечением материальных оборотных средств собственными источниками.

Устойчивость финансового состояния предприятия характеризуется системой финансовых коэффициентов. Они рассчитываются как соотношения абсолютных показателей актива и

пассива баланса. Анализ финансовых коэффициентов заключается в сравнении их значений с базисными величинами, а также в изучении их динамики за отчетный период и за несколько лет.

В качестве базисных величин могут быть использованы значения показателей данного предприятия за прошлый год, среднеотраслевые значения показателей, значения показателей наиболее перспективных предприятий. Кроме того, в качестве базы сравнения могут служить теоретически обоснованные или полученные в результате экспертных оценок величины, характеризующие оптимальные или критические (пороговые), с точки зрения устойчивости финансового состояния, значения показателей.

### 6.3.4. Показатели второго финансового равновесия (устойчивости) производственной системы

Важнейшим показателем финансовой устойчивости системы является *коэффициент задолженности* или *автономии*. Нарушение финансового равновесия, которое испытывает предприятие, зависит, естественно, от объема и структуры его задолженности. Поэтому имущественный анализ опирается также и на расчет коэффициентов задолженности. Эти коэффициенты дают косвенное представление о независимости предприятия по отношению к различным кредиторам. Кроме того, некоторые из коэффициентов являются носителями банковских нормативов задолженности и, следовательно, служат для определения кредитоемкости фирмы.

Их схемы (см. рис. 6.12) видно, что:

$$A_2 + K_{\text{пр}} = A_2 + A_3 + A_4;$$

$$K_{\text{п}} = A_2 + A_3;$$

$$K_{\text{пр}} = A_3 + A_4.$$

Максимальное пороговое значение коэффициента автономии оценивается на уровне 0,5. Некоторые специалисты считают, что такое значение показателя дает основания предполагать,

что все обязательства предприятия могут быть покрыты его собственными средствами. Уровень автономии интересует не только само предприятие, но и его кредиторов. Рост коэффициента автономии свидетельствует об увеличении финансовой независимости, повышает гарантии погашения предприятием своих обязательств и расширяет возможность привлечения средств со стороны.

Важной характеристикой устойчивости финансового состояния является коэффициент маневренности  $K_m$ , равный отношению собственных оборотных средств предприятия к сумме источников собственных и долгосрочных заемных средств:

$$K_m = \frac{\text{Собственные средства} + \text{Долгосрочные кредиты} - \text{Основные средства}}{\text{Долгосрочные кредиты} + \text{Собственные средства}};$$

$$K_m = \frac{D_2 + P_1 - O_c}{D_2 + P_1}.$$

Коэффициент маневренности показывает, какая доля собственных средств предприятия находится в мобильной форме, позволяющей более или менее свободно маневрировать этими средствами. Низкое значение этого показателя означает, что значительная часть собственных средств предприятия закреплена в ценностях иммобильного характера, которые являются менее ликвидными, т.е. не могут быть достаточно быстро преобразованы в денежную наличность. С финансовой точки зрения повышение коэффициента маневренности и его высокий уровень всегда положительно характеризуют предприятие: собственные средства при этом мобильны, большая часть их вложена не в основные средства и иные внеоборотные активы, а в оборотные средства. Поэтому рост коэффициента маневренности желателен, но в тех пределах, в каких он возможен при конкретной структуре имущества предприятия. Если коэффициент увеличивается не за счет уменьшения стоимости основных средств, а благодаря опережающему росту собственных источников по сравнению с увеличением основных средств, тогда повышение коэффициента действительно свидетельствует о повышении финансовой устойчивости предприятия. Считается,

что допустимая величина коэффициента маневренности — не менее 0,5\*.

Исходя из широко принятых расчетных коэффициентов, характеризующих второе финансовое равновесие производственных систем, представляется возможным записать коэффициенты готовности системы к экономической деятельности следующим образом:

- по готовности системы к действиям с учетом общей задолженности:

$$K_{г.зад.о.1} = \frac{K_{пр}}{I_6 + K_{пр}}; \quad K_{г.зад.о.2} = \frac{K_{пр}}{A_2 + K_{пр}}; \quad K_{г.зад.о.3} = \frac{I_{сс}}{I_6 + I_{сс}};$$

$$K_{г.зад.о.4} = \frac{D_2}{P_{дс} + D_2}; \quad K_{г.зад.о.5} = \frac{D_2}{P_1 + D_2};$$

- по готовности системы к действиям с учетом задолженности (более одного года):

$$K_{г.зад.дол1} = \frac{D_1 + D_2}{K_{пос} + D_1 + D_2}; \quad K_{г.зад.дол2} = \frac{D_1 + D_2}{P_1 + D_1 + D_2};$$

- по готовности системы к действиям с учетом маневренности:

$$K_{гм} = \frac{D_2 + P_1 - O_c}{D_2 + P_1}.$$

Интегральный коэффициент готовности системы при ее втором финансовом устойчивом состоянии определяется как произведение частных коэффициентов готовности отдельных состояний этой системы (рис. 6.13).

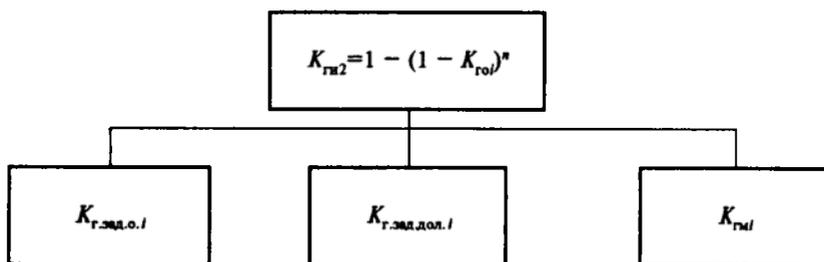


Рис. 6.13. Структура коэффициента готовности системы

\* Источники: Нысанова С.М. и др. Методические рекомендации по оценке рисков инвестиционных проектов. — М.: МГСУ, 1996. — С. 47.

### 6.3.5. Готовность системы к экономическим действиям при ее третьем финансовом равновесии

Понятие *третьего финансового равновесия* заключается в способности производственной системы получать стабильные результаты при определенных издержках производства.

Хозяйственная деятельность предприятия может быть охарактеризована различными показателями, основными из которых являются объемы реализации продукции (работ, услуг), прибыль, величина активов предприятия (авансированного капитала). В мировой практике оценивают динамику основных показателей по сопоставимым темпам их изменения. Эти соотношения называют «золотым правилом» экономики предприятия, в котором сохраняются следующие взаимосвязи:

$$T_{пб} > T_{ор} > T_{в} > 100\%,$$

где  $T_{пб}$ ,  $T_{ор}$ ,  $T_{в}$  — соответственно темпы изменения балансовой прибыли, объема реализации, суммы активов (капитала).

Данное соотношение трактуют следующим образом:

*во-первых*, прибыль увеличивается более высокими темпами, чем объем продаж продукции, что свидетельствует об относительном снижении издержек производства и обращения;

*во-вторых*, объем продаж возрастает более высокими темпами, чем активы (капитал) предприятия, т.е. ресурсы предприятия используются более эффективно;

*в-третьих*, экономический потенциал предприятия возрастает по сравнению с предыдущим периодом.

Для оценки *балансовой прибыли* обычно рекомендуется использовать показатели рентабельности хозяйственной деятельности:

- коэффициенты рентабельности (return on assets, ROA)

$$K_{p1} = \frac{\text{Результат хозяйственной деятельности}}{\text{Итог актива}} = \frac{R}{I_a};$$

$$K_{p2} = \frac{\text{Валовая прибыль}}{\text{Итог актива}} = \frac{П_в}{I_a};$$

- коэффициенты прибыли (return sales, ROS), связанные с объемом производства:

$$\Pi_{N1} = \frac{\text{Результат хозяйственной деятельности}}{\text{Объем продаж}} = \frac{R}{Q_{п}};$$

$$\Pi_{N2} = \frac{\text{Валовая прибыль}}{\text{Объем продаж}} = \frac{\Pi_{в}}{Q_{п}};$$

- оборачиваемость активов (assets turnover rates)

$$O_{а} = \frac{\text{Объем продаж}}{\text{Итого актива}} = \frac{Q_{п}}{I_{а}}.$$

Рентабельность реализованной продукции  $\Pi_{N2}$  показывает, сколько получено прибыли (в копейках или процентах) на 1 руб. реализованной продукции. Изменения в уровне показателей рентабельности реализованной продукции могут происходить под влиянием изменений структуры реализованной продукции и индивидуальной рентабельности отдельных видов работ и услуг.

Для оценки **активов (капиталов)** предприятия используются различные коэффициенты:

- показатели рентабельности собственного капитала (return on equity, ROE):

$$P_{ск1} = \frac{\text{Чистый результат отчетного года}}{\text{Собственный капитал}} = \frac{Ч_{р}}{P_1};$$

$$P_{ск2} = \frac{\text{Способность к самофинансированию}}{\text{Собственный капитал}} = \frac{C_{ф}}{P_1};$$

$$P_{ск3} = \frac{\text{Чистый результат отчетного года}}{\text{Количество акций}} = \frac{Ч_{р}}{K_{а}};$$

- норма капитализации прибыли (earnings-price rate) (инвестиция *PER*)

$$H_{п} = \frac{\text{Прибыль на акцию}}{\text{Курс акции}} = \frac{\Pi_{а}}{K_{а}};$$

- показатели рентабельности фондов, оборачиваемости (turnover rates) и продолжительности оборота (анализ потребности в оборотном капитале):

## Фондоотдача

$$\Phi_o = \frac{\text{Объем продаж}}{\text{Стоимость фондов}} = \frac{Q_{п}}{S_{ф}};$$

оборачиваемость товарных запасов (inventory turnover)

$$O_{зн} = \frac{\text{Покупная стоимость реализованных товаров}}{\text{Средние товарные запасы}} = \frac{П_c}{З_{ст.г}}$$

(продолжительность оборота товарных запасов —  $360/O_{зн}$ );

оборачиваемость готовой продукции

$$O_{пр} = \frac{\text{Себестоимость реализованной продукции}}{\text{Средние запасы готовой продукции}} = \frac{C_e}{З_{ср.пр}};$$

оборачиваемость дебиторской задолженности клиентов (accounts receivable turnover)

$$O_{дз} = \frac{\text{Объем продаж до налогообложения}}{\text{Счета клиентов + Учетные неистекшие векселя}} = \frac{Q_{пн}}{C_k + V}$$

(продолжительность оборота дебиторской задолженности —  $360/O_{дз}$ );

оборачиваемость кредиторской задолженности поставщикам

$$O_{кз} = \frac{\text{Закупки до налогообложения}}{\text{Счета поставщиков}} = \frac{З_{ак}}{C_{п}}$$

(продолжительность оборота кредиторской задолженности —  $360/O_{кз}$ ).

Для характеристики *экономического потенциала* системы используют комплекс расчетных коэффициентов:

- *показатели самофинансирования:*

$$C_{аф1} = \frac{\text{Самофинансирование}}{\text{Прямые инвестиции}} = \frac{C_{аф}}{I_{пр}};$$

$$C_{аф2} = \frac{\text{Самофинансирование}}{\text{Прямые и портфельные инвестиции}} = \frac{C_{аф}}{I_{пши}};$$

- *показатели инвестирования добавленной стоимости:*

$$I_{н1} = \frac{\text{Прямые инвестиции}}{\text{Добавленная стоимость}} = \frac{I_{пр}}{D_{ст}};$$

$$I_{н2} = \frac{\text{Прямые и портфельные инвестиции}}{\text{Добавленная стоимость}} = \frac{I_{\text{пфи}}}{D_{\text{ст}}};$$

• *показатели кредиторской задолженности* (debt-equity or equity ratio):

коэффициенты общей задолженности (total debt to equity ratio):

$$K_{\text{оз}} = \frac{\text{Привлеченный капитал}}{\text{Итог баланса}} \quad \text{или} \quad \frac{\text{Привлеченный капитал}}{\text{Собственный капитал}};$$

$$K_{\text{оз}} = \frac{K_{\text{д}}}{I_{\text{б}}} = \frac{K_{\text{п}}}{P_1}.$$

Некоторые авторы склонны определять коэффициенты покрытия (coverage ratios) трех видов\*:

$$K_{\text{пок.1}} = \frac{\text{Привлеченный капитал}}{\text{Способность к самофинансированию}} = \frac{K_{\text{п}}}{C_{\text{аф}}};$$

$$K_{\text{пок.2}} = \frac{\text{Способность к самофинансированию}}{\text{Финансовая амортизация + Проценты по капиталу}} = \frac{C_{\text{аф}}}{\Phi_{\text{а}} + \text{Проц}};$$

$$K_{\text{пок.3}} = \frac{\text{Валовая прибыль}}{\text{Проценты по капиталу}} = \frac{П_{\text{в}}}{\text{Проц}}.$$

Следует отметить, что показатель фондоотдачи тесно связан с производительностью и фондовооруженностью труда. Основным условием роста фондоотдачи является превышение роста производительности труда над темпами роста его фондовооруженности. В хозяйственной практике при анализе состояния предприятия большое внимание уделяется анализу интенсивности использования оборотных средств (текущих активов), так

\* *Источник:* Коласс Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. — М.: Юнити, 1997. — С. 221—222.

как именно от скорости превращения их в денежную наличность зависят ликвидность предприятия и его шансы на успех. Эффективность использования оборотных средств характеризуется системой показателей: коэффициентом опережения темпов роста объемов продукции (работ, услуг) над темпами роста остатков оборотных средств; увеличением объема реализации продукции (работ, услуг) на один рубль оборотных средств; относительной экономией (дополнительным увеличением) оборотных средств; ускорением оборачиваемости оборотных средств.

Ускорение оборачиваемости оборотных средств означает экономию общественно необходимого времени и высвобождение средств из оборота. Это позволяет предприятию обходиться меньшей суммой оборотных средств для обеспечения выпуска и реализации продукции или при том же объеме оборотных средств увеличить объем и улучшить качество производимой продукции. Факторами ускорения оборачиваемости оборотных средств являются оптимизация производственных запасов, эффективное использование материальных, трудовых и денежных ресурсов, сокращение длительности производственного цикла, сокращение сроков пребывания оборотных средств в остатках готовой продукции и в расчетах.

Для измерения оборачиваемости оборотных средств используются следующие показатели:

*продолжительность одного оборота, в днях,*

$$T_{об} = \frac{\text{Средний остаток оборотных средств} \times \text{Количество дней в периоде}}{\text{Объем продаж}} = \frac{O_{ср} N_d}{Q_n};$$

• *коэффициент оборачиваемости продукта*

$$K_{об} = \frac{\text{Объем продаж}}{\text{Средний остаток оборотных средств}} = \frac{Q_n}{O_{ср}}$$

(показатели оборачиваемости могут исчисляться по всем оборотным средствам в целом и отдельно по материальным оборотным средствам и дебиторской задолженности);

• *коэффициент устойчивости роста производства*

$$K_{ур} = \frac{\text{Прибыль на развитие производства}}{\text{Собственный капитал}} = \frac{P_{рп}}{P_1}$$

(коэффициент устойчивости экономического роста характеризует средние темпы увеличения экономического потенциала предприятия (системы)).

Коэффициенты готовности системы к экономическим действиям имеют вид:

- по рентабельности:

$$K_{гр1} = \frac{R}{I_a + R}; \quad K_{гр2} = \frac{\Pi_B}{I_a + \Pi_B};$$

- по прибыли:

$$\Pi_{гN1} = \frac{R}{Q_{п} + R}; \quad \Pi_{гN2} = \frac{\Pi_B}{Q_{п} + \Pi_B}; \quad Q_a = \frac{Q_{п}}{I_a + Q_{п}};$$

- по рентабельности собственного капитала:

$$P_{г.ск1} = \frac{Ч_p}{Ч_p + P_1}; \quad P_{г.ск2} = \frac{C_{\Phi}}{C_{\Phi} + P_1}; \quad P_{г.ск3} = \frac{Ч_p}{Ч_p + K_a};$$

- по капитализации прибыли:

$$H_{г.п} = \frac{\Pi_a}{\Pi_a + K_a};$$

- по показателям рентабельности фондов, оборачиваемости и продолжительности оборота:

$$\Phi_{г.о} = \frac{Q_{п}}{Q_{п} + S_{\Phi}};$$

$$O_{г.зн} = \frac{\Pi_c}{\Pi_c + Z_{ср.г}}; \quad O_{г.пр} = \frac{C_e}{C_e + Z_{ср.пр}};$$

$$O_{г.дз} = \frac{Q_{пн}}{Q_{пн} + C_k + V}; \quad O_{г.гз} = \frac{Z_{ак}}{Z_{ак} + C_{п}};$$

- по показателям самофинансирования:

$$C_{г.аф1} = \frac{C_{аф}}{C_{аф} + I_{пр}}; \quad C_{г.аф2} = \frac{C_{аф}}{C_{аф} + I_{пни}};$$

- по показателям добавленной стоимости:

$$I_{г.н1} = \frac{I_{пр}}{I_{пр} + D_{ст}}; \quad I_{г.н2} = \frac{I_{пни}}{I_{пни} + D_{ст}};$$

- по показателям кредиторской задолженности:

$$K_{г.оз} = \frac{K_{п}}{K_{п} + P_1}; K_{г.пок1} = \frac{K_{п}}{K_{п} + C_{аф}};$$

$$K_{г.пок2} = \frac{C_{аф}}{C_{аф} + \Phi_a + \text{Проц}}; K_{г.пок3} = \frac{П_в}{П_в + \text{Проц}}.$$

Интегрированный коэффициент готовности производственной системы к экономическим действиям (третье финансовое равновесие) определяется как произведение частных коэффициентов готовности отдельных состояний этой системы, отобранных для анализа (рис. 6.14).

