

# 8

## Глава восьмая

***Управление организационно-экономической устойчивостью промышленных корпоративных систем на основе динамического анализа состояния в условиях неопределенности***

---

**М**етодология оперативной динамической диагностики и оценки финансово-экономического состояния предприятия в целом (т. е. методология создания устойчивой системы, оценивающей свое интегральное состояние) — одна из ключевых тем в экономической литературе, что доказывает ее актуальность и востребованность для действующих предприятий. Реальная жизнь и требования современных рынков таковы, что эффективное управление невозможно без принципа оперативности. Поиски «оперативных» методов контроля и диагностики состояния предприятия (группы предприятий) заставляют развиваться данную область довольно быстрыми темпами. Данная проблема — предмет пристального изучения, свидетельством чему является растущее число публикаций в научной и специальной литературе.

Цель настоящей главы — обоснование и разработка нового подхода к оперативной диагностике, оценке и прогнозированию состояния предприятия в условиях неопределенности, т. е. разработка системы управления организационно-экономической устойчивостью предприятия на основе современных технико-технологических достижений в теории и практике управления эффективностью и устойчивостью функционирования предприятия.

### **8.1. Построение системы оценки организационно-экономической устойчивости промышленных корпоративных систем**

**Теоретические основы построения интегральной оценки состояния предприятия.** Производственное предприятие можно представить как сверхсложную социально-техническую систему, связанную специфическими отношениями с внешней и внутренней средой. Среду функционирования предприятия можно представить следующим образом (рис. 8.1). В основе данного представления лежит совокупность общественных, коллективных (групповых) и личных интересов, влияющих на состояние и развитие данной системы. Предприятие — это многопараметрический объект со сложной структурой.

**Описание производственно-бытовой среды предприятия.** Базовой основой внутренней среды предприятия является производственно-бытовая система. Эта система по своей структуре и составу может изменяться в достаточно широких пределах. Эти изменения зависят от вида и объема выпускаемой продукции и услуг. Любые 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 базируется на производственно-бытовой системе.

Основой производственно-бытовой системы являются непосредственно производственный, снабженческий и сбытовой процессы, рассматриваемые как операционная система по схеме «производство — операция».

Введем нужные для дальнейшего обсуждения понятия.

*Теория операций* — теория выявления закономерностей законченных действий или ряда связанных между собой действий, направленных на решение определенных задач, достижение поставленных целей.

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

*Операционная система* — основное звено производственно-бытового процесса; объект управления; естественные условия целесообразной деятельности людей, объединенных одной целью. Поэтому операционной функцией являются действия, обеспечивающие выпуск «выходов» — товаров и / или услуг.

Производственно-бытовая система состоит из перерабатывающей (собственно производственной) подсистемы, подсистемы обеспечения, подсистемы реализации сервисного обслуживания, а также информационной подсистемы (рис. 8.2).

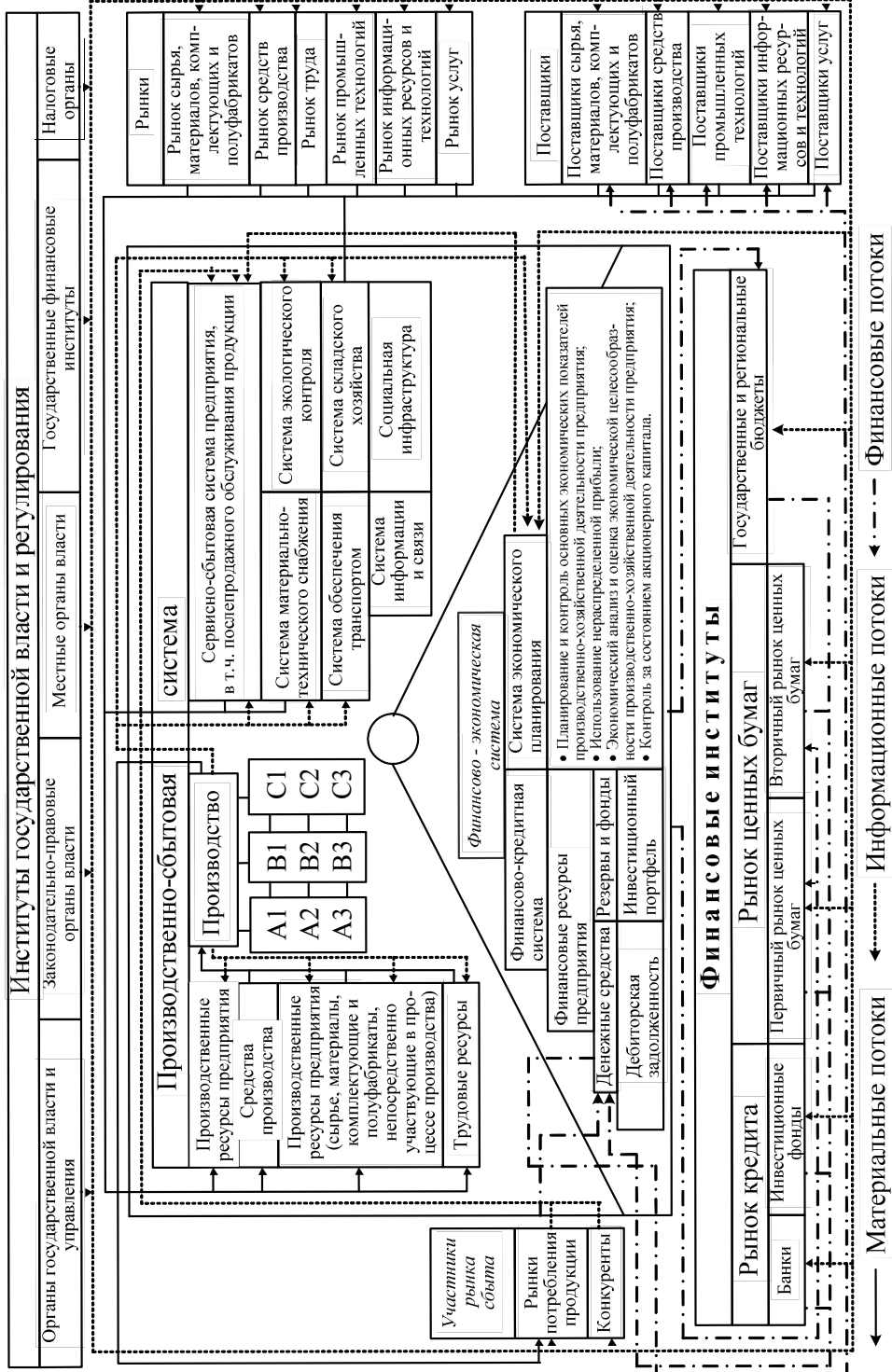


Рис. 8.1. Среда функционирования предприятия



**Рис. 8.2.** Схема функционирования производственно-сбытовой системы предприятия

Выделение указанных пяти подсистем в производственно-сбытовой системе предприятия базируется на фундаментальных принципах осуществления производственно-хозяйственной деятельности. Логистическая и маркетинговая функциональности предприятия напрямую определяют и управляют параметрами деятельности таких подсистем, как подсистема снабжения (обеспечения), сбыта (реализации), а также непосредственно воздействуют на эффективность функционирования подсистемы общехозяйственного (сервисного) обслуживания.

В данном разрезе общехозяйственную подсистему следует рассматривать как подсистему вспомогательного производства, от эффективности и устойчивости функционирования которой в значительной степени зависит устойчивость деятельности служб перерабатывающей (собственно производной) подсистемы. Под подсистемой реализации в данном контексте необходимо понимать всю совокупность служб, или функциональностей, предприятия, обеспечивающих эффективность и устойчивость процесса доведения продукции предприятия до конечного потребителя.

Выделенные подсистемы обладают рядом характеристик и особенностей на каждом конкретном предприятии, что невозможно учитывать в процессе оперативного анализа и оценки эффективности и устойчивости деятельности без надлежащей информационной подсистемы (часть общей информационной системы предприятия), являющейся базой для принятия не только управленческих решений, но и текущих производственных решений. В связи с этим указанные подсистемы также включены в общую схему снабженческо-производственно-сбытового процесса, или производственно-сбытовой системы. Употребление термина «производственно-сбытовая» обуславливается тем, что любой эффективный и устойчивый производственный процесс автоматически подразумевает наличие необходимых и достаточных ресурсов, что тем самым снимает необходимость употребления термина «снабженческий».

Все потоки, проходящие через систему предприятия (материальные, финансовые, информационные), проходят различные этапы снабженческо-производственно-сбытового процесса: производственно-технологический, транспортные, погрузочно-разгрузочные,

складские и т. д. Для получения интегрированной оценки необходимо выделить укрупненные подсистемы. Они являются «узлами прохождения потоков на предприятии», что позволит провести оперативную оценку эффективности прохождения указанных потоков в целях оценки устойчивости функционирования предприятия.

Таким образом, эффективность и устойчивость функционирования производственно-сбытовой системы напрямую зависят от эффективности деятельности маркетинговой и логистической функциональностей предприятия, базирующихся на оценке и управлении потоками на предприятии. Данное обстоятельство отражено при выборе актуальных параметров и показателей для построения интегрального показателя оценки организационно-экономической деятельности предприятия.

Элементы производственно-сбытовой системы подразделяются на четыре основные категории: трудовые ресурсы; орудия и средства производства; материальные ресурсы; финансовые и информационные ресурсы. Каждый из этих элементов представляет собой крупную интеграцию из множества образующих, которые 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.

Для создания работоспособной операционной системы, позволяющей выполнять целенаправленные операции с развитием их в пространстве и во времени, необходимо рассчитать и создать организационную модель операционной системы с расстановкой и взаимоувязкой необходимого количества производственных элементов по каждой операции, обеспечить функционирование операционной системы с максимальными показателями устойчивости.

Функционирование — это движение системы во времени при переменных величинах множества функций, зависящих от конкретных ситуаций производства. Сложность задачи в том, что операционная система всегда функционирует в условиях неопределенности с различной степенью вероятности развития производственных ситуаций. Производственный менеджмент направлен на развитие операционной системы без значительных отклонений от намеченного пути достижения цели. Чтобы обеспечить выполнение таких функций, требуется динамически изменяемая (совместно с преобразованием операционной системы) подсистема, объектом управления которой является производственно-сбытовой процесс.

Производственно-сбытовая деятельность предприятия неразрывно связана с техническим совершенствованием производства, процессов снабжения и реализации, т. е. логистических процессов во времени, а также с необходимостью проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, внедрением новейших технологий. Все эти инновационные процессы требуют тщательного анализа потенциальных результатов, а впоследствии — оперативной оценки и контроля за их выполнением.

Принципы и правила функционирования логистической и маркетинговой систем на предприятии налагают свои ограничения и предоставляют свои преимущества в процессе реализации производственно-сбытовой функции предприятия. Необходимые затраты, получаемые выгоды — все это предмет пристального внимания при анализе и оценке уровня производственно-сбытового потенциала предприятия и его влияния на организационно-экономическую устойчивость.

Непосредственное влияние на эффективность и устойчивость производственно-сбытовой системы оказывают экономические категории — тип и сфера деятельности.

Вложение необходимых средств, отвлечение ресурсов на осуществление производственно-сбытового процесса существенным образом сказываются на устойчивости финансовой системы, эффективность функционирования которой влияет на устойчивость самой производственно-сбытовой системы.

Таким образом, при анализе состояния предприятия, оперативной оценке его организационно-экономической устойчивости необходимо учитывать, что любая отрасль материального производства имеет свои особенности, которые воплощаются в специфике производственно-сбытовых процессов, влияющей на построение и функционирование маркетинговой, производственной и логистической систем предприятия. Но все производственно-сбытовые процессы базируются на определенных общих принципах:

- 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.

Претворение указанных 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.

**Описание финансово-экономической системы предприятия.** Особое значение финансовой системы предприятия в том, что она определяет и взаимосвязана со всеми сторонами экономической деятельности — маркетинговой, производственной, научно-технической, снабженческо-сбытовой, кадровой и т. д. — и отражает в концентрированном виде влияние многочисленных внутренних и внешних факторов на эффективность деятельности предприятия, следовательно, на уровень его организационно-экономической устойчивости. Поэтому целесообразно финансовую систему рассматривать во взаимосвязке с экономической системой, определяя последнюю как совокупность следующих функций предприятия:

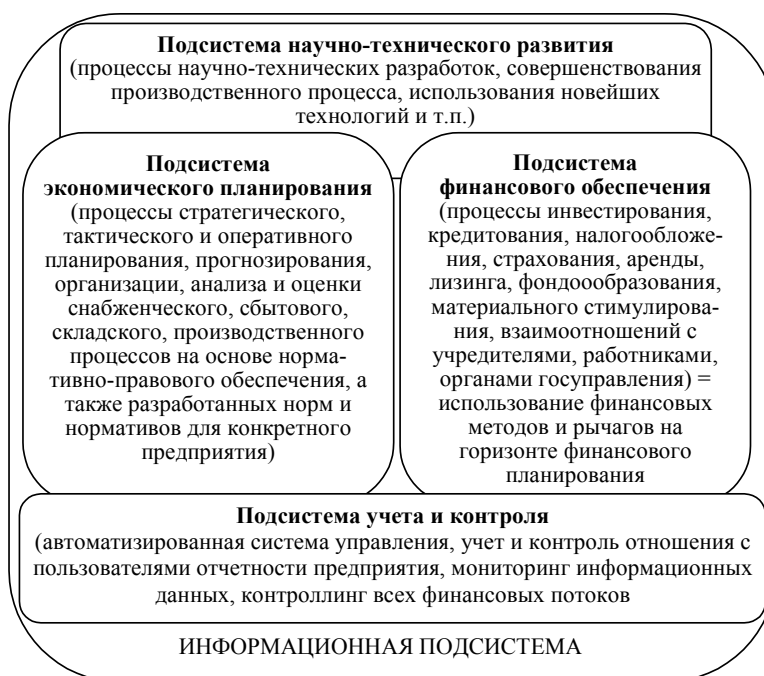
- планирование и анализ технологических норм и нормативов;
- разработка необходимых показателей производственной, в том числе трудовой, деятельности;
- стратегическое планирование;
- определение экономических показателей развития и т. п.

Таким образом, финансово-экономическую систему можно представить в виде следующей схемы (рис. 8.3).

Как видно на схеме (рис. 8.3), функционирование финансово-экономической системы базируется на реализации прохождения всех финансовых потоков на предприятии. Выделенная подсистема финансового обеспечения, включающая в себя используемые финансовые методы и рычаги осуществления хозяйственной деятельности, основывается на подсистеме экономического планирования. Она определяет параметры и направления развития предприятия, необходимый и достаточный уровень эффективности функциони-

рования предприятия в целом, а также возможности и ограничения увеличения потенциала его организационно-экономической устойчивости.

Подсистема экономического планирования в свою очередь базируется на информационной подсистеме, надлежащая работа которой определяет эффективность функционирования подсистемы планирования и, соответственно, финансовой подсистемы. Существенную роль в эффективности результатов деятельности подсистемы экономического планирования играет подсистема научно-технического развития. Использование наилучших методов и технологий позволяет предприятию реализовывать и развивать его конкурентные преимущества, повышая таким образом уровень эффективности и устойчивости функционирования в условиях высокого уровня неопределенности, которой обладает внешняя среда деятельности предприятия.



**Рис. 8.3.** Схема функционирования финансово-экономической системы предприятия

Принципы организации и управления финансово-экономической системой предприятия определяются основами хозяйственной деятельности и зависят от сферы и вида деятельности. Однако существуют *общие правила* (принципы) для всех типов финансово-экономических систем, несоблюдение которых приводит к необратимым негативным последствиям. Имеется в виду:

- коммерческая самостоятельность в области финансовой деятельности;
- прямая заинтересованность управленческого персонала в итогах финансово-хозяйственной деятельности;
- ответственность руководства и подразделений за результаты;



- учет всех операций на основе законодательно определенных правил;
- эффективная работа системы планирования и контроля;
- перманентное осуществление анализа и оценки эффективности на принципах динамичности и оперативности и т. д.

Соблюдение указанных выше принципов позволяет предприятию наиболее комплексно и тщательно проводить необходимый анализ устойчивости финансово-экономической системы. Последняя является стержнем для функционирования производственно-сбытовой системы предприятия. Разработка стратегии и тактики реализации поставленных перед предприятием целей, в том числе задач преобразования входных ресурсов в процессе производственной деятельности предприятия в выходные показатели эффективности функционирования, позволяет предприятию осуществлять свою деятельность на высоких показателях устойчивости.

Анализ уровня организационно-экономической устойчивости предприятия, отслеживание и оперативная оценка тенденций его динамики позволяют предприятию быстро реагировать на негативные изменения. Именно устойчивость финансово-экономической системы позволяет:

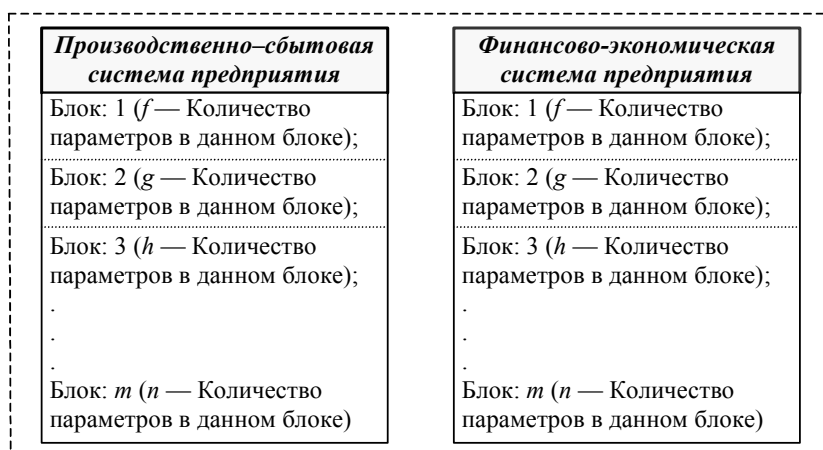
- проводить необходимые операции в случае обнаружения негативных тенденций;
- без снижения требуемого уровня организационно-экономической устойчивости отвлекать необходимые ресурсы для внесения оперативных изменений в действующий механизм хозяйственной деятельности предприятия.

**Подход к формированию интегрального показателя организационно-экономической устойчивости.** Анализ деятельности предприятия, его организационно-экономической устойчивости, как и любой другой анализ, имеет свои цели, достигаемые в результате решения определенного взаимосвязанного набора аналитических задач. Аналитическая задача — это конкретизация целей анализа с учетом организационных, информационных, технических и методических возможностей проведения данного анализа. Основными факторами, в конечном счете, являются объем и качество исходной информации. Чтобы принимать управленческие решения на разных уровнях управления в различных областях деятельности предприятия, необходимо на оперативном уровне отслеживать информацию по соответствующим вопросам. Такая информация — результат отбора, анализа, оценки и концентрации исходной информации, полученной из учетной и первичной документации. Для правильной интерпретации необходимо правильное аналитическое прочтение исходных данных, которое должно соответствовать заданным целям анализа и управления. Любой анализ в своей основе содержит разбиение областей, подлежащих анализу, на некоторые категории и классы. То есть основа любого анализа — классификация данных по определенному признаку, которых может быть несколько. Исходные данные в целях анализа (особенно это касается анализа на оперативном уровне) необходимо структурировать для грамотной и рациональной интерпретации. В каждом конкретном случае количество признаков классификации варьируется; целесообразность выделения блоков данных, соответственно блоков анализа, определяется в зависимости от целей анализа на конкретном предприятии. Эти цели определяются теми пользователями отчетности, как аналитической, так и исходной, на которых рассчитаны результаты проводимого анализа.

Для анализа и оценки организационно-экономической устойчивости предприятия необходимо отслеживать и систематизировать информацию на оперативном уровне. Решения в

режиме реального времени оказывают непосредственное и существенное воздействие на устойчивость предприятия, как следствие, на долгосрочную перспективу результатов деятельности предприятия, в том числе на уровень долгосрочной устойчивости.

С точки зрения анализа и оценки показателей деятельности предприятия, влияющих на уровень его организационно-экономической устойчивости на оперативном уровне, в производственно-сбытовой и в финансово-экономической системе представляется возможным и целесообразным выделить определенные блоки параметров. Их анализ и интерпретация имеют существенное значение для оперативного анализа исходных данных (множества параметров, характеризующих деятельность предприятия), а также для процесса принятия решений (рис. 8.4).



**Рис. 8.4.** Блоки параметров подсистем промышленного предприятия

Определение локальных показателей устойчивости по каждому из блоков параметров производственно-сбытовой и финансово-экономической систем предприятия означает нахождение в каждом из них некоторого равновесного состояния его параметров. Устойчивое состояние параметров отражает соблюдение всех требований, предъявляемых к выбранным расчетным параметрам, и, соответственно, состояние функциональностей (функциональных подсистем) предприятия, эффективность деятельности которых выражается указанными параметрами.

Для нахождения равновесных состояний по каждому блоку параметров (или локальных показателей устойчивости) можно использовать разнообразные методы. Каждый из них обладает своими преимуществами и своими недостатками. В данной главе в качестве базы определения локальных показателей устойчивости предлагается рассматривать метод экспертных оценок и решений при формировании классов состояний изменений значений конкретных параметров, которые будут определять границы изменений состояния параметров в том или ином блоке.

Рассмотрим схему формирования локальных показателей устойчивости, являющейся однотипной для каждого из блоков производственно-сбытовой и финансово-экономической систем предприятия.

Для каждого выбранного расчетного параметра существуют некоторые границы его изменений во времени, или динамических состояний. Для любого параметра можно определить (в данном случае с помощью метода экспертных решений), какие значения параметра являются допустимыми, нормальными или кризисными. Таким образом, через экспертные оценки определяются границы изменений тех или иных выбранных параметров, т. е. формируются классы их состояний в динамике.

При расчете множества параметров всегда возникает существенная проблема сравнения их между собой, а также во времени, поскольку:

- разные параметры имеют различные единицы измерения;
- положительные изменения одного параметра могут сказываться на интегральном состоянии предприятия положительным образом, в то время как положительные изменения другого параметра могут снижать интегральный показатель устойчивости;
- границы изменения параметров в динамике могут существенно различаться и варьироваться, что затрудняет приведение совокупности выбранных параметров к интегральному показателю по предприятию в целом (в данном случае по блоку показателей системы предприятия). Необходимо учитывать, что многие из параметров взаимозависимы и изменения одного из них могут существенным образом сказаться на изменении других.

Для решения указанных выше проблем предлагается использовать относительные показатели, как в большинстве принятых и реализуемых на практике методов, рассчитанные на основе экспертных оценок и включающие в себя заданный требуемый уровень параметров и границы его изменений. Рассмотрим конкретную схему формирования локального показателя устойчивости по одному из блоков одной из систем предприятия.

У каждого из параметров выбранного блока определены классы состояний, задаваемые с помощью экспертных решений:  $A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_n$ , где  $n$  — количество классов состояний, которое определяется исходя из целей и условий анализа, а также целей и задач конкретного предприятия. Каждый класс состояний  $A_i$  характеризуется некоторым условием попадания в него значения конкретного параметра: от нормального до критического (рис. 8.5).

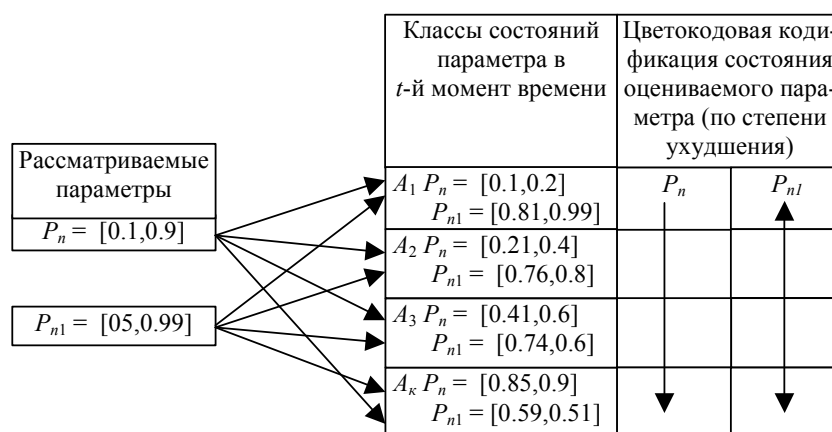


Рис. 8.5. Принцип распределения по классам состояний оцениваемых параметров

Для получения информации, как изменения каждого из проанализированных с точки зрения изменений по классам состояний параметров в выбранном блоке повлияли на состояние блока в целом, проведем следующие итерации. Изменение параметра обозначим  $\Delta i = K_2 - K_1$ , где  $K_1$  — значение параметра в момент времени  $t$ , а  $K_2$  — значение этого же параметра в момент времени  $t + 1$ . Тогда относительный показатель изменения конкретного параметра будет равен  $|\Delta i|/K_1$ , или  $|K_2 - K_1|/K_1$ , и будет характеризовать изменения анализируемого параметра.

Локальный показатель устойчивости блока зависит от относительных характеристик параметров данного блока, а именно, от степени удаленности значений каждого из параметров от класса кризисных состояний, т. е. от соблюдения каждым из параметров заданных экспертных границ критичности одновременно. Данное положение раскрывается на основе принципов устойчивости при параллельном сочетании заданных по каждому из параметров условий следующей формулой:

$$K_{j \text{ блока}} = 1 - (1 - K_i)^n,$$

где  $K_i$  — показатель, характеризующий нахождение в классе состояний  $i$ -го параметра блока,  $K_i = |\Delta i|/K_1$ ;

$n$  — количество параметров в анализируемом блоке;

$K_{j \text{ блока}}$  — локальный показатель устойчивости по блоку параметров.

Таким образом, для каждого из блока параметров в каждой из выделенных для анализа систем предприятия — производственно-сбытовой и финансово-экономической — рассчитываются локальные показатели устойчивости, формирующие интегральные локальные показатели устойчивости указанных систем.

Для расчета интегральных локальных показателей производственно-сбытовой и финансово-экономической систем предприятия необходимо учитывать параллельные изменения состояний каждой из систем предприятия, т. е. использовать рассчитанные локальные показатели устойчивости анализируемых блоков. Данное условие отражают следующие формулы:

$$K_{\text{пр.с.}} = 1 - (1 - K_{j \text{ блока}})^m,$$

$$K_{\text{эк.с.}} = 1 - (1 - K_{j \text{ блока}})^m,$$

где  $K_{\text{пр.с.}}$  — интегральный локальный показатель устойчивости производственно-сбытовой системы;

$K_{\text{эк.с.}}$  — интегральный локальный показатель устойчивости финансово-экономической системы;

$K_{j \text{ блока}}$  — локальный показатель устойчивости по  $j$ -му блоку производственно-сбытовой или финансово-экономической системы;

$m$  — количество выделенных блоков в производственно-сбытовой или финансово-экономической системах.

Принимая во внимание вышесказанное, на основе указанных локальных интегральных показателей устойчивости систем предприятия производим расчет интегрального показателя оценки организационно-экономической устойчивости предприятия. Факторы воздействия, влияющие на уровень устойчивости предприятия в целом, были учтены в процессе формирования локальных показателей устойчивости по каждому из блоков параметров

для каждой из систем предприятия. Поэтому на данный момент представляется возможным в целях построения общего интегрального показателя использовать ту схему, что и предложенную выше для интегральных локальных показателей.

Интегральный показатель организационно-экономической устойчивости можно рассчитать по следующей формуле:

$$K = 1 - (1 - K_{\text{пр.с.}}) (1 - K_{\text{эк.с.}}).$$

Данная формула, как и все предыдущие, на основе экономико-математических методов анализа и оценки четко характеризует следующую зависимость: чем ниже уровень устойчивости предприятия, тем больше данный показатель стремится к 1. Соответственно, чем устойчивее организационно-экономическое положение предприятия, тем ближе рассматриваемый показатель к 0.

**Классификация показателей, характеризующих организационно-экономическую устойчивость предприятия.** Важнейшим инструментом оценки, планирования и управления деятельностью предприятия являются экономические показатели (параметры). Рассмотрение предприятия как целостного производственно-хозяйственного и финансового механизма позволяет дать общую схему формирования параметров деятельности.

Для анализа и оценки устойчивости положения предприятия необходимо разработать систему показателей, характеризующих его деятельность, с учетом фактора взаимовлияния параметров и систем друг на друга, а также взаимосвязь с факторами внешней среды функционирования. Предложенная в работе совокупность показателей определяет функционирование предприятие в целом. Его устойчивое положение зависит от оптимального значения совокупности параметров, поскольку требуемые локальные оптимальные значения часто противоречат друг другу. Это затрудняет достижение основной цели предприятия (долгосрочной устойчивости). В целях определения оптимальных значений параметров в работе предлагается рассматривать функционирование предприятия в составе двух систем — производственно-бытовой и финансово-экономической — в соответствии с ранее изложенными доводами, в дополнение к которым следует отметить следующее:

- любое управленческое решение на всех уровнях управления так или иначе (прямо или косвенно) влияет на формирование и движение денежных потоков и результаты финансовой деятельности. В ряде случаев воздействие систем друг на друга носит противоречивый характер. Это приводит к необходимости рассматривать параметры функционирования именно в разрезе финансово-экономической, соответственно, производственно-бытовой проекции (как комплекс всех подсистем предприятия, обеспечивающих процесс хозяйственной деятельности предприятия). (см. табл. 8.1);
- существующее на практике разделение учета в масштабе предприятия на финансовый учет и производственный (управленческий) само собой приводит к такому структурированию. Кроме того, у каждой из систем есть свои особенности, определяющие степень взаимозависимости и взаимовлияния. В силу комплексности рассматриваемой в работе проблемы предприятие определяется как совокупность двух составляющих, двух взаимосвязанных и взаимозависимых систем:
  1. Производственно-бытовая система (ПСС);
  2. Финансово-экономическая система (ФЭС).