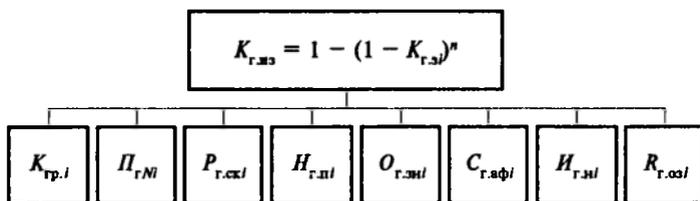


Рис. 6.14. Структура коэффициентов готовности через частные показатели

Следовательно, результативность производственной системы в виде готовности ее к действиям будет зависеть от параллельного сочетания всех трех ее финансовых равновесий, а поскольку на практике добиться полной готовности системы к финансово-экономическим действиям под влиянием различных случайных и неопределенных факторов не представляется возможным, то общий интегральный коэффициент готовности системы  $K_{о.инф}$  можно определить через параллельное сочетание коэффициентов ее готовности по каждому из трех финансовых равновесий (рис.6.15).

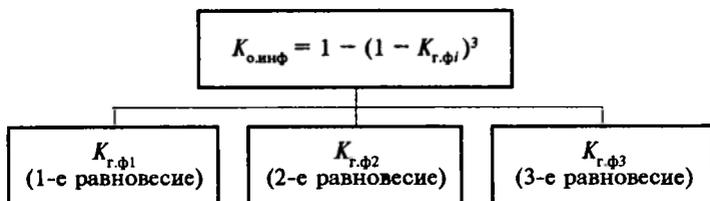


Рис. 6.15. Структура коэффициентов готовности системы при параллельном сочетании ее элементов

### 6.3.6. Общий интегральный коэффициент готовности производственной системы

После анализа производственной системы по финансовым состояниям представляется необходимым установить закономерности изменения уровня надежности по таким важнейшим параметрам производства, как производительность, длительность технологических циклов производства, тип производства (рис. 6.16.).

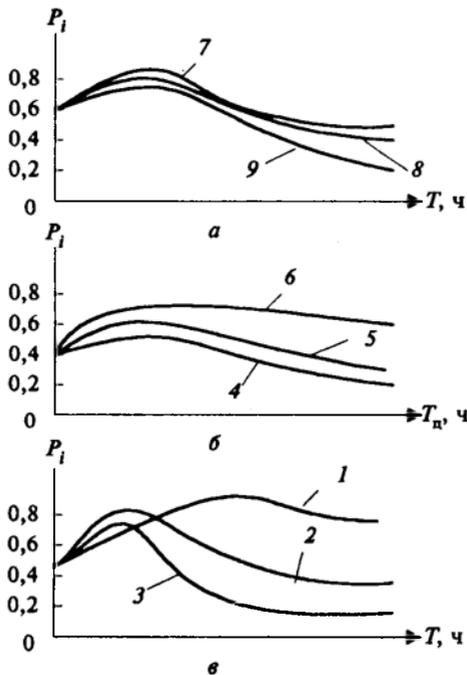


Рис. 6.16. Изменение надежности функционирования производственной системы в зависимости от длительности планового периода работы (а, в) и длительности технологического цикла (б):  
 1, 6, 7 — массовое производство продукции; 2, 5, 8 — партионная обработка изделий; 3, 4, 9 — единичное производство

Из рис. 6.16 видно, что закон изменения надежности производственной системы в анализируемых случаях подчинен  $\beta$ -распределению. Кривая надежности имеет три явно выраженных периода: первый период связан с ростом надежности за счет приработки производства; второй — со стабилизацией экономических показателей, и на третьем периоде начинает сказываться физический и моральный износ системы. Во всех случаях анализа более эффективными оказались системы, на которых производилась массовая продукция. Надежность, а следовательно, и эффективность системы, снижались под влиянием партионности продукции. Минимальная надежность отмечена в производственных системах с единичным производством.

Следовательно, надежность производственной системы меняется в значительных пределах и зависит от многих составляющих как ее технического, так и финансово-экономического состояния. Поэтому общий интегральный коэффициент готовности производственной системы  $K_{г.о.ин}$  можно выразить сочетанием ее технического и финансово-экономического состояний и записать в виде параллельной структуры готовности к действиям (рис. 6.17).

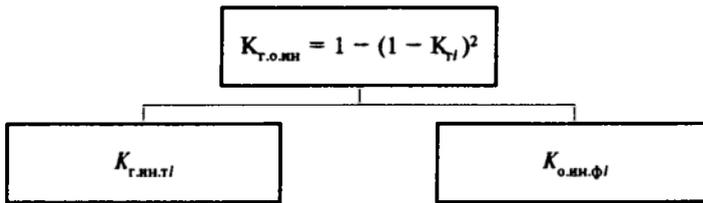


Рис. 6.17. Структура коэффициентов готовности системы при параллельном соединении ее элементов

### Вопросы для самопроверки

1. Как вы понимаете процесс оценки производственной системы по экономическим показателям?
2. Дайте определение жизненному циклу производственной системы.
3. На какие периоды делится жизненный цикл системы?
4. Какие критические точки жизненного цикла системы вы можете назвать?

5. Как изменяются эпюры результатов и издержек на протяжении жизненного цикла системы?

6. Какие методы оценки жизненного цикла производственной системы вы можете назвать?

7. Раскройте понятия таких показателей эффективности инвестиционного процесса, как чистый дисконтный доход, индекс доходности, внутренняя норма доходности, срок окупаемости.

8. Перечислите последовательность действий при оценке инвестиций.

9. Перечислите виды затрат, возникающих в период освоения проекта, производства и реализации продукции.

10. Что вы знаете о составе и формировании оборотных средств?

11. Перечислите возможные источники финансирования проекта.

12. Перечислите основные финансово-экономические показатели оценки проекта.

13. Что вы понимаете под понятиями «прибыль» и «убытки»?

14. В чем состоит оценка надежности экономической деятельности производственной системы?

15. Раскройте содержание финансового анализа производственной системы.

16. Что вы понимаете под готовностью системы к ликвидности и платежеспособности?

17. Как вы понимаете первое финансовое состояние?

18. Перечислите показатели оценки первого финансового состояния.

19. Раскройте смысл понятия имущественного чистого оборотного капитала и его связи с коэффициентами ликвидности системы.

20. Что такое интегральный коэффициент готовности производственной системы по первому финансовому состоянию?

21. Что такое готовность системы при втором финансовом равновесии?

22. Раскройте понятие второго финансового равновесия производственной системы.

23. Какая существует взаимосвязь между чистым оборотным капиталом и потребностью в оборотном капитале во времени?

24. Как определить потребность в оборотном капитале?

25. Изобразите графически взаимосвязи между общей потребностью системы, конъюнктурной и структурной потребностями.

26. Что характеризуют в производственной системе коэффициенты привлеченного капитала и долгосрочной задолженности?

27. Какие показатели можно использовать для оценки второго финансового устойчивого равновесия производственной системы?

28. Как записать коэффициенты готовности системы к действиям в ее экономической деятельности?

29. Раскройте структуру интегрального коэффициента готовности (надежности) системы при ее втором финансовом равновесии (устойчивом состоянии).

30. Дайте определение понятию готовности производственной системы к экономическим действиям при ее третьем финансовом равновесии.

31. Какими показателями можно оценить балансовую прибыль?

32. Раскройте содержание расчетных коэффициентов, оценивающих активы (капиталы) производственной системы: рентабельности собственного капитала, норм капитализации прибыли, рентабельности фондов и их оборачиваемости, продолжительности и потребности в оборотном капитале.

33. Какие оценочные показатели самофинансирования и инвестирования добавленной стоимости вы знаете?

34. Запишите коэффициенты готовности производственной системы к действиям, характеризующие третье финансовое равновесие по рентабельности, прибыли, рентабельности собственного капитала, капитализации прибыли.

35. Изобразите графически структуру интегрального коэффициента готовности производственной системы к экономическим действиям при ее третьем финансовом равновесии. Какой метод расчета данного коэффициента, с учетом частных показателей надежности, вы знаете?

36. Раскройте структуру общего интегрального коэффициента готовности производственной системы к экономическим действиям, как сочетания ее коэффициентов готовности первого, второго и третьего финансового равновесий.

37. Раскройте структуру общего интегрального коэффициента надежности производственной системы с учетом ее технического и экономического состояний.

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ РИСКА

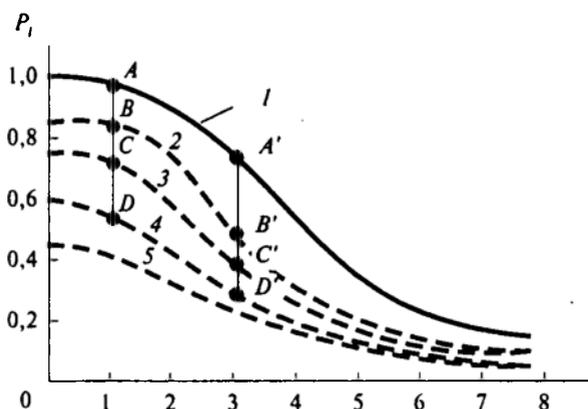
Надежность производственной системы обуславливает ожидаемый уровень ее работоспособности с высокой степенью достоверности при условии того, что не возникнут дополнительные (неучтенные при расчете) факторы внешней и внутренней среды. Однако всегда существует потенциальная возможность возникновения факторов неопределенности и случайности, которые приведут к снижению расчетного значения надежности производственной системы и, как следствие, к потере ее эффективности, к потере определенных видов используемых ресурсов. Такое явление может быть выражено графической моделью (рис. 7.1.).

Если выразить эффективность производственной системы  $\mathcal{E}$  как функцию ее выходной потенциалоемкости  $P_{\text{вых}}$  и интегрального коэффициента готовности  $K_{\text{г.о.ин}} = f(P_i)$ :

$$\mathcal{E} = P_{\text{вых}} f(P_i),$$

то становится понятным — с увеличением риска предприниматель несет потери используемых ресурсов.

Принято считать, что риск предпринимателя характеризуется как опасность потенциально возможной, вероятной потери ресурсов или недополучение доходов по сравнению с вариантом, рассчитанным на рациональное использование ресурсов. И весь проведенный ранее анализ оценки надежности производственной системы по техническим и экономическим показателям — это ничто иное, как один из наиболее эффективных методов определения риска предпринимательства.



**Рис. 7.1. Закон распределения уровня надежности производственной системы:**

- 1 — интегральный коэффициент расчетной готовности к действию;
- 2 — 5 то же, определенный с учетом риска; AB, AC, AD, A'B', A'C', A'D' — риски под влиянием факторов неопределенности и случайности

Надежды на получение положительных, эффективных результатов в будущем являются чрезвычайно важным фактором для всех, кто принимает экономические решения: для частных компаний, государственных и казенных предприятий различных уровней подчинения, а также для физических лиц.

Но любые надежды необходимо обосновывать и прогнозировать, желательно с минимальными ошибками. Предпринимателя в сложной рыночной системе всегда поджидают неопределенность и случайность завтрашней ситуации. *Неопределенность* связана с неполнотой и неточностью информации о развитии событий внутри производственной структуры, во внешней среде — на рынке, в государстве, в международных отношениях. Поэтому в последние десятилетия к основным факторам производства (труд, предметы труда и орудия труда) добавился важнейший фактор сегодняшнего дня — информация. Если обладать точной, достаточной и ценной информацией в той области, в которой работает предприниматель, то можно быть уверенным, что проблема неопределенности сократится в несколько раз. *Случайность* — это неодинаковое проявление будущих событий, это недостоверная вероятность его появления. При оценке надежности системы максимально

учитываются достоверные события, которые можно предвидеть и просчитать.

#### ДЕСЯТЬ ПРАВИЛ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ\*

1. **Постарайтесь получить представление о проблеме в целом** перед тем, как вникать в детали.
2. **Не принимайте скорые решения**, пока не рассмотрите все возможные варианты.
3. **Сомневайтесь** — даже самые общепринятые истины должны вызывать недоверие, и не нужно бояться отводить их.
4. **Старайтесь взглянуть** на стоящую перед вами проблему с самых разных точек зрения, даже если шансы на успех кажутся минимальными.
5. **Ищите модель или аналогию**, которая поможет вам лучше разобраться в сущности поставленной проблемы, представив ее в виде диаграммы и схемы.
6. **Задавайте как можно больше вопросов**, так как правильно заданный вопрос порой может радикально изменить содержание ответа.
7. **Не удовлетворяйтесь первым решением**, которое придет всем в голову. Найдите его слабые места и предложите другие решения, сравнивая с первоначальным решением.
8. **Посоветуйтесь** с кем-нибудь перед принятием окончательного решения.
9. **Не преуменьшайте значение своей интуиции**, хотя ведущая роль логического мышления в анализе проблемы остается главной.
10. **Каждая проблема имеет собственную точку зрения**, исходя из индивидуальности каждого человека.

Перед предпринимателем всегда возникает дилемма: резервировать ресурсы на возможное появление факторов неоп-

---

\* *Источник:* Рубинштейн М. Основы управления. — М.: Финансы и статистика, 1993.

ределенности и случайности и под влиянием их терять недоиспользованные ресурсы и, как следствие, недополучить часть доходов, или работать в заранее принятых условиях, которые исключают учет факторов.

Из представленного графика (см. рис. 7.1) видно, что риски коренным образом могут изменить экономическое и финансовое состояние производственной системы. Их влияние может снизить ее технико-экономические показатели на 10—15% (сопоставление кривых 1, 2), а может и нанести ущерб, вызвать катастрофические потери, превосходящие имущественное состояние собственника. Задача учета риска усложняется еще и тем, что он формируется под влиянием случайных, неизвестных в период принятия решений факторов, а также под влиянием факторов неопределенности. Надежность же производственной системы по техническим и экономическим показателям, как это подробнее было показано выше, довольно точно определяется на основе статистики и теории надежности. Поэтому задача сопоставления надежности системы с рисками весьма актуальна и практически необходима. Заранее определить, спрогнозировать надежность и цену риска для производственной системы — значит умело управлять ее состоянием, стабильно обеспечивая доходы, избегая фактов неопределенности и случайности. А если таковые факторы проявятся, то потерять часть своих затрат на их преодоление. В обоих случаях предприниматель рискует, действует наудачу, в надежде на счастливый случай. Во всех случаях решение сопряжено с риском. Поэтому рисковать необходимо, но при условии обоснования своих действий и грамотного управления ими. Надо помнить, что даже наилучшим образом составленные прогнозы содержат элементы неопределенности, т.е. риска. Обычное восприятие риска, как возможности потери, не всегда правильное. В действительности, это более сложное понятие. Риск также означает, что собственник может получить больше, чем ожидается. Чем выше степень риска, тем более высокая ставка дохода требуется в качестве компенсации.

Известна криволинейная зависимость между риском и требуемой отдачей — доходом. По мере роста риска непропорционально высокой становится требуемая ставка дохода. Чем выше осознанный риск, связанный с потоками платежей, тем ниже стоимость этого потока. Предпринимателя всегда интересует не только сумма и продолжительность доходов,

но, главное, их надежность, определенная по техническим и экономическим параметрам.

Теория управления рисками предполагает целостную систему знаний, которую характеризуют логическая зависимость и взаимосвязи между доходом и финансовой устойчивостью в определенных границах риска для достижения разнообразных целей субъектом предпринимательской деятельности.

Модель управления рисками большой системы можно представить условной вероятностно-функциональной зависимостью\*:

$$P_n(t) = \bigcup_{w,i,j=1}^n \{P_i\}, \{\tau_{bi}\}, \{X_i\}, \{h_{i,j}\}, N, Q, V, R, X, tE\{\tau\},$$

где  $P_n(t)$  — облик системы;  $w, i, j$  — количество уровней иерархии от 1 до  $n$ ;  $\{P_i\}, \{\tau_{bi}\}$  — подмножество показателей системы;  $\{X_i\}$  — множество показателей избыточности;  $\{h_{i,j}\}$  — множество структурных факторов;  $N$  — множество взаимодействующих в системе элементов;  $Q, R$  — множество параметров основных факторов (эксплуатационные параметры, режим работы и др.);  $V$  — множество параметров внешней среды;  $X$  — подмножество человеческих факторов;  $tE\{\tau\}$  — множество параметров времени на отрезке  $(0,1)$ .

Задача определения уравнения состоит в раскрытии зависимости обобщенного критерия  $P_n(t)$  в явную аналитическую зависимость или в построении алгоритма последовательного учета различных факторов.

Под *областью допустимых решений* в теории рисков понимаются такие значения показателя доходности проекта, для обеспечения которого суммарные затраты, связанные с разработкой, реализацией и эксплуатацией проекта, будут минимальными, а финансовая устойчивость системы — максимальной\*\*.