Предприятие в данной трактовке представляет собой единую организационно-хозяйственную структуру, состоящую из промышленного производства, поставщиков, потребителей, а также включающую систему транспортного и складского хозяйства и др., циркулирование и кругооборот которых отражается на финансовой составляющей деятельности (финансовых потоках и их движении). Развитие и движение каждой из двух систем являются непосредственно и перманентно взаимосвязанными. Изменения в одной сказываются на результатах деятельности другой, причем в режиме как реального времени, так и с некоторым лагом во времени, что учитывается при выделении групп параметров в каждой из систем.

Рассмотрим классификацию показателей, характеризующих устойчивость функционирования системы отдельно по каждой из систем.

**Производственно-сбытовая система.** В качестве первого уровня классификации в соответствии с ранее выделенными системами предлагается использовать следующие блоки показателей:

- технико-организационные параметры производства;
- параметры использования производственных ресурсов;
- параметры объема выпуска продукции;
- параметры взаимосвязи себестоимости, объема и прибыли.

Каждый из названных разделов имеет огромное значение при анализе и оценке устойчивости и перспектив развития ПСС, а также предприятия в целом. Параметры деятельности ПСС необходимы для характеристики производственно-сбытового процесса как такового, контроля выполнения планов и т. п., а также для последующего анализа результатов деятельности предприятия для принятия соответствующих решений и внесения корректировок в перспективные планы и прогнозы.

**Описание блока технико-организационных параметров производства.** Технико-организационные параметры производства включают в себя:

**анализ ритмичности производства.** Под ритмичностью понимается равномерный выпуск продукции в анализируемом временном интервале. Особенно актуальна проблема ритмичности для массового и крупносерийного производства. Сбои в ритме приводят к дополнительным затратам. Оценка ритмичности осуществляется следующим образом:

- А. По данным отчетного периода рассчитывается фактический объем выпущенной продукции в процентах от всего объема;
- Б. Рассчитывается среддневной плановый выпуск продукции в процентах от всего объема:

$$N_{\text{пр}} = \frac{100}{n_{\text{раб}}},$$

где  $n_{\text{раб}}$  — число дней в исследуемом периоде.

Исследование проводится как в целом по предприятию, так и по отдельным видам продукции. В выводах указывается уровень выполнения плана по предприятию, изделиям;

**анализ комплектности.** Под комплектностью изделия понимают полное соответствие его состава установленным требованиям, включая оснащение запасными частями и упаковкой.

В процессе анализа решаются две проблемы:

- А. Оценка выполнения плана по номенклатуре;
- Б. Оценка объема выпуска продукции, необходимого для доукомплектования созданного задела.

Оценка выполнения плана по комплектности осуществляется следующим образом:

1. По каждой номенклатурной позиции, входящей в изделие, рассчитывается число комплектов. Расчет производится делением количества выпущенных деталей, узлов на их применяемость. Применяемость — это количество деталей данного вида, необходимое для изготовления одного изделия.

2. Определяется минимальное из этих чисел. Оно и будет характеризовать фактическое количество полностью изготовленных комплектов.

3. Определяется индекс выполнения плана по комплектности и абсолютный прирост по сравнению с планом. При этом фактическое количество комплектов сравнивается с плановым.

$J = \text{изделие (комплект)}/\text{комплект (по плану)}$ ;

**анализ выполнения плана по номенклатуре.** Индекс выполнения планового задания по номенклатуре рассчитывается по реализованной или товарной продукции следующим образом:

$$J = \frac{\text{ТП}_3}{\text{ТП}_{\text{пл}}},$$

где  $\text{ТП}_3$  — объем товарной продукции, зачитываемый при анализе выполнения плана,

$\text{ТП}_{\text{пл}}$  — плановый объем продукции;

**анализ незавершенного производства.** В процессе анализа незавершенного производства определяют не только выполнение плана по созданию его необходимых запасов, но и выявляют, насколько остатки незавершенного производства на конец анализируемого периода обеспечивают ритмичную работу в последующем периоде.

Для этого по отдельным видам продукции определяют запас незавершенного производства в днях:

$$H_{\text{пн}} = \frac{H_{\text{пкн}}}{N \cdot t \cdot K_{\text{т}}} \quad H_{\text{пн}} = \frac{H_{\text{пкр}}}{N \cdot C \cdot K_{\text{н}}};$$

где  $H_{\text{пкн}}$ ,  $H_{\text{пкр}}$  — остатки незавершенного производства на конец периода соответственно в нормо-часах и руб.

$t$  — трудоемкость изготовления изделия, нормо-час;

$K_{\text{т}}$  — средний коэффициент технической готовности продукции;

$C$  — себестоимость изделия,  $p$ ;

$K_{\text{н}}$  — средний коэффициент нарастания затрат в производстве.

Период потребления запаса сравнивается с длительностью производственного цикла —  $T_{\text{ц}}$ . Если  $H_{\text{пн}} < T_{\text{ц}}$ , то запасов незавершенного производства недостает для ритмичной работы.

В основе всех экономических показателей лежит технико-организационный уровень производства, т. е. качество продукции и используемой техники, прогрессивность техно-

логических процессов, техническая и энергетическая вооруженность труда и т. д. Конечно, техническая сторона непосредственно не является предметом анализа. Однако указанные параметры изучаются в тесном взаимодействии с техникой и технологией производства и его организацией.

Данная группа показателей необходима для оценки потенциальных возможностей предприятия по увеличению мощности за счет внедрения новейших методов организации производства и технологий. Эти показатели должны рассматриваться по каждой из функциональных систем предприятия (материально-техническое снабжение, производство, сбыт, транспорт и складское хозяйство).

### **Описание блока параметров использования производственных ресурсов.**

*Оценка использования трудовых ресурсов.*

Движение трудовых ресурсов характеризуется следующими параметрами:

*Текущая текучесть кадров:*

$$K_{\text{тек.}} = Q_{\text{неув.}} / Q,$$

где  $Q_{\text{неув.}}$  — количество работников, выбывших по неуважительным причинам.

$Q$  — среднесписочная численность персонала, чел.

### **Анализ производительности труда.**

Для оценки уровня производительности труда используется показатель выработки — объем продукции (как правило, валовой), выпускаемой одним работником в единицу времени.

$$B = \text{ВП} / Q,$$

где ВП — годовой объем валовой продукции,  $Q$  — средняя численность.

*Оценка использования внеоборотных средств (степень обновления, степень изношенности и выбытия, степень обеспеченности, фондовооруженность, энерговооруженность, фондоотдача).*

В процессе анализа определяют структуру внеоборотных активов и изучают состояние и использование основных средств.

Источниками информации являются: форма № 1 «Бухгалтерский баланс», форма № 5 «Приложение к балансу», инвентарные карточки учета основных средств, форма № 11 «Отчет о наличии и движении основных средств и других нефинансовых активов».

В процессе анализа структуры внеоборотных активов, определяемой в процессе вертикального анализа структуры баланса предприятия, необходимо определить удельный вес внеоборотных активов по следующим видам:

1. нематериальные активы;
2. основные средства;
3. незавершенное строительство;
4. долгосрочные финансовые вложения.

При изучении внеоборотных активов определяется финансовая нагрузка в виде потребности в средствах на завершение капитального строительства, оцениваются степень готовности незавершенных объектов и неустановленного оборудования, объем средств для завершения строительства, а также возможные варианты использования незавершенного строительства.



При анализе состояния и использования основных средств:

- оцениваются объем и динамика основных средств, их состав и структура;
- изучается техническое состояние основных средств;
- выявляется степень обеспеченности основными средствами;
- определяются показатели использования основных средств и факторы, оказывающие влияние на их изменение.

Объем и динамика основных средств характеризуются их первоначальной стоимостью на начало и конец анализируемого периода.

Среднегодовая стоимость основных средств, может значительно отличаться от данных на начало и конец периода, т. к. учитывает сроки ввода-вывода из эксплуатации основных средств. Она является базой для расчета экономических показателей — фондоотдачи, фондовооруженности труда и др.

Среднегодовая стоимость основных средств определяется по формуле:

$$\overline{\Phi_0} = \Phi_{\text{он}} + \frac{\Phi_{\text{овв}} \cdot M_{\text{вв}}}{12} - \frac{\Phi_{\text{овыв}} \cdot (12 - M_{\text{выб}})}{12},$$

где  $\Phi_{\text{он}}$  — стоимость основных средств на начало года (исследуемого периода),  $p$ ;

$\Phi_{\text{овв}}$  — стоимость вновь введенных в действие основных средств,  $p$ ,

$\Phi_{\text{овыв}}$  — стоимость выбывших основных средств,  $p$ ;

$M_{\text{вв}}$  — число месяцев действия вновь введенных основных средств в течение отчетного года;

$M_{\text{выб}}$  — число месяцев действия выбывших основных средств в течение отчетного года.

В процессе хозяйственной деятельности различные виды основных средств принимают неодинаковое участие. В этой связи необходимо проанализировать состав и структуру основных средств.

Анализ состава основных средств осуществляется на основе следующих классификаций.

Классификация по натурально-вещественному составу основных средств позволяет выделить их активную часть и определить влияние структурных сдвигов в составе основных средств на изменение объема производства:

$$\Delta \text{ВП}_{\text{стрф}} = O_{\text{ф}}^0 \left( \frac{d_{\text{акт}}^1}{d_{\text{акт}}^0} - 1 \right) \cdot \overline{\Phi_0},$$

где  $d_{\text{акт}}^1$   $d_{\text{акт}}^0$  — удельный вес активной части в среднегодовой стоимости основных средств в отчетном и базисном периоде соответственно;

$O_{\text{ф}}^0$  — фондоотдача основных средств в базисном периоде;

$\overline{\Phi_0}$  — среднегодовая стоимость основных средств в отчетном периоде.

Классификация основных средств по их использованию в производстве предполагает выделение фондов:

- используемых в производстве;
- неиспользуемых в производстве.

## Глава восьмая

---

Это необходимо для выделения:

- суммы амортизации по неиспользуемым основным средствам;
- налога на имущество по используемым основным средствам.

Классификация основных средств приводится на схеме (см. рис. 8.6).

Состояние и движение основных средств предприятия характеризуют следующие показатели:

1. Износ основных средств — отношение начисленного износа к первоначальной стоимости основных средств:

$$K_{\text{из}} = \frac{И}{\Phi_{\text{перв}}} \cdot 100\%,$$

где И — начисленный износ основных средств, руб.;

$\Phi_{\text{перв}}$  — первоначальная стоимость основных средств, руб.

2. Годность основных средств:

$$K_{\text{г}} = 100 - K_{\text{из}};$$

3. Обновление основных средств, которое характеризует долю вновь введенных основных средств в их общем объеме на конец года (исследуемого периода):

$$K_{\text{об}} = \frac{\Phi_{\text{о.в.в}}}{\Phi_{\text{о}}^{\text{кг}}},$$

где  $\Phi_{\text{о.в.в}}$  — стоимость вновь введенных основных средств, руб.;

$\Phi_{\text{о}}^{\text{кг}}$  — стоимость основных средств на конец года, руб.

4. Выбытие основных средств отражает отношение стоимости выбывших в течение года (исследуемого периода) основных средств и стоимости основных средств на начало года (исследуемого периода):

$$K_{\text{выб}} = \frac{\Phi_{\text{о.выб}}}{\Phi_{\text{о}}^{\text{н.г}}},$$

где  $\Phi_{\text{о.выб}}$  — стоимость выбывших основных средств, руб.;

$\Phi_{\text{о}}^{\text{н.г}}$  — стоимость основных средств на начало года, руб.

*Для выяснения степени обеспеченности основными средствами необходимо проанализировать показатели:*

- общая фондовооруженность труда работающего:  $\Phi_{\text{в}} = \Phi_{\text{о}} / Q$
- техническая вооруженность труда рабочих.

Данный показатель характеризует среднюю оснащенность рабочих оборудованием и определяется отношением стоимости производственного оборудования (рабочих и силовых машин и оборудования) к среднесписочному числу рабочих, занятых в наиболее загруженной смене:

$$\Phi_{\text{вт}} = \frac{\Phi_{\text{об}}}{Q_{\text{см}}^{\text{п}}}$$

Надо также проанализировать энерговооруженность

1. Потенциальная:

$$\mathcal{E}_{\Phi}^n = \frac{M_{\text{дв}}}{Q_p^{l_{\text{см}}}}$$

2. Фактическая:

$$\mathcal{E}_{\Phi}^{\Phi} = \frac{\mathcal{E}_{\text{дв}}}{F_{\text{др}}},$$

где  $M_{\text{дв}}$  — мощность установленных силовых установок;

$Q_p^{l_{\text{см}}}$  — численность рабочих в наибольшую смену;

$\mathcal{E}_{\text{дв}}$  — количество израсходованной энергии;

$F_{\text{др}}$  — количество часов, отработанных рабочими.

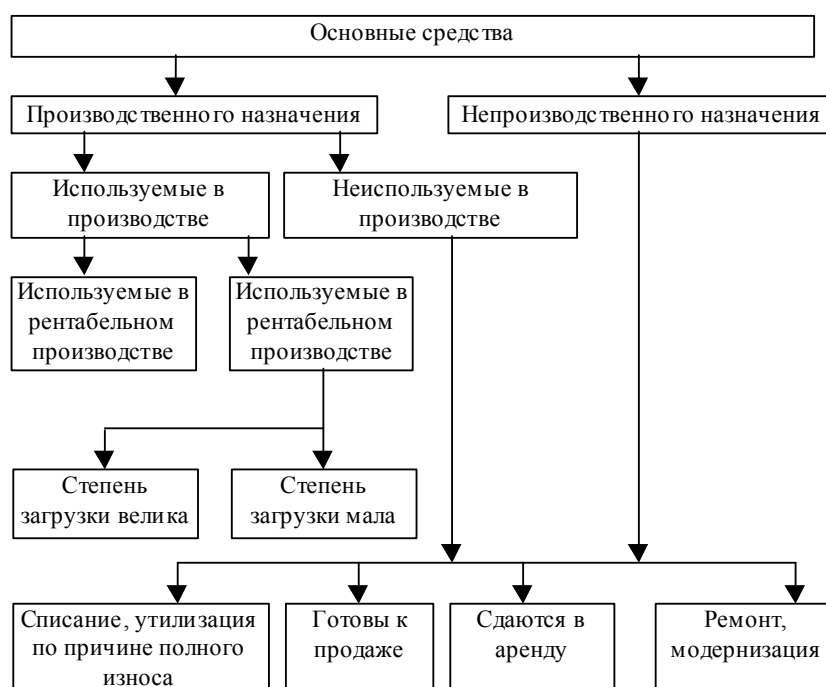


Рис. 8.6. Классификация основных средств при оценке их состояния

Данные показатели изучаются в динамике; темпы их изменения сопоставляются с темпами изменения производительности труда. При этом темпы роста производительности труда должны быть выше темпов роста фондовооруженности; в этом случае показатель использования основных средств (фондоотдача) увеличивается.

Наиболее обобщающим показателем использования основных средств является показатель фондоотдачи или обратный ему показатель фондоемкости продукции.

Показатель фондоотдачи характеризуется отношением объема продукции (как правило, валовой — ВП) к среднегодовой стоимости основных средств ( $\Phi_0$ ):

$$\text{Оф} = \text{ВП} / \Phi_0.$$

Фондоотдача — важнейший показатель, характеризующий экономическую эффективность производства. Иногда он рассматривается как показатель скорости оборачиваемости основных средств.

*Оценка использования оборотных средств (материалоемкость продукции, обеспеченность материальными ресурсами, средний запас материальных ресурсов).*

Данная группа показателей отражает производственный потенциал предприятия с точки зрения факторов объема и состава производственных ресурсов, а также режима и рациональности их использования.

Параметры использования производственных ресурсов разрабатываются для:

- оценки экстенсивности и интенсивности экономического развития предприятия. Здесь необходимо учитывать, что каждый из параметров есть сумма действий более мелких факторов, а в общем случае показатели использования производственных ресурсов в достаточной степени зависят от технико-организационных показателей производства;
- с помощью данного блока показателей определяются размеры, динамика и структура вложений капитала в основные средства, выявляются особенности производственной деятельности, а также конечная эффективность использования основных фондов;
- в части параметров использования оборотных средств важнейшим элементом становится логистическая система предприятия, которая непосредственным образом влияет на значение данной группы параметров.

В производственно-хозяйственной деятельности предприятий используются различные ресурсы. Их задача — обеспечение непрерывности (и равномерности, если требуется) производства и воспроизводства. Проблема использования ресурсов имеет две стороны:

- первая — выпуск продукции с наименьшими затратами используемых ресурсов — сразу отправляет нас к показателям первого и четвертого блоков в системе показателей ПСС;
- вторая связана с решением задачи выпуска и реализации наибольшей массы продукции с использованием определенного количества ресурсов, что является самостоятельной проблемой экономики предприятия и выдвигает производственные ресурсы на роль непосредственных источников эффективности деятельности предприятия.

Воспроизводство и оборачиваемость используемых ресурсов — определенный фактор, влияющий также на показатели финансовой системы, в первую очередь на уровень рентабельности. В современных условиях с увеличившейся маневренностью предприятий в отношении создания и использования средств труда повышается роль кредита в формировании требуемых для производства продукции ресурсов.

Объем и качество выпускаемой продукции в значительной степени определяются полнотой и своевременностью обеспечения ее соответствующими материальными ресурсами и их использованием.

Обеспеченность материальными ресурсами зависит от организации материально-технического снабжения.

Уровень организации снабжения определяется:

- а) качеством расчетов потребностей в материальных ресурсах;
- б) степенью экономической обоснованности планов снабжения;
- в) обеспеченностью предприятия запасами материальных ресурсов;
- г) совершенствованием форм и видов материально-технического снабжения.

Анализируя качество расчета потребности, выясняют, все ли нужды предприятия в материальных ресурсах учтены:

- на производство продукции (включая заделы в незавершенном производстве);
- на выполнение опытных и экспериментальных работ;
- на ремонт основных средств;
- на изготовление нестандартной технологической оснастки и приспособлений;
- на пополнение переходящих производственных запасов и т. д.

Проверяя правильность расчета потребности, определяют:

- учтены ли при расчете плановой потребности изменения в номенклатуре намечаемой к выпуску продукции;
- приняты ли во внимание изменения удельных расходов материалов, сырья и других материальных ценностей на единицу продукции и насколько обоснованы эти изменения;
- насколько обоснован расход материальных ценностей нормативами затрат и т. п.

Показателем, характеризующим качество расчета потребности в материальных ресурсах, является уровень обеспеченности организации важнейшими видами материальных ресурсов, который определяется как:

$$K_{\text{обесп } j} = M_{\text{ф.пост } j} / M_{\text{пл.потр } j},$$

где  $K_{\text{обесп } j}$  — коэффициент обеспеченности материальными ресурсами  $j$ -го вида;

$M_{\text{ф.пост } j}$  — фактическое поступление материальных ресурсов  $j$ -го вида;

$M_{\text{пл.потр } j}$  — плановая потребность в материальных ресурсах  $j$ -го вида.

Завышение потребности ведет к образованию сверхнормативных запасов, снижению оборачиваемости и к финансовым затруднениям, а занижение — к невыполнению производственного задания.

В плане снабжения источники поступления материальных ценностей по их сумме должны соответствовать плановой потребности. Допущенный в плане разрыв между источниками и потребностью следует рассматривать как большой недостаток в снабженческой и плановой работе. В этом случае следует предусмотреть дополнительную экономию материальных ресурсов, внедрение заменителей или совершенствование технологии.

Для обеспечения непрерывности, ритмичности производства существенное значение имеет правильная организация пополнения складских запасов.

Обеспеченность организации запасами материальных ресурсов определяется в днях.

Показатель обеспеченности запасами ( $Z_{\text{дн } j}$ ) исчисляется как отношение среднего запаса определенного вида материальных ресурсов  $\bar{Z}_j$  к его среднегодовому расходу ( $P_{mj}$ ):

$$Z_{\text{дн } j} = \bar{Z}_j / P_{mj}.$$

В процессе анализа, сопоставляя полученную величину с установленной нормой запаса в днях, выявляют по каждому виду сверхнормативные запасы одних или недостатки

других материальных ресурсов и выясняют причины их образования. Состояние материальных запасов во многом определяет финансовое положение организации.

Важнейшим фактором роста объема производства и снижением себестоимости продукции является рациональное использование материальных ресурсов.

Наиболее полной характеристикой использования материальных ресурсов является их расход на рубль продукции, т. е. показатель материалоемкости продукции ( $M_e$ ), характеризующий эффективность использования материальных ресурсов:

$$M_e = M / \text{ВП (ТП)},$$

где  $M$  — материальные затраты в себестоимости валовой (товарной) продукции,  $p$ ;

ВП (ТП) — объем валовой (товарной) продукции по себестоимости,  $p$ .

Влияние изменения материалоемкости продукции на ее объем ( $\Delta \text{ВП}_{\text{ме}}$ ) может быть определено по формуле:

$$\Delta \text{ВП}_{\text{ме}} = \left( \frac{1}{M_e^1} - \frac{1}{M_e^0} \right) \cdot M^1,$$

где  $M_e^1$ ,  $M_e^0$  — показатель материалоемкости продукции соответственно в анализируемом и базисном периодах;

$M^1$  — материальные затраты на производство продукции в анализируемом периоде.

Улучшение использования материальных ресурсов — важный резерв и одно из основных направлений повышения эффективности производства. Значение экономии материальных затрат непрерывно возрастает, так как научно-технический прогресс сопровождается повышением доли овеществленного труда в структуре затрат на производство.

Анализируя показатель материалоемкости, необходимо учитывать влияние на него структурных сдвигов в составе продукции, которое в результате научно-технического прогресса увеличивается.

Сдвиги в структуре выпуска продукции существенно влияют на общий уровень ее материалоемкости по организации в целом.

Так как сводный показатель материалоемкости продукции отражает общую картину использования материальных ресурсов и на него влияют структурные сдвиги в составе продукции, использование материальных ресурсов необходимо характеризовать по определенным важнейшим их видам в зависимости от их удельного веса в общей массе, дефицитности, материалоемкости изделий.

При анализе использования материальных ресурсов основное внимание обращается на натуральные показатели: на выяснение нормирования расходов и соблюдение нормы расхода материальных ресурсов.

Показатель соблюдения нормы расхода материальных ресурсов ( $K_{\text{нр}j}$ ) характеризует отношение фактического расхода отдельных видов материальных ресурсов на единицу продукции ( $P_{Mj}^{\phi}$ ) к расходу по норме ( $P_{Mj}^{\text{н}}$ ), то есть:

$$K_{\text{нр}j} = \frac{P_{Mj}^{\phi}}{P_{Mj}^{\text{н}}}.$$

При соблюдении норм данный показатель равен единице. Причины нарушения норм — вынужденные замены отсутствующих типоразмеров, материалов, поступление заготовок с завышенными плюсовыми допусками, нерациональный раскрой материала и т. п.

**Описание блока параметров объема выпуска продукции, ее состава и структуры.**

При анализе состава выпускаемой продукции определяют:

1. Удельный вес продукции, выпускаемой по государственному или муниципальному заказу;
2. Состав товарной продукции по следующим группам:
  - основная продукция;
  - работы промышленного характера;
  - товары народного потребления;
  - прочая продукция;
3. Показатели выполнения плана по отдельным видам продукции.

Структура продукции отражает удельный вес отдельных видов продукции в общем объеме. Сохранение пропорций между отдельными видами продукции характеризует устойчивое состояние производства. Снижение удельного веса основных видов продукции является индикатором спада производства.

Причины структурных сдвигов:

- а) изменение потребности в продукции;
- б) изменение условий поставок: сырья, материалов и т. п.
- в) сбои в производстве;
- г) разновыгодность продукции для ее изготовителей и др.

Для исчисления обобщающего показателя, характеризующего выполнение плана по структуре, необходимо плановый выпуск продукции по отдельным изделиям умножить на показатель выполнения плана по общему объему продукции. Полученные таким путем показатели сопоставляют с отчетными данными и в счет выполнения плана по структуре продукции засчитывают фактические показатели, не превышающие перечисленные плановые показатели.

Уровень выполнения плана по структуре определяют отношением суммы продукции, засчитываемой в выполнение плана по структуре, к фактическому выпуску товарной продукции, т. е.:

$$J_{\text{ВП}}^{\text{СТР}} = \frac{\text{ТП}_{\text{СТР}}}{\text{ТП}_{\text{Ф}}} \cdot 100,$$

где  $\text{ТП}_{\text{СТР}}$  — объем продукции, засчитываемый в счет выполнения плана по структуре.

В процессе внутрифирменного анализа структурные сдвиги можно выявить сравнением индексов валовой продукции, выраженной в рублях, —  $J_{\text{ВП(р)}}$  и нормо-часах —  $J_{\text{ВП(н.час)}}$ . Расхождение этих показателей указывает на наличие таких сдвигов.

Иногда подразделения предприятия предпочитают увеличивать выпуск более дорогой, но менее трудоемкой продукции. Поэтому выполнение плана в стоимостном выражении может сопровождаться его невыполнением в трудовом выражении. Ситуация  $J_{\text{ВП(н.час)}} < J_{\text{ВП(р)}}$  обычно свидетельствует именно об этом.

Анализ влияния структурных сдвигов на производственные затраты осуществляется по динамике себестоимости продукции:

$$C_{\text{вп}} = C_{\text{нч}} \cdot \text{ВП}_{\text{нч}},$$

где  $\text{ВП}_{\text{нч}}$  — объем валовой продукции, нормо-часы;

$C_{\text{нч}}$  — стоимость 1 нормо-часа, р/нч.

Влияние структурных сдвигов в составе продукции на динамику себестоимости определяется методом цепных подстановок:

$$\Delta C_{\text{вп.стр}} = (C_{\text{нч}}^{\text{ф}} - C_{\text{нч}}^{\text{пл}}) \cdot \text{ВП}_{\text{нч}}^{\text{ф}},$$

где  $C_{\text{нч}}^{\text{ф}}$ ,  $C_{\text{нч}}^{\text{пл}}$  — стоимость нормо-часа работ фактическая и плановая соответственно, руб/нч.

При этом качественным показателем является стоимость нормо-часа.

Параметры объема выпуска продукции необходимы для оценки возможностей как самого предприятия, так и динамики его функционирования в конкурентной среде, и включают:

- А. Фактические объемы производства  $N_{i\text{факт}}$  по каждому  $i$ -му виду продукции (где  $i = 1, n$ ,  $n$  — количество выпускаемой на предприятии продукции за период  $\Delta t$ );
- Б. Фактические объемы реализации  $R_{i\text{факт}}$  по каждому  $i$ -му виду продукции за период  $\Delta t$ ;
- В. Максимально возможные объемы производства  $N_{i\text{max}}$  по каждому  $i$ -му виду продукции за период  $\Delta t$ ;
- Г. Максимально возможные объемы по факту наблюдения за рынком реализации  $R_{i\text{max}}$  по каждому  $i$ -му виду продукции за период  $\Delta t$ . Данный показатель не следует путать с показателем прогнозируемых объемов реализации  $R_{i\text{пр}}$  по каждому  $i$ -му виду продукции, поскольку они изначально имеют абсолютно различную «природу»;
- Д. Планируемые объемы реализации  $N_{i\text{плобрéal}}$  по каждому  $i$ -му виду продукции за период  $\Delta t$ .

Приведенные абсолютные показатели рассматриваются как в динамике, так и во взаимосвязи. Взаимосвязь этих показателей представлена следующими коэффициентами:

1. Коэффициент точности прогнозирования спроса (по спросу)

$$\text{ОП11} = R_{i\text{max}} / R_{i\text{пр}}.$$

Если ОП11 = 1, то прогнозирование, на основании которого было проведено планирование производства, проведено точно, и методы и алгоритмы прогнозирования и планирования не требуют изменений и коррекции; ОП11 < 1 или ОП11 > 1, то при прогнозировании допущены ошибки, и в прогнозирующую функцию необходимо вносить изменения;

2. Коэффициент прогнозирования спроса (по производству)

$$\text{ОП12} = R_{i\text{факт}} / N_{i\text{факт}}.$$

Если ОП12 = 1, то прогнозирование, на основании которого было проведено планирование производства, проведено точно, и методы и алгоритмы прогнозирования и планирования не требуют изменений; если ОП12 < 1 или ОП12 > 1, то методы и алгоритмы прогнозирования и планирования требуют корректировки на период, следующий за периодом  $\Delta t$ ;

3. Коэффициент наращивания сбыта продукции

$$\text{ОП2} = R_{i\text{max}} / R_{i\text{факт}}$$



Если  $ОП2 = 1$ , то на рынке сбыта продукции по  $i$ -му виду номенклатуры не существует потенциальных возможностей по наращиванию сбыта  $i$ -го вида продукции; если  $ОП2 > 1$ , то существуют возможности для наращивания сбыта продукции  $i$ -го вида. Если  $ОП11 = 1$ , то предприятию необходимо решать вопрос о возможности наращивания производственных ресурсов для производства продукции  $i$ -го вида. Случай, когда  $ОП2 < 1$ , рассматривать не имеет смысла, поскольку из определения показателей  $R_{i\max}$  и  $R_{i\text{факт}}$  следует невозможность ситуации  $R_{i\text{факт}} > R_{i\max}$ , следовательно, и невозможность получения коэффициента  $ОП2 < 1$ ;

4. Коэффициент невыполнения плана

$$ОП3 = N_{i\text{факт}} / N_{i\text{план.}}$$

При  $ОП3 = 1$  фактические объемы производства в точности соответствуют планируемым, что говорит не только о четком планировании производства, но также и о правильно проведенном этапе прогнозирования; если  $ОП3 < 1$  или  $ОП3 > 1$ , возникает вопрос о плохой системе планирования или прогнозирования на предприятии;

5. Коэффициент потерь

$$ОП4 = R_{i\max} / N_{i\text{факт.}}$$

Если  $ОП4 = 1$ , можно говорить, что предприятие максимальным образом использовало все свои возможности плано-прогнозирующей деятельности и по  $i$ -му виду продукции не имеет потенциальных возможностей к увеличению сбыта; при  $ОП4 < 1$  предприятие имеет реальные возможности к увеличению сбыта на величину  $(R_{i\max} - N_{i\text{факт.}})$ , что должно решаться в рамках расширения производственных ресурсов; случай, когда  $ОП4 > 1$ , лишен смысла;

6. Коэффициент нереализованных возможностей производства

$$ОП5 = N_{i\max} / R_{i\text{факт.}}$$

При  $ОП5 = 1$  все возможности производства по выпуску продукции  $i$ -го вида реализованы полностью; если же при этом  $ОП4 < 1$ , необходимо решать вопрос о расширении производственных ресурсов, поскольку предприятие в этом случае будет постоянно нести потери по возможному получению прибыли по  $i$ -му виду продукции; если  $ОП5 > 1$ , на предприятии происходит потенциальная потеря производственных ресурсов и необходимо решать вопрос о переводе ресурсов, предназначенных для выпуска продукции  $i$ -го вида, на выпуск другой продукции; случай, когда  $ОП5 < 1$ , лишен смысла.