## 7.1. Классификация рисков

Риски обычно принято подразделять на шесть групп.

1. *Риск, связанный с производственной деятельностью*, степень которого довольно легко прогнозируется (см. гл. 3) пу-

---

\* Источник: Боумен К. Основы стратегического менеджмента. — М.: ЮНИТИ, 1997.

\*\* Источник: Риски в современном бизнесе. / П.Г. Грабовой, С.Н. Петрова, С.М. Яковенко и др. — М.: Аланс, 1995.

тем установления надежности производственных систем. Риски такого вида могут быть вызваны техническими проблемами (не отвечающая требованиям разработка проекта, плохой инжиниринг, неудовлетворительное обучение персонала) или экономическими проблемами (рост издержек производства, недостаток сырьевых запасов, необходимость замены ресурсов на более дорогие виды и т. п.).

**2. Риск, связанный с экономическим состоянием системы** — поддается прогнозированию по результатам оценки финансового равновесия системы, в том числе ее надежности по экономическим показателям (см. гл. 4). Риски этого вида являются наиболее сложными и трудно предсказуемыми.

При анализе таких рисков учитывают многочисленные факторы воздействия:

- рост реального внутреннего валового продукта (ВВП);
- удовлетворение потребностей населения;
- поддержание конкуренции;
- увеличение налоговых поступлений в казну государства;
- рациональное использование природных ресурсов;
- снижение уровня инфляции;
- сокращение безработицы и др.

Все перечисленные влияющие на риск факторы условно подразделяются на объективные и субъективные. К объективным относят факторы, не зависящие от производственной системы, т.е. практически неуправляемые (инфляция, экономические кризисы в экономике, форсмажорные обстоятельства и др.), а к субъективным — факторы, непосредственным образом связанные с деятельностью и характеристикой конкретной системы (производственно-технический потенциал, организация производства и труда, уровень техники безопасности и др.), а также факторы, характеризующие фирмы-контрагенты (поставщиков, субподрядчиков, проектировщиков) и фирмы-конкуренты, информация о которых является очень важным условием успешной хозяйственно-финансовой деятельности фирмы.

Особую область в экономическом состоянии производственной системы занимают риски, связанные с ее финансированием. К этой группе обычно относят следующие риски.

*Риски валютных операций*, представляющие собой вероятность получения валютных доходов или потерь, связанных с изменением курса одной иностранной валюты по отношению к

другой, в том числе национальной валюты при проведении внешнеэкономических, кредитных операций, а также при введении фирмой своей инвестиционной политики в другой стране. К основным факторам, влияющим на риски валютных операций, относятся: статистика платежного баланса; финансовые решения; правительственная финансовая (расходы) и монетарная (рост предложения денег) политика, как важный показатель инфляции, а также ситуация с резервами страны; увеличение разрыва между официальным и рыночным курсами; последствия изменения валютных курсов. Валютный риск связан с неопределенностью будущего движения процентных ставок, т.е. цены национальной валюты по отношению к иностранной.

*Риски по кредитам*, которые обуславливаются вероятностью получения кредитором процентов по кредиту. Основными факторами, влияющими на риски данного вида, следует считать: невозврат кредита по типам заемщика, по срокам, по характеру обеспечения, по способу предоставления, по порядку погашения, по характеру процентной ставки, по способу уплаты процентов, по числу кредиторов, по предоставляемым услугам и др.

*Риск по депозиту*, который возникает при условиях ликвидности системы и с досрочным отзывом вкладов (депозиты до востребования, срочные вклады). Периодически кредитное учреждение должно оценивать степень использования находящихся в его распоряжении депозитов. Для этого определяется коэффициент связанности депозитов. Он должен быть равен «1», что означает, что все депозиты кредитора задействованы в его обороте.

*Риск в получении процента по вкладам* связан с вероятностью получения дохода по ставкам кредитных учреждений (изменение процентных ставок).

**3. Риск, связанный с устойчивостью рынков** — характеризуется затратами по входу и выходу, эластичностью спроса и предложения, процентными ставками денежных единиц и курса валют и т.п.

Участники экономических отношений на рынке подвергаются разнообразным рискам, выявлением и оценкой которых занимаются маркетинговые службы. К основным факторам рисков данной группы можно отнести: изменение спроса и предложения на рынке и, как следствие, изменение цен на продукцию, неплатежеспособность покупателя или заемщика; отказ заказчика от приема продукции; изменчивость уровня издержек производства и др.

**4. Риск, связанный с инвестициями,** определяется обесцениванием инвестиционно-финансового портфеля.

С понятием инвестиционного цикла связаны работы по проектированию, строительству (в том числе перевооружению, обеспечению нововведений, реконструкции), вводу в эксплуатацию и осуществлению работоспособности какой-либо системы. Всем фазам (стадиям) инвестиционного цикла присущи общие и специфические виды рисков.

На первых фазах реализации проекта возникают риски, связанные с моральным устареванием продукции на момент ввода объекта в эксплуатацию, превышением сметной стоимости проекта, задержкой ввода предприятия в эксплуатацию, истечением сроков действия гарантий поставщиков, изменением себестоимости продукции вследствие повышения цен на сырье и материалы и др. К основным рискам на этих фазах можно отнести риск незавершения проекта, риск превышения затрат по проекту, риск, связанный с реализацией проекта, с финансированием проекта, и риски консервации проекта.

*Риск незавершения строительства* связан с возможными авариями, которые изменяют коренным образом проект или его часть (это риск, который сложно предвидеть), банкротством подрядчиков, с изменениями в бизнес-плане и с невозможностью его реализовать (риск технического характера, который нелегко определить инвестору) или, что важнее всего, с расхождениями в смете проекта до и после начала производства, а также с изменениями экономической среды (цены, налоги) и другими факторами.

*Риск превышения затрат* связан с изменением первоначального плана реализации проекта или занижением расчетных затрат на строительство (невозможность изменения затрат в смете, задержки сроков строительства, увеличение платежей процентов, изменение цен на ресурсы и др.).

*Риски, связанные с реализацией проекта,* могут быть следствием ошибочной оценки рынка (его объема, сегментации), устаревания продукции или ее несоответствия современным требованиям рынка, снижения ожидаемых цен или ухудшения возможностей реализации (например, расторжение долгосрочных контрактов на реализацию). Этот вид рисков ограничивается, хотя и не исключается полностью, благодаря соблюдению разумной осторожности при оценке предполагаемой цены, детальному анализу договоров купли-продажи, особенно условий, регулирующих порядок их пересмотра и аннулирования, всестороннему изучению рынка.

*Риск при финансировании проекта* возрастает с ростом расходов, связанных с финансовой деятельностью подрядчиков (предоставление кредитов по «плавающей» ставке, имеющих тенденцию к росту, снижение платежеспособности заемщика и др.). Это риски можно уменьшить путем ограничения дивидендов, установлением жестких соотношений статей баланса по кредитам и т. п.

В этом случае финансирование проекта обычно нацелено на решение трех основных задач:

- обеспечение потока инвестиций, необходимого для планомерного выполнения проекта;
- снижение капитальных затрат;
- уменьшение риска проекта за счет оптимальной структуры инвестиций и получения налоговых преимуществ.

План финансирования проекта учитывает следующие важнейшие виды рисков: риск нежизнеспособности проекта; риск, связанный с налогообложением; риск неуплаты задолженностей; риск незавершения строительства.

*Риск нежизнеспособности проекта* связан с недостаточностью предполагаемого дохода проекта для покрытия затрат, выплаты задолженностей и обеспечения окупаемости капиталовложений.

Кроме того, проект должен удовлетворять интересы страховых компаний, участвующих в защите инвестиций.

*Риск, связанный с налогообложением*, исходит из вероятности наступления следующих событий: вступление в эксплуатацию производственной системы в контрактные сроки, иначе не гарантируется налоговая скидка; остановка эксплуатации производственной системы, не оправдавшей расчетные экономические показатели, что приведет к потере выигрыша на налогах; изменение налогового законодательства до момента освоения проекта, например, увеличение налога на собственность, изменение норм амортизации и т.п.; изменение налогового преимущества в связи с изменением налоговой политики.

*Риск неуплаты задолженностей* возникает в связи с временным снижением доходов из-за краткосрочного падения спроса на производимый продукт, либо в связи со снижением цен на рынке из-за перепроизводства продукта.

Участника проекта могут применить следующие меры для снижения риска от неуплаты задолженностей:

- использование резервных фондов;
- производственные выплаты;
- дополнительное финансирование.

*Риск консервации проекта* связан с досрочным прекращением обязательств сторон. Необходимо уменьшение риска путем распределения его между сторонами и создания стабильной общности их интересов.

Фазам эксплуатации системы присущи *риски, связанные с ошибками в процессе управления предприятием и коммерческой деятельностью*, которые были рассмотрены ранее (см. гл. 3, 4).

Как показывает практика, наиболее часто успешной реализации проектов мешают следующие причины, способствующие возникновению рисков:

- задержка строительства;
- превышение сметы по проекту;
- плохая проработка проекта, в том числе вопросов финансирования;
- несостоятельность подрядчиков;
- вмешательство государства;
- возникновение незастрахованных убытков;
- повышение цен на сырье, энергоносители, транспортировку;
- неквалифицированное управление производством.

В ходе строительства и эксплуатации на проект могут влиять различные факторы технического, коммерческого, экономического, социально-политического и фискально-монетарного характера.

При осуществлении инвестиционных проектов следует обращать особое внимание на особенности риска, связанного с финансированием проекта.

**5. Риск, связанный с социально-политическим состоянием** страны и общества, к которому обычно относят юридические и правовые факторы. Государство через свой парламент разрабатывает и вводит определенные правила поведения субъектов в среде производства, рынка и распределения. Сюда относятся: торговое и валютное регулирование, валютные ограничения и валютные интервенции, квотирование, лицензирование, таможенные пошлины, субсидии и другое. Все эти инструменты тесно взаимосвязаны.

Изменения в социальной политике влияют на занятость, уровень доходов, объем национального производства и размеры импорта и экспорта. Причинно-следственные связи могут изменить взаимосвязанность и степень влияния рисков на все инструменты социальной и экономической политики, так как

любое действие имеет цену риска, а соответственно риски не могут действовать изолированно друг от друга.

**б. Риск, связанный с фискально-монетарной политикой государства.** Данная группа рисков через возникающие потери в деловой деятельности человека стимулирует ее.

Составляющей и регулирующей частью рисков фискально-монетарной группы является финансово-бюджетная политика. В данном случае риски обуславливаются следующими факторами, которые приводят к стабилизации, а иногда и дестабилизации экономики: чрезмерно высокие налоги, необоснованная политика, связанная с частными капиталовложениями (эффект дохода и эффект производительности), гипертрофированные размеры расходной части государственного бюджета, чрезмерное или недостаточное регулирование (проблема дозирования) в области конъюнктуры, либо запоздалое или преждевременное государственное вмешательство (проблема выбора времени). В подобных случаях антициклические меры могут иметь противоположный эффект. Кроме того, риски фискально-монетарной группы связаны с эффективным обеспечением денежного обращения на внутреннем и внешнем рынках, регулированием объема денежной массы. При различных темпах инфляции на внутреннем и внешнем рынках государство по отношению к отечественной валюте проводит работу по ревальвированию (в сторону повышения ее паритета) или девальвированию (обесцениванию).

Вся совокупность рисков обычно рассматривается при двух противоположных состояниях производственной системы:

- при *недееспособности системы*, у которой уровень готовности (надежности) находится на линии падения, вызывая *статистическое* состояние многих технико-экономических параметров. При этом состоянии риск связан с потерями реальных активов вследствие ущерба собственности, потерь дохода и т.п.;

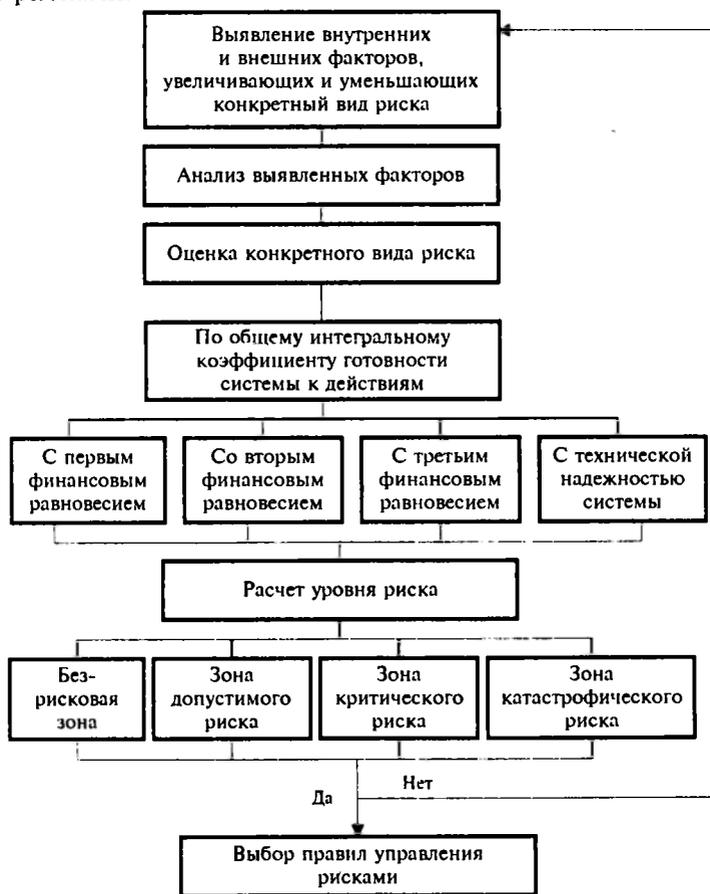
- при *динамике непредвиденных изменений параметров внешней среды системы* (например, изменение рыночных и политических обстоятельств, изменение процентных ставок, стоимости капитала). В этом случае риск связан как с потерями, так и с дополнительными доходами.

## 7.2. Задачи анализа риска

Анализ риска всегда связан с установлением тенденций изменения характера возможных потерь, обусловленных принятием решений в случае рискованных ситуаций. В основу анализа рисков легли три основных критерия Б. Берлимера:

- потери от риска, независимые друг от друга;
- потери по одному направлению из «портфеля рисков» не обязательно увеличивают вероятность потерь по другому (за исключением форс-мажорных обстоятельств);
- максимально возможный ущерб не должен превышать финансовых возможностей участников.

На рис.7.2 приведена блок-схема анализа и методов управления рисками.



**Рис. 7.2.** Блок-схема анализа риска и методов управления им

Основными задачами анализа риска следует считать: определение уровня риска, т.е. область его действия по оценочной шкале; установление величины риска; сопоставление величины риска с уровнем надежности производственной системы.

## 7.2.1. Оценочная шкала показателя риска

Концепция определения влияния риска на потери или выгоды производственной системы выражается в установлении соотношения вероятности потерь прибыли  $-B_{пр}$  или увеличения ее  $+B_{пр}$  с результатами хозяйственной деятельности (например с изменением дохода или имущественного состояния)  $B_{си}$ . Формирование данного соответствия показано на графической модели («бабочке вероятностей») получения результатов при рисковом действии (рис. 7.3). Одно крыло «бабочки»  $OABCD B'$  — область вероятности выгоды, которая увеличивается с ростом риска. Другое крыло —  $OA''' B''' C' D'' B''$  — характеризует область возможных потерь, которые также увеличиваются с ростом риска. Следовательно, рискуя, предприниматель имеет одинаковые шансы на выгоду и потери по принципу «один к одному» или «пан или пропал». Но почему-то всем кажется, что, рискуя, он попадает в панство, а не в пропасть. Лучше всего следует обосновывать и выбирать решения с минимальными рисками.

Отметим ряд особенностей оценочной шкалы показателя риска.

Во-первых, значения потерь и выигрыша имеют граничные пределы — они максимальны при вероятности их проявления, равной единице.

Во-вторых, стандартный универсальный масштаб шкалы при  $+B_{пр} = OB'' = -B_{пр} = 1$  позволяет легко трансформировать ее путем введения в расчет значений переходных коэффициентов, отражающих соотношения:

$$K_{пр1} = \frac{B_{си}}{+B_{пр}}; \quad K_{пр2} = \frac{B_{си}}{-B_{пр}}.$$

При рассматриваемой стандартной шкале  $K_{пр1} = K_{пр2} = 1$ .

В-третьих, абсолютные значения шкалы можно получить путем расчета:

$$\text{потери прибыли } -\Delta Pr = (B_{си} - T) K_{пр2};$$

$$\text{выигрыш прибыли } +\Delta Pr = (+T) K_{пр1},$$

где  $T$  — отрезок на оси  $B_{си}$  от 0 до точки проекции вероятности потерь или выигрыша.