Таким образом, если  $ОП11 = 1$ ,  $ОП12 = 1$ ,  $ОП2 = 1$ ,  $ОП3 = 1$ ,  $ОП4 = 1$ ,  $ОП5 = 1$ , можно говорить об устойчивости объемов производства (реализации продукции) предприятия, поскольку структура коэффициентов  $ОП11$ ,  $ОП12$ ,  $ОП2$ ,  $ОП3$ ,  $ОП4$ ,  $ОП5$  такова, что все они должны стремиться к единице.

**Описание блока параметров, характеризующих взаимосвязи себестоимости, объема продукции и прибыли.** *Параметры взаимосвязи себестоимости, объема продукции и прибыли* отражают одну из ключевых позиций в оценке деятельности предприятия в це-

лом. Необходимое условие получения прибыли — определенная степень развития производства, обеспечивающая превышение доходов (выручки) над затратами (издержками). Составляющие взаимосвязи «затраты — объем производства — прибыль» должны находиться под пристальным вниманием и постоянным контролем, так как являются определяющими для показателей следующих блоков анализа. Базой оптимизации данного соотношения является управление затратами на основе различных методов, в том числе связанных с различными классификациями затрат.

Задачи анализа параметров указанного соотношения:

- выявление «узких» мест в составе затрат, поведение затрат в различных временных рамках;
- оценка возможностей и перспектив управления затратами и их влияния на уровень прибыли и т. д.

Кроме того, при анализе данного блока параметров представляется возможным оценить следующие аспекты деятельности предприятия:

- порог рентабельности и критический выпуск (причем в разрезе видов продукции);
- условия и факторы безубыточности производства;
- предельный доход и предельные издержки (в рамках решения задачи оптимизации прибыли и распределения средств);
- величину маржинальной прибыли;
- критический уровень постоянных затрат, критическую цену реализации и т. д.

Существуют и применяются на практике различные методы классификации затрат. Для анализа «затраты — объем — прибыль» целесообразно использовать в качестве основы деления затрат именно их поведение, т. е. характер их изменения в зависимости от изменения уровня деловой активности (объема производства). С этой точки зрения затраты делятся на постоянные (условно-постоянные) и переменные и полупеременные, что позволяет определить такой уровень производства, который необходим для покрытия всех затрат — постоянных и переменных, т. е. такой уровень, до которого может упасть объем выручки, при условии недопущения убытков.

### *Переменные затраты*

В сумме изменяются прямо пропорционально при изменении уровня деловой активности, но рассчитанные на единицу продукции часто являются почти постоянными.

К ним относятся: все прямые затраты (которые можно прямо, непосредственно и экономично отнести на конкретный вид продукции или партию продукции), часть общепроизводственных и коммерческих расходов (например, затраты вспомогательных материалов и на упаковку).

### *Постоянные затраты*

В сумме не изменяются при изменении уровня деловой активности; они относительно постоянные, но рассчитанные на единицу продукции изменяются при изменении уровня производства.

К ним относятся: расходы на аренду, сумма начисленного износа, расходы по налогу на имущество, расходы на рекламу и т. д., а также обычно все общие и административные расходы.

*Полупеременные затраты*

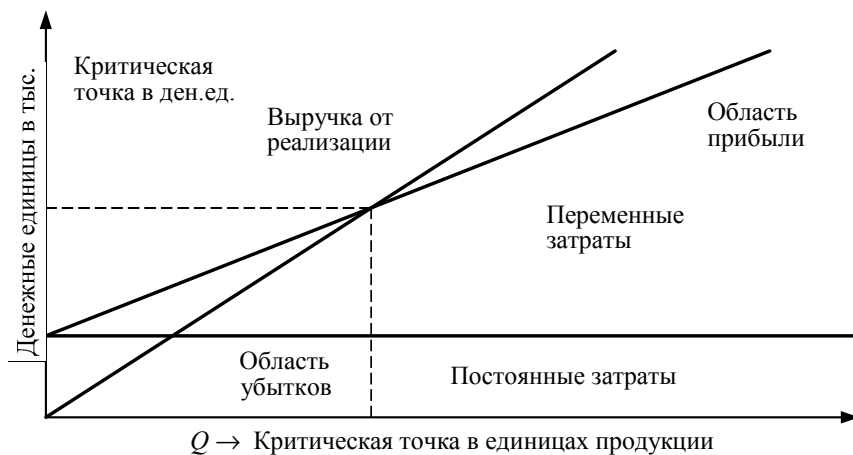
Имеют одновременно постоянную и переменную компоненты. Например, в данную категорию можно включить оплату за телефонную связь.

При таком делении затрат существует некоторый «релевантный уровень», т. е. такой уровень деловой активности (объема производства), при котором можно с определенной долей уверенности судить об уровне активности, с которой предприятие предполагает работать.

В пределах этого уровня многие нелинейные затраты могут быть оценены как линейные.

Отметим, что постоянные затраты являются постоянными только в пределах именно релевантного уровня, т. е. при переходе на другой уровень деловой активности (например, с объема в 30–40 тыс. шт. на объем в 80–100 тыс. шт.) и величина постоянных затрат вполне закономерно меняется.

Результаты анализа данного блока параметров могут также использоваться для анализа чувствительности, который позволяет в некоторой степени соответствовать реальной жизни и учитывать условия неопределенности и риска хозяйственной деятельности. Инструментом анализа чувствительности будет являться та величина выручки, которая находится за критической точкой, т. е. за порогом рентабельности (рис. 8.7).



**Рис. 8.7.** Схема анализа взаимосвязи «затраты — объем производства — прибыль»

Необходимо также учитывать, что на данную группу показателей влияют параметры других блоков ПСС, в первую очередь показатели эффективности использования производственных ресурсов (себестоимость в общем случае обобщающий показатель интенсификации и эффективности потребления ресурсов). Кроме того, данный блок параметров существенно влияет на параметры финансово-экономической системы (платежеспособность и финансовое состояние в целом). Так, показатели прибыли следует рассматривать в связке с показателями платежеспособности и ликвидности.

Дело в том, что, по сути, целью функционирования финансово-экономической системы является максимизация рыночной стоимости предприятия, что соответствует конечным финансовым интересам его владельцев. Данное утверждение противоречит распространенному мнению, что главная цель деятельности — максимизация прибыли. Но высокий уровень прибыли может означать высокий уровень финансового риска и угрозу банкротства в последующих периодах времени. Кроме того, вся прибыль может быть израсходована на цели текущего потребления, что автоматически сокращает источник формирования собственных ресурсов и означает снижение рыночной стоимости (соответственно, уровень прибыли в перспективе).

Более того, на составные части исследуемого в данном блоке анализа соотношения «себестоимость — объем продукции — прибыль», в первую очередь на затратную часть, влияют различные факторы внешней и внутренней среды функционирования предприятия. Влияние внешних факторов, отражающих общий уровень развития экономики и не зависящих от деятельности предприятия, проявляется в уровне цен на сырье, товары, материалы, оборудование, энергоносители, тарифах на транспорт, воду и другие материальные услуги, ставках арендной платы, нормах амортизационных отчислений и т. д. Внутренние факторы, непосредственно связанные с результатами деятельности предприятия, с его деловой активностью, включают в себя: объем выручки от реализации, формы и системы оплаты труда, повышение производительности труда, повышение эффективности использования основных фондов и оборотных средств и т. д.

На уровень себестоимости продукции, соответственно, уровень прибыли, влияет объем выручки от реализации продукции. Не рассматривая все нюансы и проблемы (и возможности), связанные с бухгалтерским и налоговым учетом данного параметра (хотя они играют большую роль при анализе и оценке состояния предприятия), отметим, что четкую зависимость между выручкой, себестоимостью и прибылью можно показать, применив деление затрат на условно-постоянные и переменные и проанализировав точку безубыточности производства. Анализ себестоимости в таком ключе можно проводить и по видам продукции, и в разрезе элементов затрат. Основное внимание при таком подходе уделяется соответствию фактических затрат установленным нормам и нормативам и выявлению имеющихся и перспективных возможностей и резервов экономии затрат по отдельным элементам себестоимости.

Основные параметры, характеризующие взаимосвязи себестоимость, объема продукции и прибыли, приведены ниже:

Фундаментальные взаимосвязи между выручкой, издержками и прибылью:

$$П = КЦ - (KV + С) = К(Ц - V) - С,$$

где  $K$  — объем выручки;

$Ц$  — цена товара;

$С$  — сумма условно-постоянных затрат;

$V$  — переменные издержки в цене товара;

$П$  — прибыль.

При  $\Pi = 0$  — экономический смысл точки без убыточности, то из общего уравнения заменив  $K$  на  $K_0$  получим объем продаж в натуральном выражении:

$$K_0 = C / (\Pi + C - V).$$

Объем продаж в денежном выражении:

$$K_0 = C / (1 - (V / \Pi)),$$

где  $V / \Pi$  — удельный показатель переменных издержек в цене товара.

Предельный уровень цены товара при изменении других параметров (рост цен на сырье):

$$\Pi = V + (\Pi + C) / K.$$

Необходимый объем выручки для обеспечения заданной прибыли:

$$K = (\Pi + C) / (\Pi - V).$$

Предельный допустимый уровень переменных издержек при заданных параметрах цен, прибыли либо условно-постоянных затрат:

$$V = \Pi - ((\Pi + C) / K).$$

**Финансово-экономическая система.** Финансово-экономическое состояние предприятия характеризуется составом и размещением средств, структурой их источников, скоростью оборота капитала, способностью предприятия погашать свои обязательства в срок и в полном объеме, а также другими факторами. Оценка финансово-экономического состояния — операция неоднозначная, однако достоверная. Объективная его оценка важна для заинтересованных пользователей отчетности предприятия. При анализе показателей финансово-экономической системы, являющейся объектом пристального внимания как внешних, так и внутренних пользователей отчетности, необходимо, основываясь на первичных документах, данных учета и отчетности и др. документации, разработать определенные показатели, а также правила и методики их оценки.

Анализ финансово-экономической системы как составляющей структуры предприятия должен всегда учитывать, что данная система является «кровеносной» системой предприятия. Перед любым предприятием всегда стоят две основные задачи: привлечение капитала и его эффективное использование (а также оценка эффективности), т. е. управление структурой капитала. Практически все результаты деятельности предприятия (любой из его функциональностей) имеют свое количественное выражение в виде финансовых результатов (коэффициентов, отношений и т. п.). Используя понятие финансово-экономической системы как одной из составляющих в связке с ПСС, представляется возможным оценить, какие позиции (параметры и коэффициенты) являются наиболее критичными (т. е. не достигаются желаемые уровни) для данного предприятия, где резервы увеличения эффективности наиболее малы.

С данной точки зрения ключевыми параметрами становятся: структура наличия и использования капитала, состояние и эффективность движения активов, уровень и перспекти-

## Глава восьмая

---

вы конечных финансовых результатов. В схеме анализа и оценки финансово-экономической системы можно выделить следующие области (блоки параметров):

- оценка устойчивости и автономности;
- оценка оборачиваемости;
- анализ платежеспособности;
- анализ финансовых результатов.

Каждая из названных областей имеет принципиальное значение и играет значимую роль при оценке деятельности предприятия в целом, особенности в условиях неопределенности функционирования внешней среды. Тем не менее, поскольку приоритет в финансово-экономической деятельности отдается рациональной организации и эффективному использованию оборотных средств, именно им уделяется особое внимание в данном блоке анализа.

Все финансы предприятия можно разделить на внутренние (собственные) и внешние (привлеченные).

Чтобы оценить эффективность функционирования финансовой системы в целом, необходимо знать:

- как используется привлеченный капитал;
  - в какой степени предприятие обслуживает внешние и внутренние обязательства;
  - способно ли оно увеличить свои резервы, не снижая ликвидности имеющихся активов;
- насколько сбалансировано финансовое состояние в целом и т. д.

Всем этим задачам отвечает анализ финансово-экономической системы предприятия, включающий в себя также анализ и оценку эффективности функционирования экономической системы предприятия, в том числе эффективность применяемых критериев развития (достижимость плановых показателей и т. п.).

Все названные области содержат блоки параметров, которые легко вычисляются по типовым формам бухгалтерской отчетности либо выводятся из них по существующим методикам.

**Описание блока оценки устойчивости и автономности предприятия.** К параметрам оценки устойчивости и автономности предприятия относятся:

1. Коэффициент автономии — показывает, в какой степени объем используемых предприятием активов сформирован за счет собственного капитала и насколько предприятие независимо от внешних источников финансирования (рост коэффициента свидетельствует о росте финансовой независимости и снижении риска финансовых затруднений). Коэффициент автономии равен доле источников средств в общем итоге баланса. Нормальное значение — на уровне 0,5.

$$K_{\text{авт}} = \frac{\Pi_{\text{IV}}^{\sim}}{Б},$$

где  $\Pi_{\text{IV}}^{\sim}$  — собственные средства предприятия, руб.,

Б — валюта баланса, руб.

2. Коэффициент финансовой устойчивости — отношение собственных и заемных средств и характеризует независимость предприятия от заемных источников финансирования. Рост данного коэффициента означает рост кредитоспособности предприятия, что в

значительной степени влияет на его кредитную историю и расширяет возможности займов и кредитования.

$$K_3 = \frac{\Pi_V + \Pi_{VI}^-}{\Pi_{IV}^-},$$

где  $\Pi_V$ ,  $\Pi_{VI}^-$  — итоги разделов V и VI бухгалтерского баланса предприятия — без строк 640, 650, 660

Данное отношение показывает, сколько заемных средств привлекало предприятие на 1 руб. собственных средств, вложенных в активы.

3. Обеспеченность собственными оборотными средствами. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами равен отношению величины собственных оборотных средств к стоимости запасов и затрат предприятия.

$$K_3 = \frac{\Pi_{VI}^- - A_1}{A_{II}}.$$

Если его значение меньше 0,1, структура баланса может быть признана неудовлетворительной, а предприятие неплатежеспособным (в соответствии с «Методическими положениями по оценке финансового состояния предприятий и установлению неудовлетворительной структуры баланса», разработанными ФУДН в 1994 г.).

В части обеспеченности запасов собственными оборотными средствами коэффициент определяется как:

$$K_3 = \frac{\Pi_V + \Pi_{VI}^- - A_1}{\text{Запасы}}.$$

Так как долгосрочные заемные средства ( $\Pi_V$ ) направляются на финансирование основных средств и капитальных вложений, при расчете собственных оборотных средств они прибавляются к собственному капиталу. Считается, что коэффициент обеспеченности должен изменяться в пределах 0,6 ... 0,8. Т. е. 60–80% запасов предприятия должны формироваться из собственных источников.

4. Коэффициент маневренности — равен соотношению собственных оборотных средств предприятия к общей величине источников собственных средств.

$$K_{\text{ман}} = \frac{\Pi_{VI}^- - A_1}{\Pi_{VI}^-}.$$

Этот коэффициент показывает, какая часть собственных средств находится в мобильной форме, позволяющей относительно свободно маневрировать этими средствами. Оптимальное значение этого показателя 0,5.

5. Коэффициент инвестирования

$$K_{\text{инв}} = \frac{\Pi_{VI}^-}{A_1}.$$

Показывает, в какой степени внеоборотные активы покрыты собственными источниками.

Значение коэффициента должно быть больше 1. Значение  $K_{инв} < 1$  свидетельствует об отсутствии у предприятия собственных оборотных средств, наличие которых — минимальное условие финансовой устойчивости.

Все названные выше коэффициенты отражают одно из важнейших правил функционирования финансово-экономической системы — соблюдение оптимальных, отвечающих целям и задачам конкретного предприятия, соотношений между собственными и заемными средствами, между внешними и внутренними ресурсами, между активами и пассивами.

Учитывая, что предприятие обязано своевременно уплачивать проценты по кредитам, погашать полученные кредиты, выплачивать внутренние долги, что не зависит от уровня прибыли, всегда увеличение доли заемного капитала в структуре источников финансирования означает снижение уровня автономности, а также и уровня долгосрочной платежеспособности. Кроме того, с учетом значений данных параметров принимаются многие решения в области политики привлечения финансовых ресурсов и решение об источниках финансирования капитальных вложений.

**Описание блока параметров оценки оборачиваемости.** *Оценка оборачиваемости оборотных активов* складывается из оценки оборачиваемости отдельных элементов оборотных средств (согласно системе бухгалтерского учета на предприятия) и включает в себя анализ следующих параметров:

1. Коэффициент оборачиваемости оборотных активов — характеризует размер объема выручки от реализации в расчете на один рубль оборотных средств, т. е., по сути, является показателем фондоотдачи оборотных средств.
2. Оборачиваемость запасов — оценивается как по количеству оборотов, так и по коэффициенту закрепления на 1 денежную единицу реализованной продукции, а также в днях.
3. Оборачиваемость дебиторской задолженности — оценивается так же, как и предыдущий показатель. Кроме того, для оценки используется градация по уровню ликвидности, необходимая для оценки перспектив возвращения оборотных средств, «замороженных» в дебиторской задолженности, причем в соотношении с анализом кредиторской задолженности.
4. Достаточность денежных средств — определяет уровень абсолютной платежеспособности предприятия, его готовность немедленно рассчитаться по неотложным финансовым обязательствам.
5. Период предпринимательского кредита (в днях) — характеризует часть политики коммерческого кредита, положения которой влияют на показатели дебиторской задолженности, а также на продолжительность финансового цикла предприятия.

Оценка оборачиваемости оборотного капитала и его движения, или состояние текущих активов предприятия (в целом и по группам источников) — важнейшая составляющая анализа финансово-экономической системы, своеобразный индикатор деловой активности предприятия (и, по сути, производственной активности). Именно с оборота мобильных активов начинается процесс обращения капитала, приводится в движение вся цепочка хозяйственной активности предприятия. Поэтому факторам и резервам ус-



корения оборотных средств, синхронизации движения текущих активов с прибылью и денежными средствами предприятия следует уделять максимум внимания. Более того, скорость оборота — комплексный показатель организационно-технического уровня производственно-хозяйственной деятельности. Увеличение числа оборотов достигается в общем случае за счет сокращения времени производства, которое обусловлено технико-технологическими факторами, и времени обращения.

Эффективность использования оборотных средств заключается не только в ускорении оборачиваемости, но и в снижении себестоимости продукции за счет экономии материально-вещественных элементов оборотных средств и издержек обращения. Оборачиваемость как таковая играет ключевую роль при оценке резервов снижения себестоимости продукции предприятия, соответственно, увеличения прибыльности, рентабельности и т. д. По технико-технологическим параметрам существуют нормы и нормативы для оборотных средств, поэтому следует тщательным образом отслеживать всю цепочку, весь поток хозяйственных операций, часть которого — элементы оборотного капитала.

Ключевую роль в данном блоке параметров играют:

- расчет потребности в оборотном капитале (поэлементно и в целом), на что влияет состояние технико-организационных параметров ПСС;
- источники финансирования оборотного капитала, что влияет на устойчивость и автономность финансового состояния.

Дело в том, что система формирования оборотных средств влияет на скорость и эффективность их использования, т. е. избыток означает, что часть капитала бездействует и не приносит дохода, а недостаток — торможение производственного процесса, замедление скорости хозяйственного оборота.

Более того, слишком малая и просто малая скорость оборачиваемости оборотных средств всегда означает упущенную выгоду, т. е. свободные средства предприятия отвлечены на более длительный срок, чем этого требуют технологические нормы и нормативы, а также ситуация, складывающаяся вокруг предприятия, обладает высокой степенью неопределенности и риска. Рост оборачиваемости способствует экономии капитала (сокращению потребностей), приросту прибыли и в конечном счете увеличению доходности и общей рентабельности деятельности предприятия (увеличение получаемой прибыли).

Важнейшим инструментом анализа в данном блоке является группировка элементов оборотного капитала по степени ликвидности и по степени финансового риска, что служит задачам оценки качества средств предприятия, находящихся в обороте, а также позволяет выявить блок текущих малоликвидных активов.

С этой точки зрения предоставляется возможность использовать рациональное размещение оборотных средств в активах предприятия, особенно в текущих (высвобождение вещественных элементов оборотных средств, меньшая норма и масса запасов сырья, материалов, заделов незавершенного производства, высвобождение денежных ресурсов, ранее вложенных в запасы и заделы).

Одну из ключевых ролей здесь играют показатели дебиторской задолженности, поскольку в этой области затрагиваются: объективная оценка финансового состояния, пла-

тежеспособности и надежности своих партнеров; постоянный контроль за качеством расчетно-финансовых операций и платежной дисциплины; принятая политика коммерческого кредитования и т. п., что отвечает сложившейся на данный момент ситуации хозяйственной неопределенности и повышенного риска.

В общем случае основные факторы, влияющие на величину и скорость оборота оборотных средств предприятия:

- масштаб деятельности предприятия;
- характер деятельности, т. е. отраслевая принадлежность;
- длительность и цикличность производственного цикла;
- количество и разнообразие потребляемых видов ресурсов;
- география потребителей продукции;
- география поставщиков;
- система учета, в т. ч. расчетов за продукцию (система коммерческого кредитования);
- платежеспособность клиентов и реальная возможность ее оценки;
- качество банковского обслуживания и устойчивость и надежность банковской системы в целом;
- темпы роста производства и реализации продукции (а также темпы роста отрасли);
- доля добавленной стоимости в цене продукции;
- учетная политика предприятия;
- квалификация высшего и среднего управленческого звена и персонала в целом;
- инфляция (и макроэкономическая ситуация в целом).

В условиях неопределенности хозяйствования и повышенного риска большинство предприятий стоит перед необходимостью оценки финансово-экономического состояния, платежеспособности и надежности своих партнеров. Постоянному контролю также подлежит качество расчетно-финансовых операций и платежной дисциплины, поскольку состояние дебиторской и кредиторской задолженности (в первую очередь их разумного соотношения), их качество влияет на состояние и эффективность финансово-экономической системы в целом. Кроме того, необходимо отслеживать такие параметры, как законность имеющейся дебиторской задолженности, сроки ее возникновения, наличие нормальной и неоправданной (по претензиям) дебиторской задолженности, ее причины и условия, которые существенным образом сказываются на значении параметров анализа оборачиваемости оборотных средств предприятия.

**Описание системы оценки платежеспособности.** При *анализе платежеспособности* ключевую роль играют:

1. Прямые показатели платежеспособности (абсолютной, промежуточной, текущей) — рассчитываются на основе данных бухгалтерского баланса. Ключевую роль играет оценка долгосрочной платежеспособности (отношение заемного капитала к собственному), целью которой является раннее выявление признаков банкротства.
2. Коэффициент текущей ликвидности (общего покрытия) — показывает, в какой степени вся задолженность предприятия по краткосрочным (текущим) финансовым обязательствам может быть удовлетворена за счет всех его текущих (оборотных) активов.

3. Коэффициент абсолютной ликвидности — показывает, в какой степени все текущие финансовые обязательства предприятия обеспечены имеющимися у него готовыми средствами платежа на определенную дату, т. е. характеризует возможность предприятия мобилизовать денежные средства для покрытия краткосрочной задолженности.
4. Коэффициент относительной ликвидности (промежуточного покрытия) — определяется как отношение суммы дебиторской задолженности и денежных средств, в т. ч. краткосрочных ценных бумаг, к величине краткосрочных обязательств (т. е. к краткосрочным займам и кредитам) и кредиторской задолженности.

Анализ платежеспособности — это соизмерение наличия и поступления средств с платежами первой необходимости, на что влияют показатели предыдущего блока параметров. В целом платежеспособность предприятия означает возможность погашения им в срок и в полном объеме своих долговых обязательств и является важнейшим показателем, характеризующим финансово-экономическое состояние предприятия, неким своеобразным «сигнальным индикатором».

Данная группа коэффициентов имеет вполне определенную цель — оценить общее финансовое состояние, поскольку итоги анализа финансово-экономической системы предприятия должны быть согласованы с оценкой финансового состояния. Оно в большей степени зависит не от размеров прибыли, а именно от способности предприятия своевременно погашать свои долги, как внешние, так и внутренние, т. е. от ликвидности активов. Более того, пристальное внимание в данном блоке уделяется оценкам долгосрочной платежеспособности, поскольку именно оценка на перспективу, во-первых, характеризует возможность предприятия функционировать длительный период и, соответственно, непосредственным образом влияет на уровень устойчивости финансово-экономической системы, и, во-вторых, позволяет выявлять признаки банкротства на раннем этапе. Кроме того, коэффициенты ликвидности находятся во взаимосвязке с параметрами ПСС и отвечают задаче нахождения оптимальных финансовых равновесий, описанных выше. Однако ситуация, когда состояние финансов не создает помех для функционирования предприятия, по своей сути, является недостижимой. Дело в том, что существует некий «треугольник задач»: «ликвидность — доходность — риск».

Предприятие должно:

- исходя из требования обеспечения заданного уровня доходности, используя предоставленный капитал, как минимум покрывать издержки, связанные с его получением;
- исходя из требований ликвидности быть постоянно в состоянии платежеспособности.

Задачи одновременного достижения рентабельности и ликвидности являются противоположными, что связано с рядом фундаментальных причин. В общем случае рост рентабельности предприятия сопровождается ростом рисков, прежде всего финансового риска, поскольку предприятие наращивает долю долга в структуре предприятия. Но при прочих равных условиях рост кредиторской задолженности приводит к снижению ликвидности. Решение задачи «финансового равновесия» в общем случае решается за счет применения следующего метода: предприятие выбирает один, наиболее значимый для него параметр, а другие два поддерживает на уровне, который отвечает оптимальному значению ключевого параметра.

Итоги рассмотрений настоящего раздела подведены в табл. 8.1



## **8.2. Метод динамического анализа состояния многопараметрического объекта**

*Способ динамического анализа состояния многопараметрического объекта или системы.* Для решения задачи оперативного анализа воспользуемся методом динамического анализа состояния многопараметрического объекта, где в качестве такого объекта рассматриваем предприятие в целом, а диагностику и анализ его состояния осуществляем на основе классификации показателей, характеризующих организационно-экономическую устойчивость предприятия, разработанной в разделе 8.1.

В решении данной задачи предлагается основываться на способе оперативного динамического анализа нечеткого состояния *многопараметрического объекта* (МПО), позволяющего реализовывать принцип предыстории функционирования МПО на основе проведения целевой декомпозиции исходного множества многопараметрического пространства состояний на классы четких и нечетких состояний разнородных динамических параметров.

Этот метод позволяет обеспечить визуальный динамический анализ как четких (однозначно идентифицированных), так и нечетких (неоднозначно идентифицируемых) текущих состояний объекта с экрана многоцветного видеомонитора и оперативно (в реальном масштабе времени) определять относительную величину и характер изменения диагностируемого обобщенного состояния МПО с оценкой последовательности (предыстории) его изменения. Все это в комплексе обеспечивает сокращение сроков анализа состояния МПО и используемых технических средств отображения динамических параметров для информационной поддержки принятия решений экспертам-аналитикам, подготавливающим решения по диагностике состояний МПО.

Способ оперативного динамического анализа нечеткого состояния МПО предлагается использовать в комплексе совместно со способом цветокодového представления и анализа динамики состояния многопараметрического объекта или процесса. Данное условие необходимо, так как результаты представления информации состояния МПО отображаются на экране многоцветного монитора посредством наглядного визуального представления всей обобщенной информации о МПО или определенной ее части в виде когнитивной цветокодовой матрицы-диаграммы.

При анализе состояния МПО, наблюдаемого по  $n$ -у динамическому параметру (показателю состояния МПО), его текущее состояние в  $t_i$ -й момент времени можно представить в виде выражения:

$$A_j^n(t_i) = \langle A_1^n(t_i), \sim A_2^n(t_i), A_3^n(t_i) \rangle, n \in N, \quad (8.1)$$

где  $A_1^n(t_i)$  — штатное четкое состояние  $n$ -го параметра, т. е. параметр однозначно находится в  $t_i$ -й момент времени в допуске;

$A_3^n(t_i)$  — нештатное четкое состояние  $n$ -го параметра, т. е. параметр однозначно находится в  $t_i$ -й момент времени не в допуске;

$\sim A_2^n(t_i)$  — нечеткое состояние  $n$ -го параметра, т. е. система обработки в  $t_i$ -й момент времени не может в силу тех или иных причин однозначно определить, в допуске или не в допуске динамический параметр.