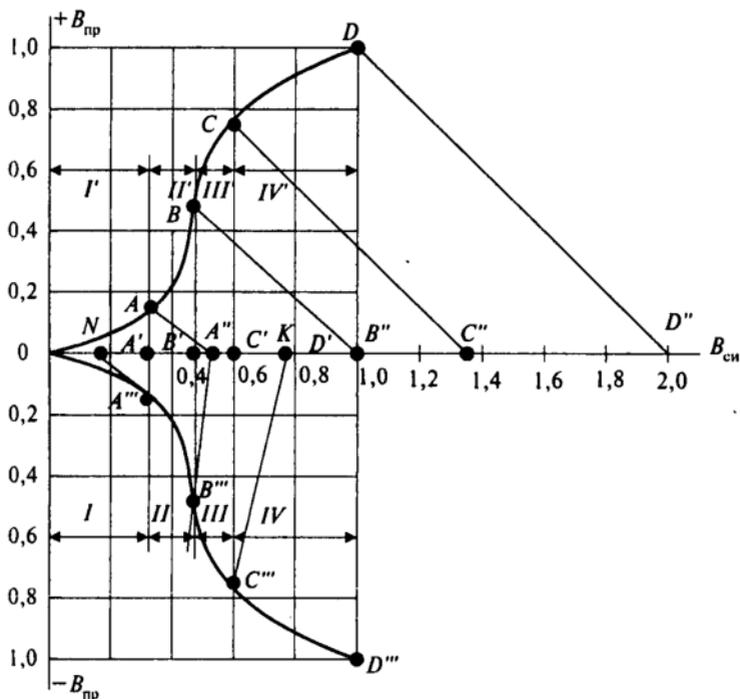


Рис. 7.3. Оценочная шкала показателя (цены) риска в зависимости от вероятности его проявления («бабочка вероятностей» результатов риска — модель Б.В. Прыкина\*)

Если на оценочную шкалу показателя риска нанести точки допустимых значений потерь имущественного состояния производственной системы  $N, A', B'A'', C'K, D', B'$ , то получим четыре области риска и четыре области выигрыша:

$I$  — область минимального риска  $OA'$ , в которой возможны потери, не превышающие размера чистой прибыли. Она находится в пределах вероятности возникновения риска  $B_{пр}=0 \div 0,25$ . В этой области система рискует тем, что в результате своей деятельности в худшем случае она не получит чистой прибыли, так как за счет ее будут покрыты все налоги и не будут созданы условия для выплаты дивидендов по выпущенным ценным бумагам. Возможны случаи незначительной потери, равной величине имущественного состояния  $ON$

\* Источник: Общий курс менеджмента. Б.В. Прыкин, Л.В. Прыкина, Н.Д. Эриашвили, З.А. Усман. — М.: ЮНИТИ, 1998.

(линия  $NA'''$ ), но основная часть чистой прибыли все же будет получена. В случае же выигрыша имущественное состояние системы увеличится до значения  $OA''$  (линия  $AA''$ );

*II* — область повышенного риска  $A'B'$ , в которой возможные потери не превышают размера расчетной прибыли и находятся в пределах вероятности возникновения риска  $B_{\text{пр}}=0,25 \div 0,50$ . Понятно, что в этой области возможно осуществление системой производственной деятельности, в том числе за счет полученных кредитов в инвестиционных компаниях и банках на срок до одного года, за минусом ссуд, гарантированных правительством. Фирма рискует тем, что в результате своей деятельности в худшем случае потеряет имущественное состояние на величину  $OA''$  (линия  $B'''A''$ ), но все равно покроет все затраты (рентные и коммунальные платежи, накладные расходы, реклама, объявления и др.), а в лучшем — получит прибыль намного меньше расчетного уровня. А если произойдет выигрыш, система может повысить свое имущественное состояние до величины  $OB''$  (линия  $BB''$ );

*III* — область критического риска  $B'C'$ , в которой возможные потери достигнут величины общей валовой прибыли, а вероятность возникновения риска будет находиться в зоне  $B_{\text{пр}}=0,50 \div 0,75$ .

Такой риск для системы весьма не желателен, поскольку фирма подвергается опасности потерять всю свою выручку от данной операции, а возможные потери имущественного состояния достигнут значения  $OK$  (линия  $C'''K$ ).

Как видно из рис. 7.3, потери для системы весьма ощутимые, и для того чтобы функционировать далее, она, в качестве варианта, может использовать различные виды лизинга:

- *оперативный лизинг* — предприятия, фирмы-производители не реализуют свою продукцию, а передают ее в аренду;
- *лизинг недвижимости* — передача в аренду целевых объектов сроком на 15—20 лет;
- *финансирующий лизинг* — лизинговые компании передают в аренду машины и оборудование, изготавливаемые различными предприятиями и фирмами, сроком от 2 до 6 лет.

В случае же выигрыша имущественного состояния системы достигнет величины  $OC''$  (линия  $CC''$ );

*IV* — область катастрофического риска, в которой потери достигают полной величины имущественного состояния системы  $OB''$  (линия  $B''D'''$ ), а вероятность возникновения риска находится в пределах 0,75 — 1,00. Один из выходов создавшегося положения при потерях под влиянием катастрофического риска является залог денежных средств и имущества под банковский кредит. В этом случае просроченная задолженность по ссудам может составить 100%. При выигрыше имущественное состояние удвоится и достигнет величины  $OD''$  (линия  $DD''$ ).

### 7.3. Методы оценки риска

Анализ риска заключается в выявлении факторов риска и оценки их значимости. С помощью анализа риска оценивается его влияние на предполагаемые результаты проекта, и участники проекта получают необходимые данные для принятия решений по защите от возможных финансовых потерь\*. Наиболее распространенными являются два взаимно дополняющих друг друга вида анализа рисков: качественный и количественный.

Целью *качественного анализа рисков* является определение факторов, области и видов рисков.

Цель *количественного анализа рисков* — численное определение размеров отдельных рисков и общего риска в целом.

Вероятность наступления риска может быть определена объективным или субъективным методом.

Объективный метод определения вероятности основан на вычислении частоты, с которой происходит данное событие. Например, если известно, что при вложении капиталов в какое-либо предприятие прибыль в сумме 25 тыс. руб. была получена в 120 случаях из 200, то вероятность получения такой прибыли составляет 0,6 (120 : 200).

Субъективный метод определения вероятности основан на использовании субъективных критериев, которые базируются на различных предположениях. К таким предположениям могут относиться: суждение оценивающего, его личный опыт, оценка эксперта, мнение

---

\* Источник: Управление проектами/Н.И. Ильин, И.Г. Лукманова, А.М. Немчин и др.; Под общ. ред. В.Д. Шапиро — СПб.: «ДваТри», 1996. — С. 124—172.

финансового консультанта и др. Когда вероятность определяется субъективно, то разные люди могут устанавливать разное ее значение для одного и того же события и делать каждый свой выбор.

Результатом анализа воздействия рискованных событий является оценка возможных ущербов на основе определения степени неопределенности и надежности, оцениваемой показателем чувствительности, который дает точную оценку того, насколько чувствителен проект к изменению исходных параметров. Чем сильнее эта зависимость, тем выше риск реализации проекта.

### 7.3.1. Аналитические методы оценки риска

При количественном анализе вероятности возникновения и цены риска используются в основном такие методы, как аналитический, статистический, графоаналитический, экспертный, анализ целесообразности затрат и использования аналогов.

Количественно риск инвестора характеризуется оценкой вероятной величины максимального и минимального доходов. Чем больше диапазон между этими величинами при равной их вероятности, тем выше степень риска. Например, при инвестировании мероприятий рассчитываем значения СКО  $\sigma^2$ , отклонений  $\sigma$  и вариаций отклонений  $V$ :

$$\sigma^2 = P_{\max}(x_{\max} - \bar{x})^2 + P_{\min}(\bar{x} - x_{\min})^2;$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}; \quad V = \frac{\pm\sigma}{x} 100.$$

Условно для варианта инвестирования  $A$  эти значения составят:

$$\sigma^2 = 0,3(30 - 25)^2 + 0,3(25 - 20)^2 = 15;$$

$$\sigma = \sqrt{15} = \pm 3,87; \quad V = \frac{\pm 3,87}{25} 100 = \pm 15,5\%.$$

Для варианта инвестирования  $B$ :

$$\sigma^2 = 0,3(40 - 30)^2 + 0,2(30 - 15)^2 = 75;$$

$$\sigma = \sqrt{75} = \pm 8,66; \quad V = \frac{8,66}{30} 100 = \pm 28,9.$$

Из сравнения значений указанных показателей видно, что меньшая степень риска присуща вложению капитала в мероприятие  $A^*$ .

---

\* Источник. Балабанов И.Т. Риск — менеджмент. — М.: ЮНИТИ, 1996.

Кроме рассмотренных случаев применяется расчет коэффициента риска прямым счетом издержек, объемов производства и прибыли:

- по риску экономической деятельности

$$K_{\text{пр}} = \frac{\text{Прибыль на переменные издержки}}{\text{Результат хозяйственной деятельности}} = \frac{\Pi_i}{R};$$

- по риску финансового состояния

$$K_{\text{пр}} = \frac{\text{Результат хозяйственной деятельности}}{\text{Текущий результат}} = \frac{R}{R_T};$$

- по риску банковских операций

$$K_{\text{пр(нормативный)}} = \frac{\text{Совокупная сумма обязательств заемщика}}{\text{Капитал банка}} = \frac{S_3}{K_6};$$

- при учете изменения процентной ставки под влиянием инфляции:

$$C = \text{Сумма получаемой} \times \left( \frac{1 + \text{Ставка процента}}{1 + \text{Темп инфляции}} \right)^{\text{Продолжительность ссуды в годах}} = N \left( \frac{1+i}{1+h} \right)^n.$$

Проблема риска является одной из основных при сравнении и выборе вариантов инвестиций. Для уменьшения риска прибегают к различным методам, позволяющим повысить надежность результатов инвестиций: анализ чувствительности, метод математической статистики, экономико-математическое моделирование. Предполагается, что риск может быть уменьшен при более четком понимании действия механизма формирования прибыли с учетом различных зависимостей и факторов. В финансовом анализе эффективности инвестиций в основном используют четыре показателя: *период окупаемости*  $P_{\text{ок}}$ ; *чистый приведенный доход*  $W$ ; *внутренняя норма доходности*  $q_v$  и *рентабельность*  $V$ .

*Период окупаемости*  $P_{\text{ок}}$  — это продолжительность периода, в течение которого сумма чистых доходов, дисконтированных на момент завершения инвестиций, равна сумме инвестиций.

Упрощенный показатель периода окупаемости (без учета фактора времени) определяется следующим образом:

$$P_y = K_n / R_d,$$

где  $K_n$  — размер инвестиций;  $R_d$  — ежегодный чистый доход.

Полный показатель периода окупаемости (с учетом фактора времени)

$$P_{\text{ок}} = \frac{K_n - S_m}{R_{m+1}V^{m+1}},$$

где  $S_m = \sum_1^m R_t V^t$  — сумма последовательных членов ряда доходов  $S_m$ , дисконтированных по ставке  $q$  (ставке сравнения):  $S_m < K_n < S_{m+1}$ ;  $R_t$  — размер члена потока платежей;  $V^t$  — дисконтный множитель по ставке  $q$ .

*Чистый приведенный доход  $W$*  представляет собой сумму дисконтированных финансовых итогов за все годы проекта, считая от даты начала инвестиций. Данная величина характеризует общий абсолютный результат инвестиционной деятельности, ее конечный результат:

$$W = \sum_{j=1}^{n_2} E_j V^{j+n_1} - \sum_{t=1}^{n_1} K_t V^t,$$

где  $E_j$  — доход в периоде  $j$  ( $j = 1, \dots, n_2$ );  $V^t$  — дисконтный множитель по ставке  $q$  (ставке сравнения);  $K_t$  — инвестиционные расходы в периоде  $t$  ( $t = 1, \dots, n_1$ );  $n_1$  — продолжительность процесса инвестиций;  $n_2$  — продолжительность периода отдачи инвестиций.

*Внутренняя норма доходности  $g_B$*  характеризует ту расчетную процентную ставку, при которой за время инвестиций  $t$  капиталовложения окупаются.

При сравнении вариантов проектов и их рисков отбирают те инвестиционные проекты, у которых оцениваемая внутренняя норма доходности не ниже 15–20%. Внутренняя норма доходности определяется при сохранении равенства

$$\sum_t r_t V^t = 0,$$

где  $r_t$  — элемент финансового потока, который может быть положительной и отрицательной величиной:  $r = 1 + q_B$ ;  $V^t$  — дисконтный множитель по ставке

*Индекс доходности, т.е. рентабельность  $V$* , представляет собой отношение приведенных доходов к приведенным на эту дату инвестиционным расходам:

$$V = \frac{\sum_{j=1}^{n_2} E_j V^{j+n_1}}{\sum_{t=1}^{n_1} M_t V^t},$$

где  $t = 1, \dots, n_1$ ;  $j = 1, \dots, n_2$ ;  $E_j$  — показатели чистого дохода;  $M_t$  — размеры инвестиционных затрат.

Кроме оценки риска по указанным показателям его оценивают аналитически путем описания чувствительности модели и установления величины относительных рисков.

*Анализ чувствительности модели* сводится к последовательному расчету следующих показателей:

- выбирается критериальный показатель чувствительности модели. Таким показателем может быть внутренняя норма доходности  $q_B$  или чистый приведенный доход  $W$  (см. выше);

- обосновываются факторы, влияющие на степень риска, например, уровень инфляции, кривая состояния экономики и др.

Значения критериального показателя рассчитываются на различных этапах осуществления проекта: изыскание, проектирование, строительство, монтаж и наладка оборудования, процесс отдачи вложенных средств, эксплуатация, реконструкция и т.п.

Сформированные таким путем последовательности затрат и поступлений дают возможность определить финансовые потоки для каждого момента или отрезка времени, т.е. определить показатели эффективности.

Первоначально строятся диаграммы, отражающие зависимость выбранных результирующих показателей от исходных параметров. Сопоставляя между собой полученные диаграммы, можно определить «ключевые» показатели, в наибольшей степени влияющие на оценку проекта.

Затем определяют критические для проекта значения ключевых параметров. В простейшем случае может рассчитываться так называемая «точка безубыточности», означающая минимальный допустимый объем производства (продаж), при котором проект не приносит прибыли, но еще не оказывается убыточным.

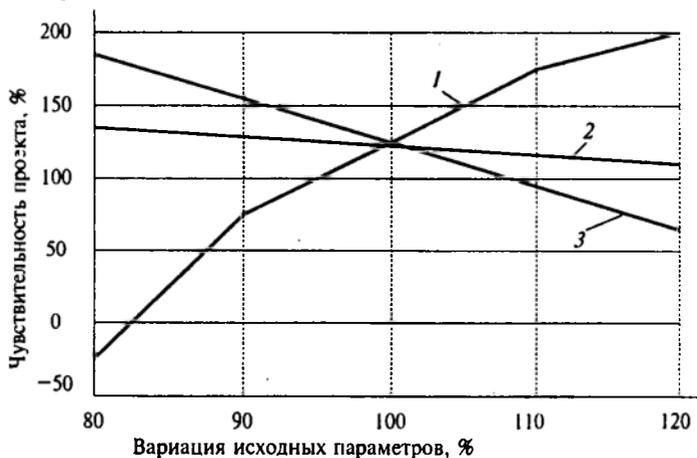
Если проект финансируется за счет кредитов, то критическим значением будет та минимальная ставка, при которой проект будет не в состоянии погасить задолженность. В дальнейшем может быть получено  $n$ -мерное (по числу критических точек) описание поля допустимых значений, в пределах которого проект оказывается состоятельным с финансовой и экономической точек зрения.

На рис. 7.4 представлены результаты оценки влияния трех исходных показателей проекта — цены реализации продукции, стоимости технологического оборудования и периода задержки в поступлении денег за реализованную продукцию

на расчетный счет предприятия. Представленный график позволяет определить максимальную ставку кредита, которая может быть использована для финансирования инвестиционных затрат на условиях погашения кредита к концу жизненного цикла проекта.

Анализ чувствительности позволяет специалистам учитывать риск и неопределенность. Так, если цена продукции оказалась критическим фактором, то можно усилить программу маркетинга или снизить стоимость проекта. Если проект окажется чувствительным к изменению объема производства продукции, то следует уделить больше внимания программе обучения персонала, менеджменту и другим мерам по повышению производительности.

Вместе с тем, анализ чувствительности имеет два серьезных недостатка. Он не является всеобъемлющим, так как не рассчитан для учета всех возможных обстоятельств; кроме того, он не уточняет вероятность осуществления альтернативных проектов.



**Рис. 7.4. Чувствительность проекта к изменению исходных показателей:**

1 — цены реализации; 2 — стоимости оборудования;  
3 — периода задержки в поступлении денег

Анализ рисков по относительным величинам является дополнением к различным аналитическим методам расчета по вариантам проектов с установлением критериальных оценок. Сравнивают варианты потерь и рисков по относительным величинам с последующими поверочными расчетами.

### 7.3.2. Статистические методы оценки риска

*Статистический метод определения риска* действий производственной системы связан с презентативной выборкой анализируемых факторов, влияющих на величину риска, оценкой статистических данных по среднему математическому ожиданию событий и выявлению колеблемости полученных результатов. Статистический анализ факторов может быть осуществлен, например, методом корреляционно-регрессионного анализа путем построения матриц парных коэффициентов корреляции и построения множественной линейной регрессии.