Нечеткость состояния параметра определяется тем, что его текущее значение ввиду размытости, расплывчатости может быть отнесено как к штатному, так и нештатному состоянию. Традиционное представление динамических параметров представлено на рис. 8.8. Цветокодовая матрица-диаграмма изменения состояния многопараметрического объекта или процесса представлена на рис. 8.9.

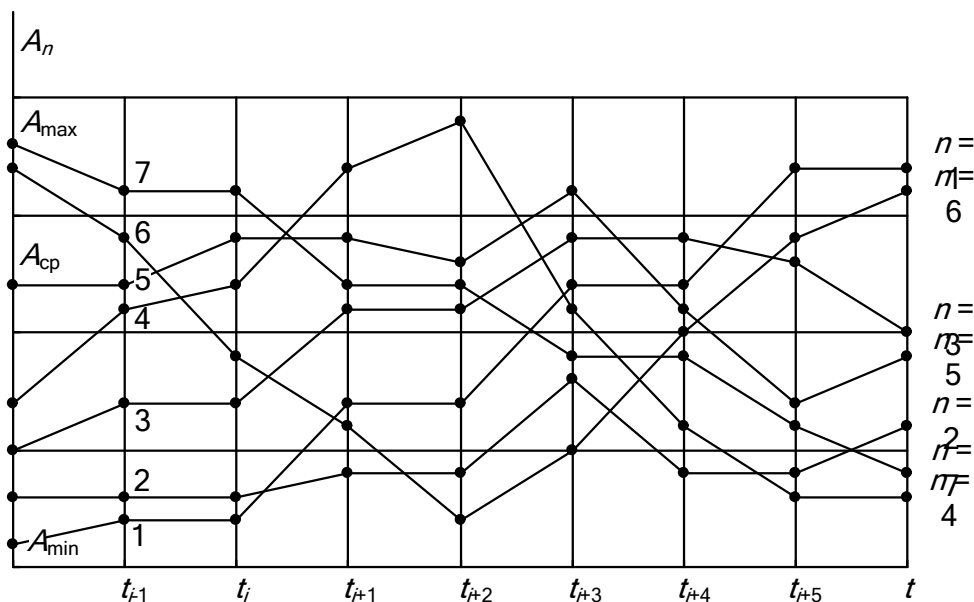


Рис. 8.8. Традиционное представление динамических параметров на одном информационном поле (для  $n=7$ )

Обобщая выражение (8.1) по всему множеству динамических параметров  $n \in N$  для МПО в целом, получаем возможные обобщенные оценки классов состояния:

$$A_j(t_i) = \langle A_1(t_i), \sim A_2(t_i), A_3(t_i) \rangle. \quad (8.2)$$

Состояние динамических параметров, оцененных в соответствии с выражением (8.2) по этапам функционирования объекта, определяет соответственно его обобщенное (интегральное) состояние и переходы объекта из одного состояния в другое (динамику состояний). Например, в простейшем случае множества  $A_1(t_i), \sim A_2(t_i), A_3(t_i)$  определяют соответствующие классы штатных  $K^{\text{шт}}$  и нештатных  $K^{\text{ншт}}$  состояний МПО.

Очевидно, чем более неопределенной (неоднозначней) ситуация на выходе МПО и чем большее влияние оказывают различные дестабилизирующие факторы на динамический параметр, тем труднее провести оценку текущего нечеткого состояния МПО с идентификацией исходного многопараметрического пространства на классы  $\{A_1(t_i), A_3(t_i)\}$  четких состояний динамических параметров и тем большее количество динамических параметров попадает в класс  $\{\tilde{A}_2(t_i)\}$  нечетких состояний.

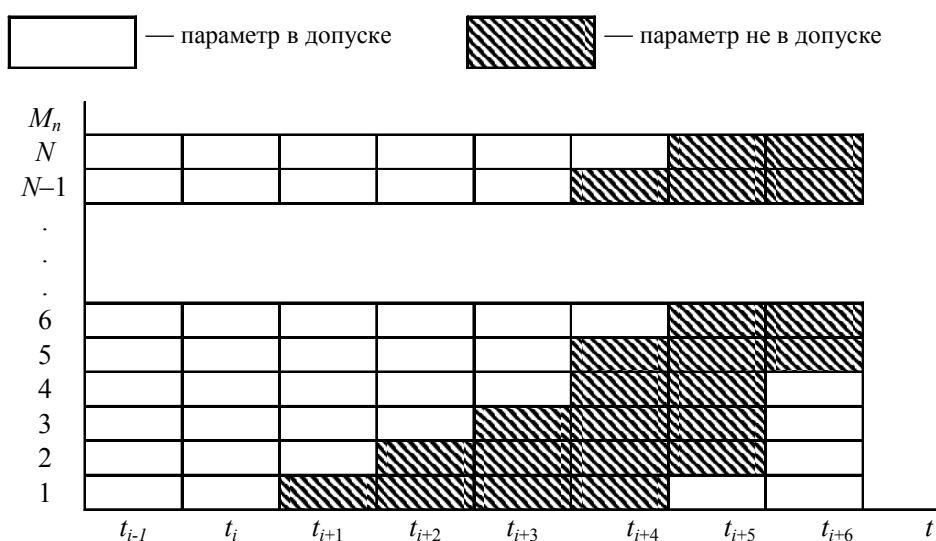


Рис. 8.9. Цветоводовая матрица-диаграмма изменения состояния многопараметрического объекта или процесса

Нечеткое подмножество  $\tilde{A}_2(t_i)$  можно представить в виде соотношения:

$$\tilde{A}_2(t_i) = (A_1(t_i) \pm \Delta A_1) \& (A_3(t_i) \pm \Delta A_3), \quad (8.3)$$

где  $\Delta A_1$  и  $\Delta A_3$  — значения погрешностей определения  $A_1(t_i)$  и  $A_3(t_i)$  соответственно при оценке параметров из исходного множества  $A(t_i)$ , которые не позволяют однозначно идентифицировать (классифицировать, распознать) анализируемый параметр и отнести его к одному из четких подмножеств  $A_1(t_i)$  и  $A_3(t_i)$ .

Исключение сложной операции идентификации (классификации, распознавания) нечетких состояний динамических параметров только на классы четких состояний (классы эквивалентности) и переход к гибкой классификации на базе введения класса нечеткого состояния (класса толерантности) динамического параметра позволяет значительно упростить процесс оперативной обработки и анализа нечетких состояний динамических параметров и нечеткого состояния МПО в целом.

Введем обобщенную характеристику:

$$A_j^*(t_i) = \frac{N(t_i)}{N} \cdot 100\%, \quad (8.4)$$

где  $N$  — общее количество динамических параметров,  $N(t_i)$  — количество динамических параметров, текущее значение которых в  $t_i$  — момент времени отнесено к одному из подмножеств (классов)  $\langle A_1(t_i), \sim A_2(t_i), A_3(t_i) \rangle$ .

Используя введенные характеристики (8.2) и (8.4), можно получать различные цветокодовые матрицы — гистограммы состояний МПО. Так, кодируя определенным цветовым кодом видимого спектра каждый из выделенных классов состояний (8.2) динамических параметров и представляя относительную величину  $A_j^*(t_i)$  в виде информационного поля соответствующего подмножества динамических параметров, получаем трехуровневую цветокодовую матрицу — гистограмму состояния МПО (рис. 8.10).

Сущность способа состоит в том, что с целью обеспечения оперативного динамического анализа нечеткого состояния многопараметрического объекта или процесса проводится оперативное преобразование результатов допускowej оценки четких состояний разнородных динамических параметров в соответствующие информационные цветокодовые сигналы с обобщением по всему множеству динамических параметров в заданном временном интервале. В качестве показателей оцениваемой характеристики используют динамические параметры. В качестве результатов оценки используют результаты допускowej оценки нечетких состояний динамических параметров. Операцию преобразования осуществляют формированием соответствующего информационного цветокодового сигнала видимого спектра в зависимости от результатов допускowej оценки текущих состояний динамического параметра с последующим отнесением его к одному из классов четких или нечетких состояний (в допуске, не в допуске, не известно) с обобщением по всему множеству параметров на заданном интервале. Отображают информационные цветокодовые сигналы посредством трехуровневой матрицы–гистограммы состояний. Ее столбцы соответствуют относительным величинам оцененных классов четких и нечетких состояний динамических параметров объекта, а строки — заданным временным интервалам. Определяют относительную величину и характер изменения интегрального состояния многопараметрического объекта по направлениям изменения и относительным величинам этого изменения во времени информационных цветокодовых сигналов.

Таким образом, нечеткое многопараметрическое пространство состояний всего множества (потока) динамических параметров, независимо от его мощности, можно представить на экране многоцветового видеомонитора (дисплея) в виде трехуровневой цветокодовой матрицы–гистограммы состояний МПО  $[A_j^*(t_i) \cdot t_i]$ , где  $A_j^*(t_i)$  — относительное количество динамических параметров, принадлежащих  $j$ -у классу состояний,  $j = 1, 2, 3$ ,  $t_i$  — время регистрации.



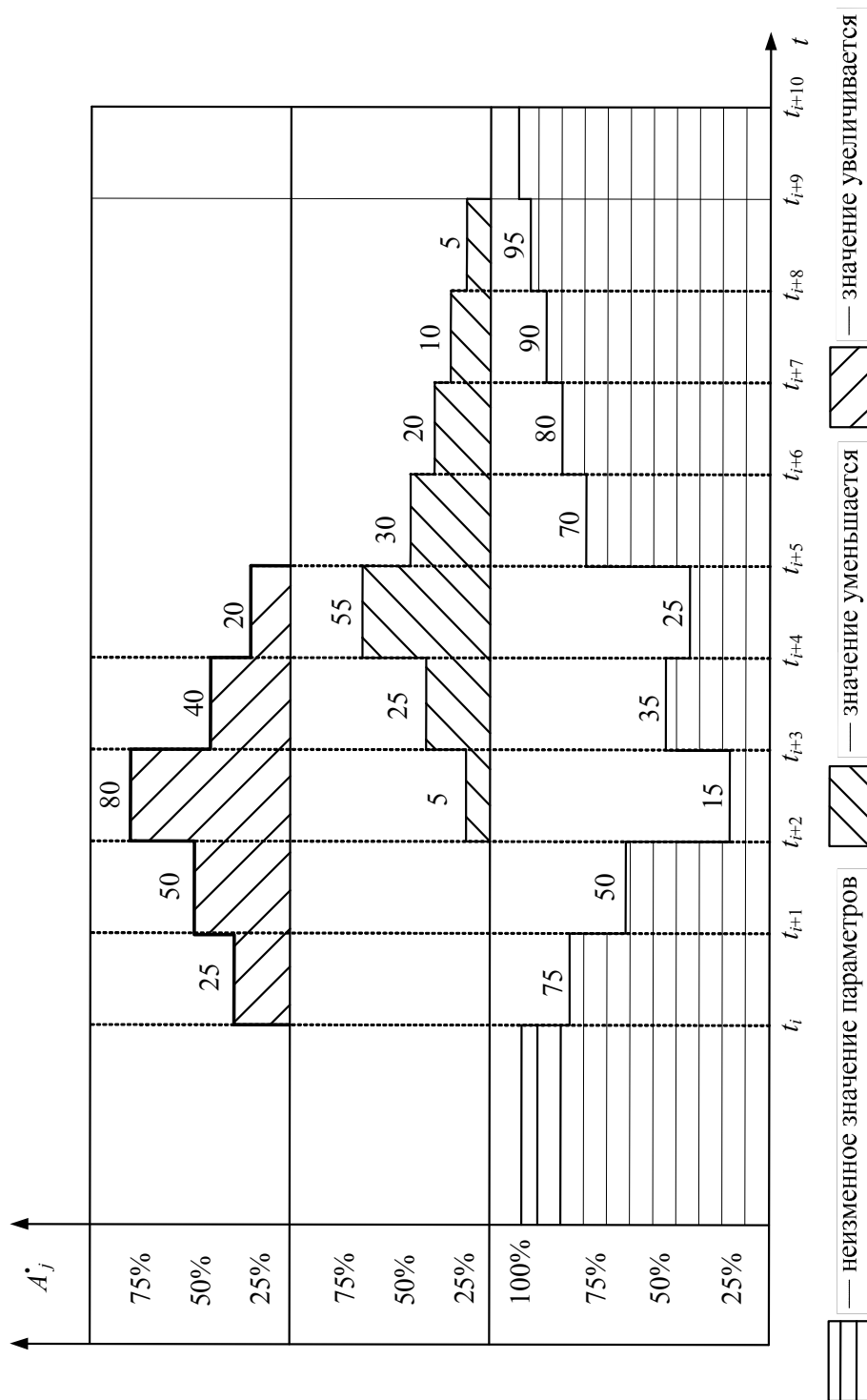


Рис. 8.10. Трехуровневая цветокодовая матрица-гистограмма состояния многопараметрического объекта

Новизна предлагаемого способа по сравнению с известными способами представления и анализа состояния многопараметрического объекта или процесса в том, что разработана логическая последовательность действий по представлению и анализу нечеткого состояния МПО. В основе такого подхода предлагается использовать новый подход к декомпозиции многопараметрического пространства нечетких состояний динамических параметров на классы четких и нечетких состояний, что значительно облегчает реализацию алгоритмов классификации (кластеризации) — распознавания (диагностики), идентификации и информационной поддержки принятия решений по управлению МПО.

Способ цветокодового представления и анализа динамики состояния многопараметрического объекта или системы. Для МПО трудность решения задач диагностики их состояний, изменяющихся во времени, обусловлена необходимостью оперативной оценки каждого динамического параметра, характеризующего функционирование МПО, на соответствующей циклограмме его работы в строгом соответствии со шкалой времени.

Способ цветокодового представления и анализа динамики состояния многопараметрического объекта или системы — универсальный способ цветокодового представления и анализа состояний сложных многопараметрических объектов на основе использования непрерывно-дискретной шкалы переходов МПО из одного класса состояний в другой с учетом предыстории его функционирования, в составе которого положено оперативное выделение обобщенных цветокодовых описаний для информационной поддержки принятия решений.

Цель данного способа — оперативное представление и анализ изменения класса состояния многопараметрического объекта или системы, отображаемого множеством разнородных динамических параметров с определением последовательности, полноты и характера перехода его из одного состояния в другое.

Заявленная цель достигается реализацией способа цветокодового представления и анализа динамики состояния МПО за счет одновременной обработки и наглядного визуального представления всей обобщенной информации о МПО или определенной ее части в виде когнитивной цветокодовой матрицы-диаграммы состояния МПО. Осуществляется на основе перехода от традиционного представления динамического параметра в виде графика или функции изменения его значения во времени к нетрадиционному цветокодовому представлению динамики изменения текущего класса состояния МПО в виде матрицы-диаграммы. При этом каждый текущий класс состояния МПО определяется по всему множеству разнородных параметров и кодируется одним из цветов кода видимого спектра.