Матрица парных коэффициентов корреляции строится на графическом поле взаимосвязей надежности (или риска) действий производственной системы  $r_{ij}$  и факторов, влияющих на их развитие:

$$r_{ij} = \frac{\sum (x_{im} - \bar{x}_i)(x_{jm} - \bar{x}_j)}{(M-1)S_i S_j}, \quad i = \overline{1, n+1}, \quad j = \overline{1, n+1}, \quad i \neq j,$$

где  $M$  — объем статистической выборки  $X_i$  по факторам  $m$  и  $n$ ;  $\bar{x}_i, \bar{x}_j$  — среднее арифметическое выборки показателей  $x_i$  и  $x_j$ :

$$\bar{x}_i = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M x_{im}; \quad \bar{x}_j = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M x_{jm};$$

$S_i, S_j$  — оценки среднего квадратического отклонения выборки показателей  $x_i$  и  $x_j$ :

$$S_i = \frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M (x_{im} - \bar{x}_i)^2; \quad S_j = \frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M (x_{jm} - \bar{x}_j)^2.$$

При этом необходимо учитывать диагональную симметричность матрицы:

$$r_{ij} = r_{ji}$$

Результаты расчетов сводятся в матрицу вида табл. 7.1

Затем осуществляется отбор независимых факторных показателей на основании анализа расширенной матрицы парных коэффициентов корреляции  $(r_{ij})_{(n+1) \times (n+1)}$ . При этом по правилам

Таблица 7.1

**РАСШИРЕННАЯ МАТРИЦА ПАРНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ  
КОРРЕЛЯЦИИ**

Показатели		$\bar{X}_n$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	...	$x_{jm}$	...	$x_{46}$
	$\begin{matrix} j \\ \backslash \\ i \end{matrix}$	1	2	3	4	...	$j$	...	23
$\bar{X}_n$	1	1	$r_{12}$	$r_{13}$	$r_{14}$	...	$r_{1j}$	...	$r_{123}$
$x_{11}$	2	$r_{21}$	1	$r_{23}$	$r_{24}$	...	$r_{2j}$	...	$r_{223}$
$x_{12}$	3	$r_{31}$	$r_{32}$	1	$r_{34}$	...	$r_{3j}$	...	$r_{323}$
$x_{13}$	4	$r_{41}$	$r_{42}$	$r_{43}$	1	...	$r_{4j}$	...	$r_{423}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$x_{jm}$	$i$	$r_{i1}$	$r_{i2}$	$r_{i3}$	$r_{i4}$	...	1	...	$r_{i23}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$x_{46}$	23	$r_{231}$	$r_{232}$	$r_{233}$	$r_{234}$	...	$r_{23j}$	...	1

отбора из факторной схемы исключается один из зависимых между собой факторных показателей, для которых сила зависимости либо достаточно велика ( $r_{ij} \geq 0,7$ ), либо выше, чем сила зависимости с результирующим признаком ( $r_{ij} > r_{1j}$  или  $r_{ij} > r_{i1}$ .) Исключается тот факторный показатель с номером  $i$  или  $j$ , для которого выполняется условие  $\min(r_{1j}, r_{i1})$ .

В результате такого анализа размер расширенной матрицы уменьшается, и в ней остаются только те факторные признаки, для которых выполняются условия:

$$r_{ij} > 0,7, i = \overline{2, n'}, j = \overline{2, n'}, i \neq j;$$

$$r_{ij} > r_{1j}, \forall i = \overline{2, n'} \text{ и } i \neq j \text{ или } r_{i1} > r_{ij}, \forall j = \overline{2, n'} \text{ и } i \neq j;$$

где  $n'$  — изменившееся значение общего числа факторных признаков, включенных в факторную схему.

Следующий шаг статистической обработки данных — ранжировка факторных признаков по убыванию силы связи с результирующим признаком (надежностью экономических действий или их риском):

$$r_{12^*} > r_{13^*} > r_{14^*} > \dots > r_{1j^*} > \dots > r_{1n'^*},$$

где  $r_{1j^*}$  — коэффициенты корреляции экономической надежности и факторных признаков с новым номером  $j^* = \overline{2, n'^*}$  в ранжированном ряду.

Весьма важный шаг расчета — установление ограничений факторного поля для того, чтобы, не усложняя факторной зависимости (регрессии) надежности экономических действий, отсеять показатели, влияние которых на результат не существенно (слабая факторная зависимость), в то же время не упустить наиболее существенные связи. Ограничение факторного поля осуществляется последовательным включением в факторную схему множественной регрессии факторных показателей ранжированного ряда и проверкой ограничения на каждом очередном шаге:

$$P_{j^*}^2 < E,$$

где  $P_{j^*}^2$  — коэффициент последовательной детерминации, равный приращению коэффициента множественной детерминации за счет включения в факторную схему  $j^*$ -го факторного признака из ранжированного ряда  $R_{\partial_{n x_1 x_2 \dots x_{(j-1)^*} x_{j^*}}}$ :

$$P_{j^*}^2 = R_{\partial_{n x_1 x_2 \dots x_{(j-1)^*} x_{j^*}}^2} - R_{\partial_{n x_1 x_2 \dots x_{(j-1)^*}}^2};$$

$$R_{\partial_{n x_1 x_2 \dots x_{(j-1)^*} x_{j^*}}^2} = \frac{\Delta p_{(j-1)^*}}{\Delta_{(j-1)^*}};$$

$$R_{\partial_{n x_1 x_2 \dots x_{(j-1)^*}}^2} = \frac{\Delta p_{j^*}}{\Delta_{j^*}},$$

$\Delta p_{(j-1)^*}$ ,  $\Delta p_{j^*}$  — определители расширенных матриц парных коэффициентов корреляции соответственно размера  $(j-1)^* \times (j-1)^*$  и  $j^* \times j^*$  для ранжированных факторных признаков;  $\Delta_{(j-1)^*}$ ,  $\Delta_{j^*}$  — определители ранжированных матриц парных факторных коэффициентов корреляции (без 1-й строки и 1-го столбца) размера соответственно  $(j-1)^* \times (j-1)^*$  и  $j^* \times j^*$ ;  $E$  — некоторая достаточно малая величина, задаваемая исследованием до анализа или в процессе анализа факторной схемы.

Вычисление коэффициентов множественной линейной регрессии  $a_i$  и их анализ осуществляются по ограниченному факторному полю  $\tilde{K}^*$  для линейной регрессии вида

$$\tilde{\Xi}_n = a_0 + a_1 x_{1^*} + a_2 x_{2^*} + \dots + a_k x_{k^*}$$

методом наименьших квадратов.

Анализ коэффициентов  $a_i$  уравнения регрессии, характеризующих степень влияния выделенных показателей хозяйственной деятельности предприятия  $x_i$  на надежность (или риски) его экономических действий  $\mathcal{E}_n$ , выполняется после их преобразования в относительные величины. Такой перерасчет осуществляется либо переводом их в нормированные коэффициенты

$$\beta_i = a_i \frac{S_{\mathcal{E}_n}}{\bar{S}_{x_i}},$$

где  $S_{\mathcal{E}_n}$ ,  $\bar{S}_{x_i}$  — оценки средних квадратических отклонений показателя надежности экономических действий и соответствующих показателей хозяйственной деятельности предприятия, выполненные по статистической выборке, либо в коэффициенты эластичности, %,

$$\alpha_i = a_i \frac{\bar{\mathcal{E}}_n}{\bar{x}_i} x_i \cdot 100,$$

где  $\bar{\mathcal{E}}_n$ ,  $\bar{x}_i$  — оценки математического ожидания (средние арифметические) значений показателя надежности экономических действий и соответствующих показателей хозяйственной деятельности предприятия.

### 7.3.3. Графоаналитические методы оценки риска

Графоаналитические методы используются при аналитической оценке влияния рисков на имущественное состояние производственной системы с дальнейшим построением зон рисков и их цены на графических моделях. Типичным примером применения такого метода является построение оценочной шкалы (модели) показателя риска в зависимости от вероятности его проявления (см. рис. 7.3).

Для оценки риска можно также использовать график Лоренца или график частоты возникновения потерь, связанных с риском.

**Пример установления максимального уровня риска по графику Лоренца\*.** Уровень риска  $U_p^{\max}$  определяется по частоте возникновения потерь, которая находится по следующей формуле:

---

\* Источник: Грабовой П.Г., Цай Т.Н. Оценка рисков инвестиционных проектов, реализуемых предприятиями строительной отрасли. — М.: Аланс, 1997. — С. 12—14.

$$F^0 = n' / n_{\text{общ}},$$

где  $F^0$  — частота возникновения некоторого уровня потерь;  $n'$  — число случаев наступления конкретного уровня потерь;  $n_{\text{общ}}$  — общее число случаев в статистической выборке, включающее и успешно осуществленные операции данного вида.

На основе принятых статистических данных составлена табл. 7.2.

Таблица 7.2

ЧАСТОТА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОТЕРЬ  $F^0$  · ДОЛЯ ЕДИНИЦЫ (%)

Год	Безрисковая область	Область риска			
		минимального 2	повышенного 3	критического 4	недопустимого 5
	$F_{\text{общ}}^0$	$F_2^0$	$F_3^0$	$F_4^0$	$F_5^0$
1994	0,75	0,32 (42)	0,33 (44)	0,05 (7)	0,05 (7)
1995	0,80	0,35 (45)	0,2 (25)	0,2 (25)	0,05 (5)
1996	0,85	0,05 (5)	0,17 (20)	0,25 (30)	0,38 (45)

Для определения уровня риска  $U_p^{\text{max}}$  строится квадрат со сторонами  $100 \times 100$  ед. (рис. 7.5). По вертикальной оси откладываются проценты от 0 до 100, по горизонтальной — равные отрезки по количеству зон (в рассматриваемом случае четыре). По вертикальной оси нарастающим кумулятивным итогом наносится частота, %, возникновения потерь  $F^0$ . Так, для 1996 г. эти цифры будут выглядеть так:  $F^0$  во второй области 5%, в третьей — 25%, в четвертой — 55%, в пятой — 100% всех потерь.

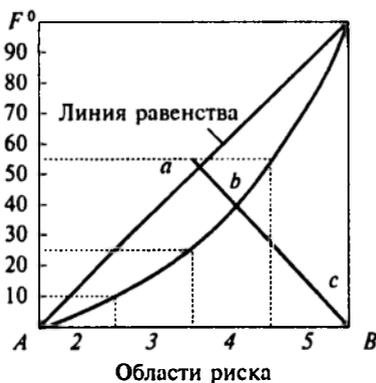


Рис. 7.5. Определение уровня риска  $U_p$  с помощью графика Лоренца

Отложим на графике напротив кумулятивных итогов точки и, соединив их плавной кривой, получим линию Лоренца. Чем более выпукла линия Лоренца, тем больше отрезок, ограниченный этой линией и линией равенства. Вычитая из 1 отношение длины отрезка  $ab$  к длине полудиагонали  $ac$ , получим значение  $У_p$ .

В рассматриваемом случае

$$У_p = \left(1 - \frac{1,67}{7,1}\right)100 = 77\%.$$

Если линия Лоренца имеет изгиб в противоположную сторону, это означает, что частота возникновения потерь в областях критического 4 и недопустимого 5 риска незначительна. По степени кривизны линии Лоренца судим об уровнях риска  $У_p$  в различные наблюдаемые годы функционирования производственной системы.

### **7.3.4. Анализ целесообразности затрат при оценке риска**

При оценке риска в экономических действиях могут возникнуть ситуации, которые приведут к перерасходу средств под влиянием основных факторов оценки и их комбинаций: первоначальная недооценка стоимости; изменения проектных ситуаций, принятых на стадии технико-экономических обоснований; изменение производительности системы; увеличение первоначальной стоимости. Поэтому анализ целесообразности затрат связан с установлением потенциальных областей риска, вызванных изменением параметров факторов под влиянием вновь возникающих ситуаций.

Оценка степени риска (по его зоне действия) позволяет свести к минимуму капитал, подвергаемый риску, путем разбивки процесса утверждения ассигнований проекта на стадии инвестиционного процесса. Стадии должны последовательно утверждаться с минимальным лагом опережения проектных работ и основываться на полноте и достаточности дополнительной информации, появляющейся по мере разработки проекта. На каждой стадии утверждения, проведя анализ подвергаемых риску средств, инвестор может принять решение о прекращении инвестиций. Обычно рекомендуется определять три показателя финансовой устойчивости проекта или систе-

мы с целью определения степени риска финансовых средств (см. разделы 3.3, 4.3). Такими показателями являются:

- излишек (+) или недостаток (-) собственных средств  $\pm E^c$ ;
- излишек (+) или недостаток (-) собственных, средне-срочных и долгосрочных заемных источников формирования запасов и затрат  $\pm E^T$ ;
- излишек (+) или недостаток (-) основных источников для формирования запасов и затрат  $\pm E^H$ .

Тогда балансовая модель устойчивости финансового состояния фирмы имеет следующий вид:

$$F + Z + R^a = I^c + K^T + K' + R^p,$$

где  $F$  — основные средства и вложения;  $Z$  — запасы и затраты;  $R^a$  — денежные средства, краткосрочные финансовые вложения, дебиторская задолженность и прочие активы;  $I^c$  — источник собственных средств;  $K^T$  — средне-срочные, долгосрочные кредиты и заемные средства;  $K'$  — краткосрочные (до 1 года), кредиты, ссуды, не погашенные в срок;  $R^p$  — кредиторская задолженность и заемные средства.

**Пример расчета взаимосвязи кривой риска и финансового состояния производственной системы\***. Для построения кривой риска и финансового состояния вычислим три показателя финансового состояния производственной системы, что позволит определить для каждой финансовой области степень ее устойчивости (см. раздел 4.3).

Наличие собственных оборотных средств равняется разнице источников собственных средств  $I^c$  и основных средств и вложений  $F$ :

$$E^c = I^c - F.$$

Тогда излишек (+) или недостаток (-) собственных средств

$$\pm E^c = E^c - Z.$$

Излишек (+) или недостаток (-) собственных и средне-срочных, долгосрочных источников формирования запасов и затрат

---

\* Источник: Риски в современном бизнесе / П.Г. Грабовой, С.Н. Петрова, С.М. Яровенко и др. — М.: Аланс, 1995.

$$\pm E^H = (E^c + K^T) - Z.$$

Излишек (+) или недостаток (-) общего объема основных источников для формирования запасов и затрат

$$\pm E^H = (E^c + K^T + K^I) - Z.$$

При идентификации области финансовой ситуации используется трехкомпонентный показатель

$$\bar{S} = \{S(\pm E^c), S(\pm E^T), S(\pm E^H)\},$$

где функция определяется следующим образом:

$$S(x) = 1, \text{ если } x \geq 0; \quad S(x) = 0, \text{ если } x < 0.$$

Из изложенного следует:

абсолютная устойчивость финансового состояния задается условиями:

$$\left. \begin{array}{l} \pm E^c \geq 0; \\ \pm E^T \geq 0; \\ \pm E^H \geq 0; \end{array} \right\} \bar{S} = (1, 1, 1);$$

нормальная устойчивость финансового состояния задается условиями:

$$\left. \begin{array}{l} \pm E^c \approx 0; \\ \pm E^T \approx 0; \\ \pm E^H \approx 0; \end{array} \right\} \bar{S} = (1, 1, 1);$$

неустойчивое финансовое состояние, позволяющее восстановить равновесие платежеспособности фирмы, задается условиями:

$$\left. \begin{array}{l} \pm E^c < 0; \\ \pm E^T \geq 0; \\ \pm E^H \geq 0; \end{array} \right\} \bar{S} = (0, 1, 1);$$

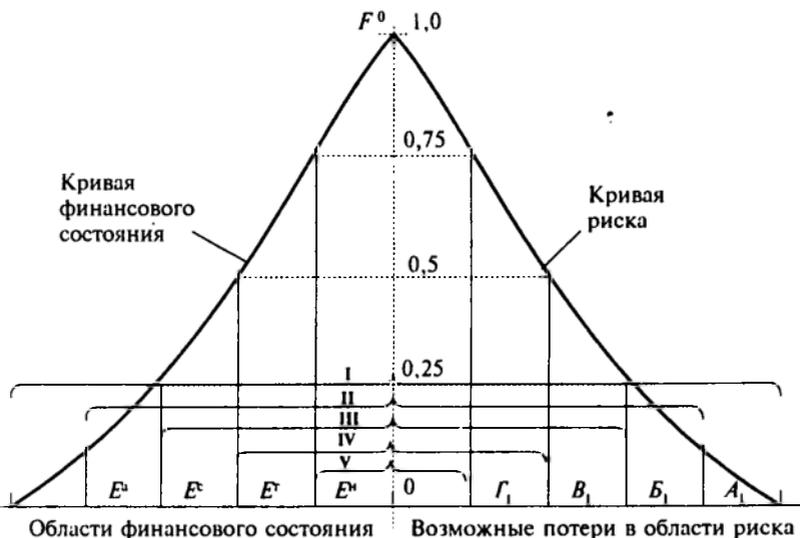
критическое финансовое состояние задается условиями:

$$\left. \begin{array}{l} \pm E^c < 0; \\ \pm E^T < 0; \\ \pm E^H \geq 0; \end{array} \right\} \bar{S} = (0, 0, 1);$$

кризисное финансовое состояние задается условиями:

$$\left. \begin{aligned} \pm E^c < 0; \\ \pm E^T < 0; \\ \pm E^H < 0; \end{aligned} \right\} \bar{S} = (0, 0, 0).$$

На рис. 7.6 поясняется экономический смысл классификации финансовых ситуаций в зависимости от основных области риска. Из рис. 7.6 видно, что абсолютные показатели финансовой устойчивости, которые включают в себя состояние запасов и затрат, равны возможным потерям в области риска.



**Рис. 7.6. Кривые риска и финансового состояния производственной системы в зависимости от возможных потерь и степени устойчивости финансов**

### 7.3.5. Экспертный метод оценки рисков

Основные принципы экспертной оценки экономических и производственных задач были рассмотрены подробно в разделе 3.1. Особенности оценки проектов и возникающих рисков следует отметить в связи с использованием экспертных сис-

тем в интерактивных имитационных моделях, строящихся на базе персональных компьютеров\*.

Основой интерактивных имитационных моделей, строящихся на базе электронно-вычислительной техники (особенно ПК), является использование в процессе функционирования знаний эксперта — высококвалифицированного специалиста в узкой предметной области. Экспертная система при машинной поддержке интеллектуальной деятельности пользователя ориентирована на глубокие эмпирические знания, относящиеся к структуре моделируемого объекта, повышая уровень их системности и интегральности. В итоге формируется синтетическая информация о плохо формализуемых, сложных, стохастических объектах, таких, как оценка рисков в экономических системах.

Характерными особенностями решения указанных задач являются:

- достаточно узкая область экспертизы;
- развитая система общения с пользователем-неспециалистом в области вычислительной техники;
- пользователь-эксперт является источником информации о конкретной ситуации на моделируемом объекте;
- экспертная система представляет пользователю информацию по различным аспектам деятельности объекта с целью облегчения процесса принятия экспертом решения.

Успех функционирования данных систем в значительной степени определяется профессиональной компетенцией инженера-пользователя. От него требуется, в первую очередь, концептуальная оценка предметной области, стратегии решения задач. Существенной также является способность формализации собственных заключений и оценок.

На распространение экспертных интерактивных систем существенно повлияли не только широкое распространение ЭВМ, но и нетехнологические факторы:

- доступность экспертного знания;
- достоверность экспертизы;
- необходимость автоматизации в связи со сложностью моделируемых структур;
- неэффективность традиционных способов трансляции высококачественных специальных знаний.

---

\* *Источник:* Гусаков А.А., Манфред Ю.Б., Прыкин Б.В. Организационно-технологическая надежность строительства. — М.: ББК, 1994. — С. 445 — 447.

Реализация математической модели повышения надежности и снижения рисков в производственных системах в виде экспертной интерактивной системы позволяет устранить многие недостатки, свойственные обычным системам выбора вариантов. Разработанная система может быть отнесена к классу динамических глубинных традиционных систем (рис. 7.7).



Рис. 7.7. Схема получения показателя надежности и уровня риска

Основная задача, стоящая перед экспертной интерактивной системой повышения экономической надежности, состоит в учете, на базе использования возможностей современных персональных вычислительных машин, стохастического характера, динамики, многовариантности и специфических условий производства и возникновения рисков.

Как уже отмечалось, имеющиеся разработки в области моделирования базируются, как правило, на использовании моделей с жестко заданной (или так называемой форсированной технологией). Вместе с тем, сложность производства и действие дестабилизирующих и случайных факторов приводят не только к появлению значительных отклонений в значениях характеристик отдельных работ, а также их групп (участков), но и в целом к изменению технологии сети, ситуаций в производственной системе в целом.

В данном случае оценка и расчет технико-экономических показателей, а также выбор рациональной стратегии поведения и значений параметров системы непосредственно связаны с анализом процесса ее функционирования. Решение подобной задачи достигается путем многовариантности в процессе моделирования, когда формирование варианта зависит от хода отдельной реализации моделируемого процесса, включая уровни рисков и их цены. Подобные требования крайне трудно удовлетворить при использовании стандартных постановок задач на базе перебора вариантов традиционной фиксированной топологии сетевой модели. В связи с этим используются в качестве модифицируемой основы модели различных видов.

Для укрупненных расчетов и управления процессом снижения рисков специалистам производства нужны наглядные простые методики и модели, реально отражающие процесс, позволяющие вносить изменения и обладающие необходимой и достаточной информацией для оперативного принятия решения. В этих условиях именно применение персональной профессиональной компьютерной техники дает возможность построения эффективных решений. Специалисты, работающие в рамках подобных человека-машинных систем, могут наиболее широко активизировать свой творческий потенциал, достичь наилучших результатов с наименьшими затратами.

Предлагаемая система повышения надежности и снижения рисков работает в интерактивном режиме, т.е. в режиме,

когда при взаимодействии с ЭВМ человек имеет возможность в реальном масштабе времени вносить изменения в исходные данные, модель решения задачи, получать и анализировать промежуточные результаты и выполнять расчеты до тех пор, пока не получит удовлетворяющий его требованиям вариант решения.

Таким образом, окончательный вариант решения возникает в результате диалога компьютера и специалиста (коллектива специалистов) — постановщика задачи, обладающего специальными содержательными знаниями по решаемой задаче.

Укрупненно процесс автоматизированного решения задачи может быть представлен в виде взаимоувязанной совокупности блоков — этапов работы.

### **7.3.6. Метод аналогий при оценке риска**

При анализе риска нового проекта весьма полезными могут оказаться данные о последствиях воздействия неблагоприятных факторов риска на другие проекты.

При использовании аналогов применяются базы данных о риске аналогичных проектов, исследовательских работах проектно-изыскательских учреждений, углубленных опросах менеджеров проектов. Полученные таким образом данные обрабатываются для выявления зависимостей в законченных проектах с целью учета потенциального риска при реализации новых проектов.

Некоторые ученые-экономисты считают, что проект представляет собой своего рода «живой» организм, развивающийся, как известно, в следующем порядке: зачатие — рождение — зрелость — старение — смерть.

По аналогии цикл проекта можно разделить на следующие этапы: разработка, выведение на рынок, рост, зрелость, упадок (см. раздел 3.3). С помощью изучения жизненного цикла проекта можно выбрать сведения о реализации любой части проекта и сопоставить причины перерасходования средств.

При использовании метода аналогий следует соблюдать определенную осторожность. Даже в самых правильных и известных случаях неудачного завершения проектов очень трудно создать предпосылки для будущего анализа, т.е. подготовить исчерпывающий и реалистический набор возможных сценариев срывов проектов. Дело в том, что для большинства

отрицательных последствий характерны определенные особенности.

## 7.4. Стратегическое управление рисками

Поскольку риски трудно предсказуемы, так как они появляются под влиянием случайных факторов и факторов неопределенности, то борьба с ними и, в некоторой степени, их нейтрализация, являются стратегической задачей. Необходимо прогнозирование, предвидение ожидаемых отрицательных явлений.

Известно, что стратегия (гр. *strategia* < *stratos* — войско + *ago* — веду) — это искусство планирования, руководства, основанного на правильных и далеко идущих прогнозах. Стратегия управления рисками — это двойная сложность поиска решения, так как неопределенность проявляется как во внутренней структуре производственной системы, так и в ее внешней среде. Поэтому можно сказать, что искусство управления риском в неопределенной хозяйственной ситуации основано на сложном прогнозировании явления и разработке приемов по его снижению, включая установление правил, на основе которых принимаются рисковое решение и способы выбора варианта решения. Такими правилами являются\*:

- максимум выигрыша;
- оптимальная вероятность результата;
- оптимальная колеблемость результата;
- оптимальное сочетание выигрыша и величины риска;
- нельзя рисковать больше, чем это может позволить собственный капитал;
- надо думать о последствиях риска;
- нельзя рисковать многим ради малого;
- положительное решение принимается лишь при отсутствии сомнения;
- при наличии сомнений принимаются отрицательные решения;
- нельзя думать, что всегда существует только одно решение, возможно, есть и другие.

---

\* *Источник* : Балабанов И.Т. Риск — менеджмент. — М.: ЮНИТИ, 1996. — С. 50 — 51.

Сущность правила максимума выигрыша заключается в том, что из возможных рискованных вариантов выбирается такой, который дает наибольшую эффективность результата (выигрыш, доход, прибыль) при минимальном или приемлемом для инвестора риске.

Реализация правила «максимум выигрыша» означает, что прежде, чем принять решение о рисковом вложении капитала, финансовый менеджер должен:

- определить максимально возможный объем убытка по данному риску;
- сопоставить его с объемом вкладываемого капитала;
- сопоставить его со всеми собственными финансовыми ресурсами и определить, не приведет ли потеря этого капитала к банкротству данного инвестора.

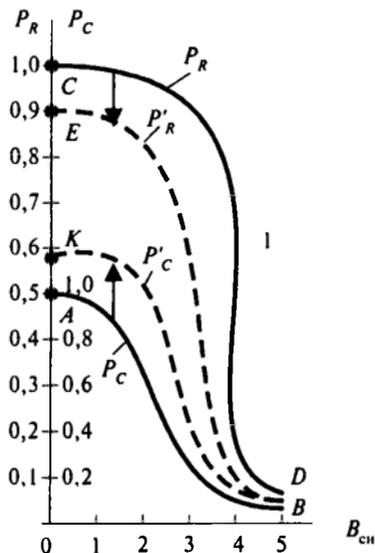


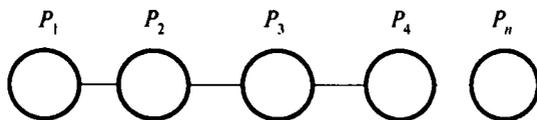
Рис. 7.8. Взаимосвязь вероятности надежности производственной системы  $P_C$  и вероятности риска под влиянием случайных факторов и факторов неопределенности  $P_R$  с результатами функционирования производственной системы  $B_{си}$

Если рассматривать вероятность надежности получения результата производственной системы  $B_{си}$  в виде кривой  $P_C$  (рис. 7.8), то это будет означать, что в области  $OAB$  результат достигнут. Если же вероятность распределения рискованного решения характеризуется кривой  $P_R$ , то в этом случае полный и

надежный результат может быть достигнут только при условии, что производственная система обладает надежностью, аналогичной кривой риска. Следовательно, предприниматель, обладая надежностью системы  $P_c$ , принимает рисковое решение, в случае благополучного стечения обстоятельств, т.е. при отсутствии случайных и неопределенных факторов, прогнозирует получить результаты по закону распределения  $P_R$ . В этом случае риск составляет область  $ABDC$  и может обеспечить выигрыш или проигрыш на эту величину. Весьма заманчивое и столь же опасное предпринимательство. Ясно, что серьезный предприниматель, в первую очередь, будет искать пути снижения риска при одновременном повышении результата, т.е. постарается управлять рисками. Основной и единственной концепцией сокращения риска являются действия по сближению кривой его вероятности  $P_R$  с кривой надежности системы  $P_c$  путем снижения уровня риска (кривая  $P'_R$ ) и повышения надежности системы (кривая  $P'_c$ ). В основе управления рисками должна лежать теория надежности систем, из которой можно использовать три основных положения:

1. *Не завышай необоснованно уровня риска.* Поскольку надежность системы — есть среднестатистическая величина, то риск ее повышения на значение дисперсии надежности или, в крайнем случае, на значение среднего квадратического отклонения не грозит какими-либо потерями, так как находится в зоне допустимого колебания (см. раздел 5.3.1)

2. *Снижай риск путем повышения надежности системы через обеспечение надежности ее элементов.* Надежность системы, в первую очередь, зависит от надежности ее элементов и надежности их взаимосвязей. Если представить производственную систему в виде последовательного соединения  $n$  элементов:

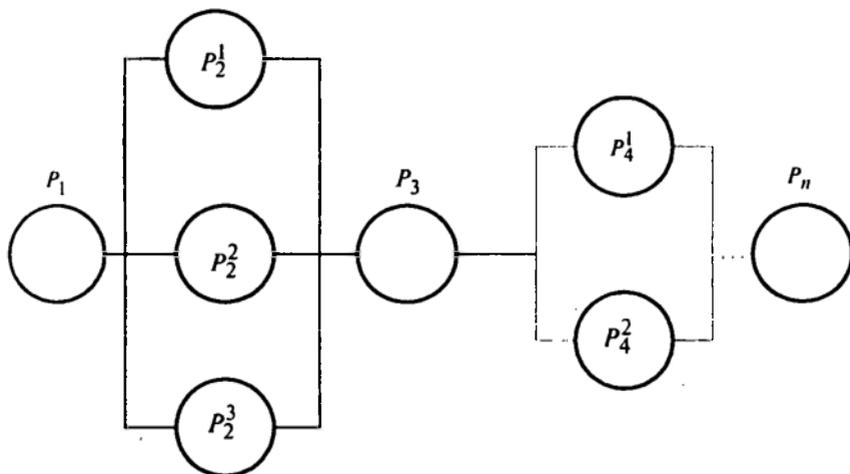


то надежность системы будет равна произведению надежностей ее элементов:

$$P_{\text{ин.пос}} = P_1 P_2 P_3 P_4 \dots P_n$$

Видно, что рост надежности использования предметов труда, орудий труда, живого труда, капитала и информации есть залог снижения риска в принимаемых решениях.

3. *Снижай риск путем резервирования элементов системы, дробя и располагая их параллельно.* Надежность параллельных цепей системы всегда выше надежности последовательного их соединения:



В этом случае надежность системы

$$P_{\text{ин.пар}} = \left\{ P_1 \left[ 1 - (1 - P_2)^3 \right] P_3 \left[ 1 - (1 - P_4)^2 \right] \dots P_n \right\}.$$

В практической деятельности фирм (предприятий) для управления рисками используют именно эти три положения.

В качестве методов управления риском можно рассматривать приемы риск-менеджмента. Они состоят из *средств разрешения рисков и приемов снижения степени риска*. Средствами разрешения рисков являются избежание их, удержание, передача, снижение степени.

*Избежание риска* означает простое уклонение от мероприятия, связанного с риском. Однако избежание риска для инвестора зачастую означает отказ от прибыли.

*Удержание риска* — это оставление риска за инвестором, т.е. на его ответственности. Так, инвестор, вкладывая венчурный капитал, заранее уверен, что он может за счет собственных средств покрыть возможную потерю венчурного капитала.

*Передача риска* означает, что инвестор передает ответственность за риск кому-то другому, например страховой компании. В данном случае передача риска происходит путем страхования риска.

*Снижение степени риска* — это сокращение вероятности и объема потерь. Наибольшее распространение в практике управления получили следующие методы снижения степени риска:

- ограничение уровня назначения риска;
- повышение надежности элементов производственных систем;
- повышение надежности управления рисками производственной системы;
- смешанные методы.

### **7.4.1. Ограничение уровня назначения риска**

В основу данного метода избирается глубокая проработка тенденций экономической среды предприятия, рынков, государства и сообщества. Научные методы прогнозирования тенденций, оценки складывающихся ситуаций позволяют установить условия, соответствующие зонам риска (см. раздел 5.2.1). Подготовленные и обоснованные варианты представляются Совету предпринимателей для выбора уровня риска проекта. В зависимости от назначения уровня риска принимается к разработке соответствующий вариант проекта. В большинстве случаев принимается первая зона уровня риска, не превышающая потерь, равных чистой прибыли.

**Пример моделирования уровня риска при оценке проекта\***. Моделирование осуществляется для установления уровня риска проекта при учете экономической, социально-политической, фискально-монетарной и отраслевой неустойчивости и оценки выгоды и невыгоды проекта (доход и потери) при альтернативных вариантах вложения инвестиционных средств. Ставятся задачи:

- ограничить условия порогового (минимального и максимального) значения доходности;
- установить доверительную зону регулируемости риска;
- ограничить расчетную приемлемую ставку доходности.

---

\* *Источник*: Риски в современном бизнесе/ П.Г. Грабовой, С.Н. Петрова, С.М. Яровенко и др. — М.: Аланс, 1995.

Риск банкротства инвестиционного проекта по вариационному систематическому полю риска на основе функций дисконтирования стоимости проекта (табл. 7.3) и градации степени риска  $\beta$ -ситуаций рынка (табл. 7.4). При расчетах принимаются следующие условия:

- взвешенная свертка балльных оценок вида риска определяется из уравнения

$$P = \sum_{j=1}^N A_j P_j; \quad P_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{n_j} a_{ij} P_{ij},$$

где  $P$  — обобщенный показатель риска;  $N$  — число учитываемых видов риска;  $A_j$  — вес  $j$ -го вида риска;  $P_j$  — показатель  $j$ -го вида риска;  $M$  — размах балльной шкалы (принято от 1 до 10 баллов);  $n_j$  — число учитываемых факторных признаков в  $j$ -м виде риска;  $a_{ij}$  — вес  $i$ -го фактора в  $j$ -м виде риска;  $P_{ij}$  — балльная оценка  $i$ -го фактора в  $j$ -м виде риска.

Т а б л и ц а 7.3

**НЕКОТОРЫЕ ФУНКЦИИ ДИСКОНТИРОВАНИЯ СТОИМОСТИ БЕЗ УЧЕТА И С УЧЕТОМ РИСКА БАНКОТСТВА ПРОЕКТА ФИРМЫ**

Наименование	Без учета риска прекращения деятельности	С учетом риска прекращения деятельности
Современная стоимость единичного платежа	$V_{ne} = \frac{1}{(1 + E_0)^n}$	$V_{neR} = \frac{1 - R}{1 + E_0}$
Современная стоимость единичной постоянной финансовой ренты	$a_{ne} = \frac{1 - (1 + E_0)^{-n}}{E_0}$	$a_{neR} = \frac{(1 + E_0)(1 + P) - (1 - P)^{n+1}}{(1 + R_0)^{n+1} - (1 + E_0)^n(1 - P)}$
Обозначения: $E_0$ номинальная (расчетная) ставка доходности; $P$ — средняя вероятность прекращения деятельности фирмы (банкротство) в течение единичного периода времени $n$ (например, одного года)		

- вес фактора в пределах соответствующего вида риска и вес каждого вида назначается (определяется) в пределах интервала (0 — 1) при их нормировании для условия

$$\sum_{j=1}^{n_j} a_{ij} = 1 \quad \text{и} \quad \sum_{j=1}^N A_j = 1;$$

• показатели риска по видам и обобщенный показатель риска принимают значения из интервала  $0 < P_j < 1$  и  $0 < P < 1$ ;

Таблица 7.4

**ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА  $\beta$   
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИТУАЦИИ РЫНКА**

Степень риска	$\beta$
Риск отсутствует	$\beta = 0$
Риск ниже среднерыночного	$0 < \beta < 1$
Риск на уровне среднего по рынку для данного вида сложных	$\beta = 1$
Риск выше среднерыночного	$1 < \beta < 2$

Степень риска с полным правом может быть интерпретирована как мера возможности банкротства проекта ( $P_6 = P$ ). Тогда в соответствии с табл. 7.3 ставка дисконта с учетом рискованной премии  $E_6$  в зависимости от значений безрисковой ставки  $E_0$  и риска банкротства  $P_6$  может быть определена из балансового соотношения

$$\frac{1}{1 + E_6} = \frac{1 - P_6}{1 + E_0},$$

которое после несложных преобразований получит вид:

$$E_6 = \frac{E_0 + P_6}{1 - P_6}.$$

Для данного соотношения построен график (рис. 7.9), который дает наглядное представление о зависимости между рисками банкротства  $P_6$ , безрисковой ставкой дисконта  $E_0$  и ее значением  $E_6$ , учитывающим рисковую премию.

Анализ графика позволяет сделать, по крайней мере, два важных вывода:

- в пределах значений  $E_0$  и  $E_6$ , ограниченных соответственно  $E_0 \leq 0,5$  и  $E_6 \leq 1$ , риск банкротства для принятой степени риска не должен превышать  $P_6 < 0,25 + 0,5$ ;

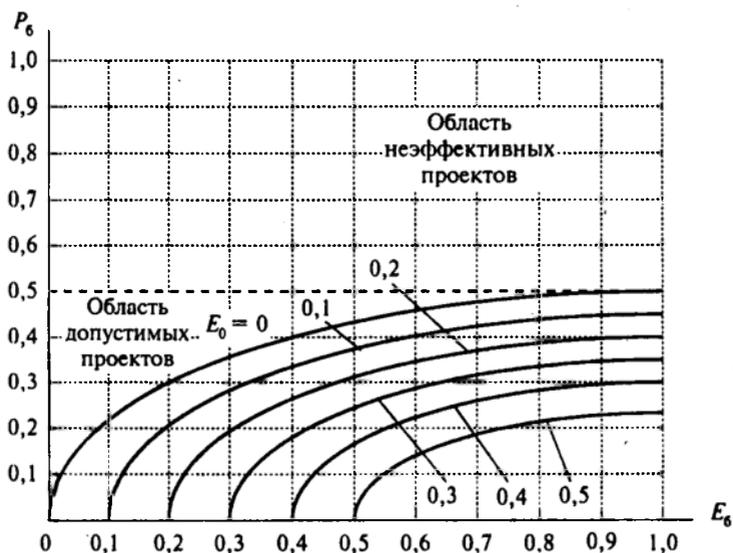


Рис. 7.9. Зависимости между ставкой дисконта, безрисковой ставкой и степенью риска проекта

- кривая, соответствующая  $E_0 = 0$ , дает предельное (пороговое) ограничение на  $IRR$  (внутреннюю ставку доходности), учитывающую риск банкротства:

$$IRR > E_{60},$$

которое может быть принято в качестве необходимого условия дальнейшего анализа проекта.

**Установление уровня риска доходности альтернативного «портфеля» на рынке ценных бумаг.** Этот риск определяется исходя из условия, что доходность на рынке ценных бумаг является случайной величиной, подчиненной, как правило, нормальному закону распределения со следующими параметрами: математическое ожидание доходности портфеля и среднее квадратическое отклонение доходности.

При анализе уровня риска и альтернативных вложений в ценные бумаги в качестве математического ожидания «портфеля» может быть принято обобщенное среднее значение биржевого индекса доходности  $R$ , прогнозируемого на период окупаемости жизненного цикла проекта. Прогноз осуществляется на основании анализа статистической выборки временного ряда

биржевых индексов доходности, получения уравнения тренда и его экстраполяции на заданный период.

Среднее квадратическое отклонение доходности «портфеля» ценных бумаг на практике с достаточной точностью может быть получено на основании известного в теории вероятностей «правила трех сигм». Если принять уровень доходности по государственным ценным бумагам (как и биржевой индекс, он может быть получен на основании статистического анализа и экстраполяции) за безрисковый уровень  $R_{\min}$ , то среднее квадратическое отклонение доходности «портфеля» при указанном допущении

$$\sigma_R = (\bar{R} - R_{\min}) / 3,$$

где  $R$  — среднерыночная доходность «портфеля».

Тогда для принятого риска банкротства  $P_6$  и нормального закона распределения доходности «портфеля» можно определить допустимый уровень альтернативной доходности на рынке ценных бумаг  $R_p$  из соотношения

$$P_6 = P(R_{\min} < R < R_p) = F_{\beta} \left\{ \frac{R_p - \bar{R}}{\sigma_R} \right\} - F \left\{ \frac{R_{\min} - \bar{R}}{\sigma_R} \right\},$$

где  $F(\beta)$  — табличная функция интеграла вероятностей от аргумента  $\beta = (R - \bar{R}) / \sigma_R$ :

$$F(\beta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}.$$

Учитывая нечетность функции  $F(-\beta) = -F(\beta)$  и подставив значение  $\sigma_R$ , получим зависимость

$$P_6 = F \left\{ 3 \frac{R_p - \bar{R}}{R - R_{\min}} \right\} + F(3).$$

Принимая  $F(3) = 0,4987 \approx 0,5$  и  $\beta = 3 \frac{R_p - \bar{R}}{R - R_{\min}}$ , запишем:

$$P_6 = F(\beta) + 0,5,$$

или для обратной функции интеграла вероятностей

$$F^{-1}(0,5 - P_6) = \beta = 3 \frac{R_p - \bar{R}}{R - R_{\min}}.$$

Тогда уровень доходности «портфеля» для заданного риска  $P_6$  будет определяться по следующему соотношению:

$$R_p = \bar{R} + (1/3)F^{-1}(0,5 - P_6)(\bar{R} - R_{\min}),$$

или для значения  $\beta$ , определяемому по графику интеграла вероятности (см. рис. 7.9) в зависимости от  $P = |P_6 - 0,5|$ , это соотношение может быть переписано в виде

$$R_p = \begin{cases} R_{\min} & \text{при } P_6 = 0; \\ \bar{R} - \frac{\beta}{3}(\bar{R} - R_{\min}) & \text{при } 0 < P_6 < 0,5; \\ \bar{R} & \text{при } P_6 = 0,5; \\ \bar{R} + \frac{\beta}{3}(\bar{R} - R_{\min}) & \text{при } P_6 > 0,5. \end{cases}$$

Таким образом, получено соотношение для определения уровня доходности «портфеля» ценных бумаг с учетом уровня риска, аналогичное соотношениям  $\beta$ -анализа, уточненного на интервалах  $(0; 0,5)$  и  $(0,5; 1)$ .

Сравнительный анализ  $E_6$  и  $R_p$ , полученных для одного и того же уровня риска и альтернативного «портфеля»  $P_6$ , позволяют сформулировать основные принципы теории управления рисками:

- выгодность вложений инвестиционных средств при  $E_6 \geq R_p$  определяется по норме дисконта, учитывающего рисковую премию  $E_p$ ;
- выгодность вложений в ценные бумаги при  $R_p > E_6$  и возможность отказа от операций определяются уровнем снижения риска проекта по приоритетной доходности.

## 7.4.2. Повышение надежности элементов производственной системы при наличии риска

Методы повышения надежности элементов производственных систем подробно рассмотрены в гл. 3. Кроме того, многие всемирно известные фирмы, как правило, не рискуют, а добиваются стабильных и долговременных условий работы, повышая надежность производственных процессов, в том числе постоянно внедряя новейшие достижения науки и техники; не стремясь максимально загрузить производственные мощности до рискованных уровней; обеспечивая качественную стабильность

продукции, систематически повышая ее качество; удерживая постоянно секторы рынка и максимально стимулируя постоянную среду потребителей. Успехов здесь можно добиться на основе перечисленных условий только тогда, когда каждый элемент и система в целом не будут снижать показателей надежности своей работоспособности ниже заданного уровня. Поэтому в данных условиях отпадает необходимость переходить границу рискованных ситуаций.

### **7.4.3. Повышение надежности управления рисками производственных систем**

Практически в этой области используются десятки различных методов управления рисками. Следует отметить их общность, основанную на использовании принципов резервирования различных видов ресурсов и расчленения функций и ответственности управления рисками на параллельные звенья. Даже резкое снижение надежности работы некоторых звеньев при параллельном дублировании функций не могут нанести значительного ущерба результатам действия системы.

К методам управления рисками можно отнести:

- диверсификацию;
- распределение риска между участниками проекта;
- резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов;
- страхование и перестрахование;
- хеджирование.

**Метод диверсификации.** *Диверсификация* — это инвестирование финансовых средств в более чем один вид активов, т.е. это процесс распределения инвестируемых средств между различными объектами вложения, которые непосредственно не связаны между собой. Производственная система в своей хозяйственной деятельности, предвидя падение спроса или заказов на основной вид работ, готовит запасные фронты работ, или переориентирует производство на выпуск другой продукции. Использование диверсифицированного портфельного подхода на рынке ценных бумаг (комбинация разнообразных ценных бумаг) позволяет максимально снизить вероятность недополучения дохода, а, например, диверсифи-

кация в строительстве широко используется и предусматривает два основных способа управления рисками — *активный и пассивный*.

*Активное управление* представляет собой составление прогноза размера возможных доходов по основной хозяйственной деятельности от реализации нескольких инвестиционных проектов.

Активная стратегия производственной системы по продвижению строительной продукции на рынок включает в себя, с одной стороны, пристальное отслеживание, изучение и реализацию наиболее эффективных инвестиционных проектов, значительный захват доли строительного рынка со специализацией по выпуску однородной строительной продукции, а с другой — максимально быструю переориентацию одного вида работ на другой, включая возможную гибкую передислокацию ресурсов за счет их мобильности.

На рынке ценных бумаг существуют четыре основные формы активного управления рисками:

- «подбор чистого дохода» (продаются ценные бумаги с более низким доходом, а покупаются с более высоким);
- «о д м е н а» (обмениваются две похожие по доходности ценные бумаги, но не идентичные, например, по срокам компенсации);
- «с е к т о р - с в о п» (перемещение ценных бумаг из разных секторов экономики, с различными сроками их действия);
- п р е д в и д е н и е учетной ставки как в сторону увеличения срока действия финансового портфеля, когда ставки снижаются, так и в сторону сокращения срока действия, когда ставки растут. При этом чем больше срок действия портфеля, тем больше цена портфеля подвержена изменениям учетных ставок.

*Пассивное управление*, как менее гибкое, предусматривает создание неизменного стационарного рынка постоянного вида продукции, по которому заранее определены уровни риска, и стабильное удерживание своих позиций в отрасли. Пассивное управление отличается невысоким, но стабильным оборотом и прибылью.

При диверсификации возможны спады и вероятные потери, но они не могут произойти одновременно во всех секторах рынка и на всех параллельных производственных процес-

сах. Диверсификация основывается на теории надежности функционирования параллельных систем, и этому методу защиты от рисков присущи все выгоды, связанные с резервированием надежности.

**Распределение риска между участниками проекта.** В отличие от диверсификации данный метод предусматривает создание параллельных звеньев не в вещественных элементах производства, а среди субъектов, несущих ответственность за принятие рискованных решений. Естественно, удельный вес риска снижается пропорционально количеству участников проекта.

Распределение риска между участниками проекта осуществляется еще в процессе подготовки плана реализации проекта и оформления контрактных документов. При этом все возможные риски оцениваются и распределяются между участниками проекта таким образом, чтобы каждый мог брать на себя зависящие от него риски. Так, функционально заказчик несет на себе ответственность за риски, связанные с эксплуатацией объекта; подрядчик берет на себя риск завершения строительства объекта и ввода его в эксплуатацию; поставщики материалов и оборудования принимают на себя риск, связанные с комплектностью, качеством и своевременностью поставок. При заключении контрактов из множества факторов риска выбирают те, которые имеют прямое отношение к конкретному контракту и являются значимыми. Так, в качестве факторов, оказывающих наибольшее влияние на конечные результаты, можно назвать такие: срок строительства; характер взаимоотношений между заказчиком и подрядчиком; мощность строительной организации; территориальное размещение объектов; финансовое положение подрядчика; вид строительства; вид строительных работ и др.

Для количественного распределения риска используется модель «дерево решений», в ветви которого включены возможные пути развития проекта с учетом вероятности рисков и времени их наступления. Этот метод управления рисками называют «качественным действием защиты».

Качественное распределение риска подразумевает принятие ряда решений, которые либо расширяют, либо сужают диапазон потенциальных участников проекта. Чем большую степень риска намереваются возложить на одного из участников проекта, тем труднее привлечь опытных инвесторов к

финансированию проекта. Поэтому при ведении переговоров рекомендуется проявлять максимальную гибкость относительно того, какую долю риска они согласны на себя принять. Например, желание обсудить вопрос о принятии участниками проекта на себя большей доли риска может убедить опытных инвесторов снизить свои требования.

Обычная практика распределения риска заключается в том, чтобы сделать ответственным за риск того участника проекта, который в состоянии лучше всех рассчитывать и контролировать риски. Однако в жизни часто бывает так, что именно этот партнер недостаточно крепок в финансовом отношении, чтобы преодолеть последствия от действия рисков.

Не надо забывать, что фирмы-консультанты, поставщики оборудования и даже большинство подрядчиков имеют ограниченные средства для компенсации риска, которые они могут использовать, не подвергая опасности свое существование.

Распределение риска реализуется при разработке финансового плана проекта и контрактных документов. Как и анализ риска, его распределение между участниками проекта может быть качественным и количественным.

Последовательность решений по выбору того или иного заказа определяется на стадии формирования портфеля заказов. Эта проблема носит двойственный характер, обусловленный участием в инвестиционном проекте, по меньшей мере, двух сторон — покупателя и продавца, или заказчика и исполнителя. С одной стороны, заказчик стремится по возможности уменьшить стоимость контрактов, при этом все требования по срокам и качеству должны быть выполнены, с другой — исполнитель при формировании портфеля заказов стремится к получению максимальной прибыли. Прибыль исполнителя, т.е. оценка портфеля заказов, может быть определена по формуле

$$\Pi = (K + Y_1)^{P(Y_1)}(K + Y_2)^{P(Y_2)} \dots (K + Y_n)^{P(Y_n)},$$

где —  $\Pi$  прибыль фирмы с учетом неопределенности;  $K$  — первоначальный капитал фирмы;  $Y_i$  — возможная прибыль фирмы;  $i = 1, \dots, n$ ;  $n$  — число возможных исходов событий при выполнении проекта;  $P(Y_i)$  — вероятность каждого исхода.

Рост размеров и продолжительность инвестирования проектов, разнообразие и сложность, внедрение новых методов и технологий в их реализацию, высокая динамичность внешней

среды, окружающей любую фирму, конкуренция, инфляция и другие отрицательные факторы приводят к росту степени риска в процессе осуществления проекта.

**Резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов.** Этот метод управления рисками предусматривает установление соотношения между потенциальными рисками, влияющими на стоимость проекта, и размерами расходов, необходимых для преодоления сбоев при выполнении проекта. Наиболее сложной проблемой при создании резерва является оценка потенциальных последствий рисков, т.е. определение сумм на покрытие непредвиденных расходов\*. При определении суммы резерва на покрытие непредвиденных расходов необходимо учитывать точность первоначальной оценки стоимости проекта и его элементов. Точность оценки стоимости проекта влияет на размер резерва. Если оценка не учитывает в полной мере реальное влияние на проект потенциального риска, то неизбежен значительный перерасход средств. Если тщательно определен резерв на непредвиденные расходы, то перерасход средств по проекту сводится до минимума.

Резерв, учтенный в контракте, подразделяется на общий и специальный. Общий резерв должен покрывать изменения в смете, добавки к общей сумме контракта и другие аналогичные затраты. Специальный резерв включает в себя надбавки на покрытие роста цен, увеличение расходов по отдельным позициям, а также на оплату исков по контрактам.

Резерв средств на покрытие непредвиденных расходов не должен использоваться для компенсации затрат, понесенных вследствие неудовлетворительной работы.

Резерв средств может использоваться:

- для ассигнования вновь выявленной работы по проекту;
- увеличения ассигнований на работу, для выполнения которой было запланировано недостаточно средств;
- временного ассигнования работ, для которых еще не выделены средства;
- компенсации непредвиденных изменений элементов затрат, возникших в ходе реализации проекта.

---

\* *Источник:* Управление проектами / Н.И. Ильин, И.Г. Лукманова, А.М. Немчин и др.: Под общ. ред. В.Д.Шапиро. — СПб.: ДваТрИ, 1996.

Непредвиденные расходы включаются в бюджет как самостоятельная статья и утверждаются ответственным руководителем\*. После выполнения работы, для которой выделен резерв на покрытие непредвиденных расходов, можно сравнить плановое и фактическое распределение непредвиденных расходов, и на этой основе определить тенденции использования непредвиденных расходов до завершения проекта. При этом неиспользованная часть выделенного резерва на покрытие непредвиденных расходов может быть возвращена в резерв проекта.

В простых проектах бюджет для покрытия непредвиденных расходов может быть передан в распоряжение менеджера проекта, который получает право использования его в течение определенного времени или для определенных целей. Если, например, увеличение объема работ рассмотрено и принято, бюджет менеджера проекта для покрытия непредвиденных расходов увеличивается, а использованная часть резерва может быть отнесена на общую смету проекта.

Определенная часть средств, предназначенная для покрытия непредвиденных расходов, обычно называемая общим резервом, должна остаться под прямым контролем высших руководителей. (рис. 7.10).

**Страхование и перестрахование риска.** Страхование риска есть, по существу, передача определенных рисков страховой компании как параллельному участнику, повышающему надежность системы.

При страховании производственная система практически увеличивает степень своего резервирования путем дополнительных затрат, величина которых намного ниже, чем возможная потеря от риска.

Обычно применяются два основных способа страхования: *имущественное страхование* и *страхование от несчастных случаев*.

*Имущественное страхование* может иметь следующие формы:

- страхование риска производства;
- страхование морских грузов;
- страхование оборудования, принадлежащего подрядчику.

---

\* *Источник:* Цай Т.Н., Грабовой П.Г. и др. Конкуренция и управление рисками на предприятиях в условиях рынка — М.: Аланс, 1997.

	Система проекта	Целевой бюджет	Скорректированный бюджет
Текущий объем работ	A, B, C	A, B, C	A, B, C
Ожидаемые изменения объема работ	D	E <sub>1</sub>	E <sub>1</sub>
		D	50% D
		F <sub>1</sub>	50% F <sub>1</sub>
Рост затрат	E <sub>1</sub>	G	50% D
	E <sub>2</sub>		50% F <sub>1</sub>
	F <sub>1</sub>		50% G
	F <sub>2</sub>		Рабочий бюджет
Резерв менеджера проекта	G	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub>
		F <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>
Общий резерв руководства проекта	H	H	H

**Рис. 7.10. Пример использования резервов на непредвиденные расходы:**

$E_1$  — база для известных работ;  
 $E_2$  — резерв для известных объемов работ;  
 $F_1$  — база для изменений;  $F_2$  — резерв для изменений

*Страхование от несчастных случаев* включает:

- страхование общей гражданской ответственности;
- страхование профессиональной ответственности.

Рассмотрим особенности основных форм страхования.

При страховании процесса производства от риска материальных потерь или ущерба договоры страхования риска могут быть трех типов:

- стандартный договор страхования от пожара — служит защитой от прямых материальных потерь и/или повреждений указанной в договоре собственности от пожара;
- расширенный договор страхования от пожара — включает стандартный договор страхования от пожара и одно или несколько специфических дополнений, учитывающих потребности конкретного страхователя (обычно в такое дополнение включа-

ют риски, связанные с ураганом, градом, взрывом, гражданскими волнениями);

- договор страхования от всех рисков — обычно учитывает конкретные потребности подрядчика и может предоставлять ему более широкий выбор страховых услуг (такой договор обеспечивает страхование материальных потерь или ущерба застрахованного имущества, за исключением тех рисков, которые специально оговариваются в договоре как нестрахуемые).

Страхование морских грузов предусматривает защиту от материальных потерь или повреждений любых перевозимых по морю или воздушным транспортом грузов.

Страхование оборудования, принадлежащего подрядчику, широко используется подрядчиками и субподрядчиками, когда в своей деятельности они применяют большое количество принадлежащего им оборудования с высокой восстановительной стоимостью.

Страхование общей гражданской ответственности является формой страхования от несчастных случаев и имеет целью защищать генерального подрядчика в случае, если в результате его деятельности «третья сторона» потерпит телесное повреждение, личный ущерб или повреждение имущества.

Страхование профессиональной ответственности требуется только в том случае, когда предприятие (фирма) несет ответственность за подготовку технического проекта, управление проектом, оказание других профессиональных услуг по проекту.

Возможны случаи перестрахования имущественного состояния с учетом перестраховщика. При этом устанавливается максимум участия перестраховщика в покрытии риска, который называется кратностью собственного участия цедента. Например, когда максимум участия перестраховщика равен 5 долям собственного участия цедента, то это означает, что договор перестрахования предусматривает покрытие 5 долей, или 5 перестраховочных минимумов. При заключении договора эксцедентного перестрахования исключаются любые риски, страховая сумма которых меньше или равна установленному для данного портфеля количеству долей собственного участия страховщика. И наоборот, риски, страховая сумма которых превышает собственное участие страховщика, считаются перестрахованными. Чем

выше страховая сумма для данного риска, тем больше процент перестраховки.

Непропорциональное перестрахование характеризуется тем, что в нем нет верхнего предела ответственности страховщика. При непропорциональном перестраховании не применяется принцип участия перестраховщика в платежах и выплатах страхового возмещения, исходя из процента перестрахования. Если при пропорциональном перестраховании интересы перестрахователя и перестраховщика в целом совпадают, то при непропорциональном перестраховании интересы сторон могут приобрести противоречивый характер. Смысл этих противоречий состоит в том, что достижение дополнительных финансовых результатов перестрахователем не сопровождается аналогичными результатами у перестраховщика. Даже более, перестраховщик может понести убытки.

**Перенос цены риска с одного лица на другое (хеджирование).**  
*Хеджирование* осуществляется с помощью заключения срочных контрактов: ф о р в а р д н ы х , ф ь ю ч е р с н ы х и о п ц и о н н ы х .

**Ф о р в а р д н ы й к о н т р а к т** — это соглашение между двумя сторонами о будущей поставке предмета контракта, которое заключается вне биржи и обязательно для исполнения.

**Ф ь ю ч е р с н ы й к о н т р а к т** — это соглашение между двумя сторонами о будущей поставке предмета контракта, которое заключается на бирже, а его исполнение гарантируется расчетной палатой биржи.

**О п ц и о н н ы й к о н т р а к т** — это соглашение между двумя сторонами о будущей поставке предмета контракта, которое заключается как на бирже, так и вне биржи и представляет право одной из сторон исполнить контракт или отказаться от его исполнения.

Предметом соглашения могут выступать различные активы — валюта, товары, акции, облигации, индексы и др.

Существуют две операции хеджирования:

- х е д ж и р о в а н и е н а п о в ы ш е н и е ;
- х е д ж и р о в а н и е н а п о н и ж е н и е ;

**Х е д ж н а п о в ы ш е н и е** применяется в тех случаях, когда необходимо застраховаться от возможного повышения цен или курсов ценных бумаг в будущем.

Хеджер, осуществляющий хеджирование на опционе, предполагает совершить в будущем продажу товара, и поэтому, продавая на бирже срочный контракт или опцион, он страхует себя от возможного снижения цен в будущем.

Хеджер стремится снизить риск, вызванный неопределенностью цен на рынке, с помощью покупки или продажи срочных контрактов. Это дает возможность прогнозирования доходов или расходов, хотя риск, связанный с хеджированием, не исчезает. Его берут на себя предприниматели, идущие на получение прибыли при игре на разнице цен.

### **Вопросы для обсуждения**

- 1. С какой целью повышают надежность функционирования производственной системы в условиях риска?*
- 2. Проанализируйте понятие «риск предпринимателя».*
- 3. Можно ли связать надежность системы и риски в хозяйственной деятельности?*
- 4. Перечислите десять правил управления рисками.*
- 5. Дайте общую классификацию рисков.*
- 6. Изобразите блок-схему анализа рисков и методов управления ими.*
- 7. Разъясните принцип построения оценочной шкалы показателя риска.*
- 8. Перечислите основные методы оценки риска.*
- 9. В чем суть аналитических методов оценки риска?*
- 10. Какие основные оценочные коэффициенты риска получили наибольшее распространение в практике?*
- 11. Раскройте смысл и порядок проведения расчетов при использовании статистических методов оценки риска.*
- 12. Дайте анализ графика Лоренца для определения степени риска в хозяйственных решениях.*
- 13. Какие экспертные методы оценки рисков известны вам?*
- 14. В чем сущность использования интерактивных имитационных моделей на ЭВМ при экспертной оценке рисков?*
- 15. Постройте в общем виде график взаимосвязи кривых риска и финансового состояния производственной системы. Разъясните, как им пользоваться.*
- 16. Для чего используется анализ целесообразности затрат при оценке рисков?*
- 17. Охарактеризуйте метод аналогий при оценке риска.*
- 18. Сформулируйте теоретические положения перехода надежности при рискованных решениях.*
- 19. В чем смысл стратегического управления рисками?*

20. Использование теории надежности при оценке риска, на какие основные положения следует опираться при снижении уровня риска?

21. Изобразите график взаимосвязи кривых надежности и риска. Какие действия необходимо осуществлять для того, чтобы сблизить эти кривые?

22. Перечислите приемы риск-менеджмента.

23. Следует ли ограничивать уровень назначения риска?

24. Что такое риск банкротства инвестиционного проекта?

25. Раскройте сущность зависимости ставки дисконта от безрисковой ставки.

26. Что такое риск доходности альтернативного «портфеля» на рынке ценных бумаг?

27. Какие существуют методы и принципы повышения надежности элементов производственной системы при наличии риска?

28. Назовите наиболее перспективные методы повышения надежности системы при наличии риска.

29. Как можно распределить риск между участниками проекта?

30. Способствует ли резервирование ресурсов снижению степени риска?

31. Что такое страхование и перестрахование риска?

32. Как осуществить перенос цены риска с одного лица на другое (хеджирование)?

---

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>1. Организация как система</b>	<b>16</b>
1.1. Системы. Характеристика систем	16
1.2. Производственное предприятие как система	20
1.2.1. Внутренняя среда предприятия	29
1.2.2. Внешняя среда предприятия	35
1.2.3. Производственно-техническая среда предприятия	42
<b>2. Комплексный анализ производственного процесса</b>	<b>49</b>
2.1. Оценка интенсивности и эффективности производства	49
2.2. Анализ производства и реализации продукции	53
2.3. Анализ ритмичности производства	59
2.4. Анализ изделия (объекта) на технологичность	62
2.5. Разработка и анализ оперативно-плановых заданий	76
2.5.1. Анализ способов производства и их рациональных параметров	79
2.5.2. Анализ производства комплекта изделий	84
2.5.3. Технический анализ технологического процесса в любом производстве	90
2.5.4. Анализ рационального распределения заказов по отдельным технологическим линиям	95
2.5.5. Закрепление за линией различных типоразмеров изделий	104
2.5.6. Анализ программы запуска изделий	107
2.5.7. Анализ последовательности обработки изделий технологического ряда	108
2.5.8. Анализ выбора рациональных агрегатов обработки изделий	113
<b>3. Анализ использования элементов производства</b>	<b>119</b>
3.1. Анализ использования трудовых ресурсов	119
3.2. Анализ использования материальных ресурсов	130
3.3. Анализ использования основных производственных фондов	135
3.4. Анализ производственной информации	141
<b>4. Оценка потенциалоёмкости производственных систем</b>	<b>160</b>
4.1. Общая постановка проблемы	160
4.2. Свойства потенциалоёмкости производственной системы и составляющих ее интеграций	167
4.2.1. Интеграция показателей продукции	169

4.2.2. Интеграция показателей техники, технологии и организации производства	171
4.2.3. Интеграция показателей региональных условий	174
4.2.4. Интеграция материальных ресурсов	174
4.2.5. Интеграция, характеризующая перемещение элементов производства в пределах производственной инфраструктуры	176
4.2.6. Движение производственных систем	178
<b>4.3. Жизненный цикл производственной системы</b>	<b>184</b>
4.3.1. Базовые состояния производственной системы при ее проектировании, формировании и функционировании	186
4.3.2. Трансформация и расчет социально-производственной потенциальности производственных систем путем итераций их состояний	192
<b>4.4. Оценка результатов проектирования, формирования и функционирования производственной системы</b>	<b>196</b>
<b>5. Оценка надежности производственной системы по техническим параметрам</b>	<b>203</b>
<b>5.1. Анализ надежности элементов производства</b>	<b>204</b>
5.1.1. Обоснование выбора объектов исследования	204
5.1.2. Экспертная оценка и выбор факторов, влияющих на надежность элементов производства	207
5.1.3. Использование статистических методов для анализа надежности элементов производства	216
5.1.4. Анализ закона распределения отказов во времени	224
5.1.5. Установление коэффициентов готовности элементов производства	225
<b>5.2. Анализ надежности производственной системы</b>	<b>232</b>
5.2.1. Составление схемы совмещения элементов производства на технологический цикл	232
5.2.2. Моделирование степени совмещенности и взаимодействия элементов производства в технологическом процессе	235
5.2.3. Повышение уровня надежности производства через резервирование его элементов	248
5.2.4. Определение рационального уровня надежности технологического процесса (оптимизационные решения)	255
<b>5.3. Достаточность надежности потенциала производственных систем</b>	<b>259</b>
<b>6. Оценка надежности производственной системы по экономическим показателям</b>	<b>265</b>
<b>6.1. Оценка жизненного цикла производственной системы</b>	<b>265</b>
<b>6.2. Пример финансовой оценки инвестиционного проекта</b>	<b>284</b>
6.2.1. Состав и учет затрат периода освоения проекта (строительства)	285
6.2.2. Объем реализации продукции	286
6.2.3. Затраты на производство и реализацию продукции	286
6.2.4. Оборотные средства	287

6.2.5. Среднегодовой фонд заработной платы	288
6.2.6. Основные фонды и амортизационные отчисления	288
6.2.7. Источники финансирования	289
6.2.8. Финансовые и экономические показатели	289
6.2.9. Производственная себестоимость продукции	290
6.2.10. Прибыли и убытки	292
6.2.11. Поступление и расход денежных средств	296
6.2.12. Расчетный баланс	298
6.2.13. Основные показатели финансовой деятельности предприятия (системы)	301
<b>6.3. Оценка надежности экономической деятельности производственной системы</b>	<b>305</b>
6.3.1. Функциональный анализ экономической деятельности производственной системы	306
6.3.2. Готовность системы к ликвидности и платежеспособности (первое финансовое равновесие)	308
6.3.3. Готовность системы к финансовой устойчивости (второе финансовое равновесие)	317
6.3.4. Показатели второго финансового равновесия (устойчивости) производственной системы	328
6.3.5. Готовность системы к экономическим действиям при ее третьем финансовом равновесии	331
6.3.6. Общий интегральный коэффициент готовности производственной системы	338
<b>7. Оценка надежности функционирования производственной системы в условиях риска</b>	<b>342</b>
7.1. Классификация рисков	346
7.2. Задачи анализа риска	352
7.2.1. Оценочная шкала показателя риска	354
7.3. Методы оценки риска	357
7.3.1. Аналитические методы оценки риска	358
7.3.2. Статистические методы оценки риска	363
7.3.3. Графоаналитические методы оценки риска	366
7.3.4. Анализ целесообразности затрат при оценке риска	368
7.3.5. Экспертный метод оценки рисков	371
7.3.6. Метод аналогий при оценке риска	375
7.4. Стратегическое управление рисками	376
7.4.1. Ограничение уровня назначения риска	380
7.4.2. Повышение надежности элементов производственной системы при наличии риска	385
7.4.3. Повышение надежности управления рисками производственных систем	386

*Учебник*

**Прыкин Борис Владимирович**  
**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ**  
**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА**

**Редактор *Л.В. Вавилова***  
**Корректор *Л.И. Ганина***  
**Оригинал-макет *О.В. Бельнской, Н.В. Спасской***  
**Художник *А.В. Лебедев***

Лицензия № 071252 от 04.01.96  
Подписано в печать 02.08.2000. Формат 60x88 1/16  
Усл. печ. л. 25,0. Уч.-изд. л. 18,0  
Тираж 10000 экз. (1-й завод – 5000). Заказ 1644

**ООО “ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА”**  
**Генеральный директор *В.Н. Закаидзе***

123298, Москва, Тепличный пер., 6  
Тел. (095) 194-00-15. Тел/факс (095) 194-00-14  
[www.unity-dana.ru](http://www.unity-dana.ru) E-mail: [unity@tech.ru](mailto:unity@tech.ru)

Отпечатано в ГУП ИПК “Ульяновский Дом печати”  
432601, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14