Способ, таким образом, позволяет обеспечить наглядное визуальное представление многомерного (многопараметрического) текущего состояния МПО на экране многоцветного видеомонитора и оперативно (в реальном масштабе времени) определять последовательность, полноту и характер перехода его из одного класса состояний в другой. Все это в комплексе обеспечивает сокращение сроков представления и визуального анализа динамической информации о состоянии МПО в различных прикладных областях деятельности и используемых технических средств ее отображения.

Сущность способа в том, что с целью обеспечения оперативного цветокодового представления и анализа состояния МПО, идентифицированные по допусковому способу, с точки зрения принадлежности к  $i$ -му классу состояния,  $i = \overline{1, I}$ , текущие значения разно-

родных динамических параметров представляют в соответствующие информационные цветокодовые сигналы видимого спектра последовательно во времени с обобщением по всему множеству динамических параметров в заданном временном интервале. Операцию преобразования осуществляют формированием соответствующего информационного цветокодового сигнала. Информационные цветокодовые сигналы посредством матрицы–диаграммы состояния МПО. Ее столбцы соответствуют идентифицированному текущему значению  $i$ -го класса состояния динамического параметра, строки — заданным временным интервалам, определяют последовательность смены класса состояния МПО по циклограмме его наблюдаемых динамических параметров и характер перехода (многопараметрического пространства пересечения классов) МПО из одного класса состояния в другой с обобщением по всему упорядоченному множеству разнородных динамических параметров, отображающих текущее состояние МПО.

Предлагаемый способ позволяет оперативно определять последовательность, полноту и характер переходов МПО из одного класса состояния в другой по большому количеству (на порядок и более по сравнению с традиционным представлением) разнородных динамических параметров, что значительно облегчает восприятие общей интегральной картины смены состояния МПО.

Сущность предложенного способа проиллюстрируем для двухпараметрического пространства состояний МПО (рис. 8.11), где каждый динамический параметр  $M_n$  (или  $M_m$ ) отображает в относительной величине одну из характеристик наблюдаемого МПО — амплитуду  $A^n$  ( $A^m$ ) ее изменения. Очевидно, что с точки зрения оперативности принятия решения о переходе одного состояния МПО в другое крайне важна интегральная многопараметрическая характеристика его текущего состояния, несущая обобщенную информацию не столько количественного, сколько качественного (содержательного) характера. В качестве такой интегральной характеристики может быть использовано многопараметрическое пространство пересечения между классами состояния МПО.

На рис. 8.11.а), б) приведено традиционное представление графиков изменения амплитуды динамических параметров МПО с установленными на нем измерительными датчиками  $n = 1, 2$ , которые формируют соответствующие динамические параметры. Переход двухпараметрического МПО из одного состояния в другое по  $n$ -у и  $m$ -у параметру в традиционной форме представления приведен на рис. 8.11 а), б), где участок АВ является областью перехода МПО из класса состояний  $K_{i-1}^T$  в класс  $K_i^T$ , которая может быть различна для разных параметров. Очевидно, что классы  $K_{i-1}^T$  и  $K_i^T$  являются пересекающимися классами (классами толерантности). Анализ логики изменения динамических параметров на рассматриваемом участке времени позволяет определить крайние границы ( $t_{\min}$ ,  $t_{\max}$ ) перехода объекта из состояния  $K_{i-1}^T$  в состояние  $K_i^T$ . Тогда  $\Delta t$  определим как временной интервал пространства этого перехода. Оно представляет собой некоторое множество пересечений  $K_{i-1}^T$  и  $K_i^T$ . Проведем декомпозицию исходной ситуации на непересекающиеся классы (классы эквивалентности)  $K_{i-1}^{\exists}$  и  $K_i^{\exists}$  с выделением пространства пересечений

$$(K_{i-1}^T \cap K_i^T).$$

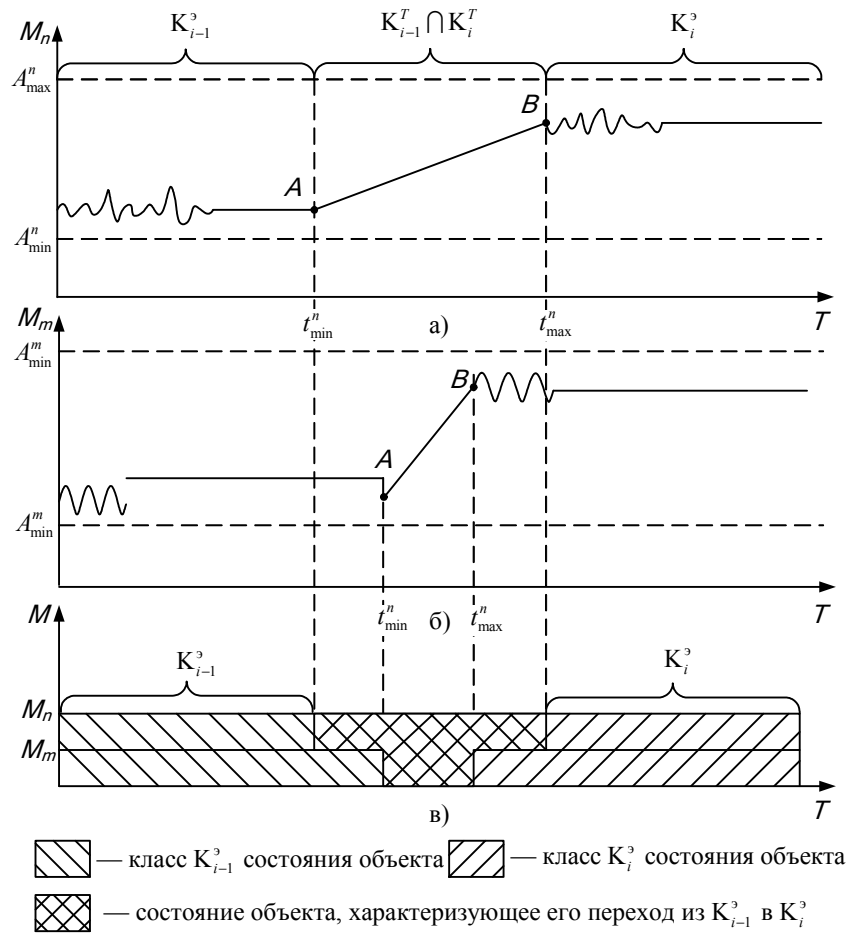


Рис 8.11. Традиционное и нетрадиционное представление состояния МПО

Определим частое пространство пересечений (перехода) МПО из состояния  $K_{i-1}^n$  в состояние  $K_i^n$  по  $n$ -у параметру в виде пересечения  $K_{i-1}^n \cap K_i^n$ , тогда обобщенное по множеству  $N$  пространство  $\Delta K_{i-1, i}$  представим в виде:

$$\Delta K_{i-1, i} = \bigcup_{n-1}^N \Delta K_{i-1, i} = \bigcup_{n-1}^N (K_{i-1}^n \cap K_i^n). \quad (8.5)$$

Полученное выражение (8.5), обобщенное по всему множеству наблюдаемых динамических параметров, может быть использовано для интегральной многопараметрической оценки факта изменения класса состояний, а следовательно, для распознавания состояний

МПО в динамике текущего времени. Построим матрицу–диаграмму состояния МПО в виде некоторой координатной сетки, где по оси абсцисс отложено время (или определенные отрезки времени), а по оси ординат — веса заданных признаков (динамических параметров), несущих информацию о соответствующем классе состояния МПО (рис. 8.11.в)). Кодировав определенным цветовым кодом видимого спектра каждый из классов по совокупности параметров, а также состояния перехода из одного класса состояний в другой для наглядности восприятия, получим обобщенное представление двухпараметрического пространства  $\Delta K_{i-1, i}$  на момент смены состояний МПО в новой системе координат. С учетом предлагаемого подхода на рис 8.11.в) приведено наглядное представление двух динамических параметров в виде многомерной цветокодовой матрицы-диаграммы  $[M_n(t_i) \cdot t_i]$ , где  $M_n(t_i)$  — упорядоченная совокупность информационных сигналов (полей) динамических параметров, в каждом из которых представляется последовательно во времени цветокодовая информация видимого спектра, соответствующая определенному текущему классу состояния МПО,  $t_i$  — характерные временные или пространственные координаты.

Выбор характеристики (показателя) изменения динамического параметра, диапазонов ее представления, шкалы цветокодирования и задания нужной гаммы цветов осуществляется оператором-аналитиком по его желанию в зависимости от характера и особенностей решаемой задачи. Выбранный диапазон представления рассматриваемой характеристики динамического параметра с точки зрения принадлежности к  $i$ -му классу должен однозначно соответствовать (автоматически подстраиваться) выбранной шкале цветокодирования, соответствующей идентифицированному текущему классу состояний МПО, таким образом, чтобы каждому классу соответствовал строго определенный цвет шкалы цветокодирования.

Визуальный анализ рассматриваемых представлений, раскрывающих суть предлагаемого способа, позволяет оперативно определять последовательность, полноту и характер смены текущего класса состояний МПО, наблюдаемого по каждому динамическому параметру и в целом по всему множеству динамических параметров МПО, в том числе:

- визуально оценить последовательность перехода по любой группе динамических параметров МПО в целом на исследуемых временных интервалах. Например, переход МПО из класса состояний  $K_{i-1}$  в класс  $K_i$  наглядно представляется цветокодовой матрицей-диаграммой по любому множеству динамических параметров, фиксирующих динамические изменения той или иной характеристики;
- оценить характер многопараметрического пространства перехода МПО из одного класса состояния в другой на рассматриваемом интервале времени.

Таким образом, способ обеспечивает оперативное представление и анализ текущего состояния МПО с определением последовательности, полноты и характера перехода его из одного состояния в другое по всему множеству разнородных динамических параметров. Все это в комплексе обеспечивает сокращение сроков обработки и анализа информации и используемых технических средств ее отображения для информационной поддержки принятия решений.

Предложенный подход дает наглядные модели состояний МПО в виде некоторой логической совокупности цветокодовых матриц–диаграмм состояний МПО.

Динамический просмотр таких совокупностей по реальной информации в режиме мониторинга на анализируемом интервале времени позволяет:

- отслеживать, находить, выявлять на визуальном уровне главные тенденции в поведении (изменении свойств) МПО;
- оперативно идентифицировать переходы объекта из одного состояния в другое, оценивать общую картину динамики изменения его состояния по всей циклограмме его функционирования;
- использовать человека-оператора в качестве окончательного элемента системы анализа, так как он может наблюдать на экране одного или нескольких многоцветных видеомониторов необходимые для ИППР по диагностике состояний МПО обобщенные данные обо всем потоке поступающей динамической информации, в том числе информации о различных (разнотипных) параметрах (показателях), которую невозможно анализировать на одном информационном поле при традиционном представлении;
- обеспечить формализацию процесса диагностирования за счет многомерного представления и визуализации нечетких обобщенных данных. Его особенность в том, что априорными описаниями классов являются структурные описания — цветокодовые представления, рассматриваемые последовательно по времени функционирования МПО, при получении которых проводится принцип учета последовательности изменения классов состояний МПО (структуры) и учета отношений, существующих между отдельными элементами анализируемых представлений;
- исключить ряд наиболее трудоемких «ручных» операций, таких, как: непрерывный контроль характера изменения функциональных параметров, оперативная оценка поля допуска по каждому параметру в условиях помех и искажений, проведение обобщения по всем параметрам, несущим информацию о состоянии МПО.

**Представление параметров, признаков или показателей.** Традиционно результаты эксперимента или наблюдений (эмпирические данные) представляются в виде матрицы данных, в основе которой описаны параметры, признаки или показатели, характеризующие состояние исследуемого объекта или процесса.

Пусть сложный объект или процесс характеризуется некоторым конечным множеством параметров, признаков или показателей. Каждый из них описывается некоторым множеством характеристик. В общем случае считаем, что параметры, признаки, показатели и их характеристики находятся в функциональной зависимости от времени и соответственно характеризуют текущее состояние динамического объекта или процесса. Будем считать, что сложноорганизованная информация представлена в виде некоторого многопараметрического ( $n$ -мерного) пространства измерений. Его оси соответствуют отдельным параметрам, а каждую строку матрицы данных рассматриваем как вектор в этом пространстве.

Текущее состояние параметра, признака или показателя, описывающее состояние сложного объекта или процесса, в общем случае может характеризоваться некоторым набором характеристик. В каждом параметре (признаке, показателе) можно выделить информационные, структурные и идентифицирующие характеристики.

Пусть состояние  $n$ -го динамического параметра (показателя, коэффициента)  $Mn(t)$  сложного многомерного (многопараметрического) объекта или процесса характеризуется совокупностью  $P_i^n(t)$  частных информационных характеристик:

$$P^n(t) = \{P_1^n(t), P_2^n(t), \dots, P_i^n(t) / i \in I, n \in N\}.$$

Среди которых выделим основные:

$P_1^n(t)$  — факт выхода параметра за допустимое поле допуска;

$P_2^n(t)$  — амплитуда изменения параметра в физической или относительной величине;

$P_i^n(t)$  — принадлежность значения параметра определенному классу состояний многопараметрического объекта.

Состояние  $n$ -го динамического параметра  $Mn(t)$  сложного многопараметрического объекта или процесса представим в виде:

$$M(t) = \{f_j^n(t), P_i^n(t) / n \in N, i \in I, j \in J\},$$

где  $P_i^n(t)$  —  $i$ -й показатель (характеристика) состояния  $n$ -го параметра, а

$f_j^n(t)$  —  $j$ -я форма его описания.

Состояние  $n$ -го динамического параметра  $M_n(t)$  сложного многопараметрического объекта или процесса может быть отображено совокупностью различных форм представления:

$$f^n(t) = \{f_1^n(t), f_2^n(t), \dots, f_i^n(t) / i \in I, n \in N\},$$

где  $f_i^n(t)$  —  $i$ -я форма представления состояния динамического параметра. (табличная, графическая, цветовая форма представления и т. п.).

Соответственно, состояние всех наблюдаемых динамических параметров на  $t$ -й момент времени характеризует многомерное (многопараметрическое) текущее состояние сложного объекта или процесса по  $i$ -му показателю и  $j$ -й форме его представления.

$$M(t) = \{f_j(t), P_i(t) / i \in I, j \in J\}.$$

**Принцип цветокодирования по степени принадлежности заданному полю допуска.** При обработке и анализе сложноорганизованной информации часто приходится осуществлять оценку принадлежности (принадлежит, не принадлежит) или степени принадлежности (с каким значением принадлежности) нечетких значений параметра заданному полю допуска, классу состояний.

Рассмотрим подход к визуализации процесса динамической оценки степени принадлежности заданному полю допуска текущих значений параметра.

Полагаем, что оценка состояния произвольного  $n$ -го параметра  $M_n(t)$  проводится по степени принадлежности его текущих значений заданному полю допуска во времени по циклограмме функционирования исследуемого объекта или процесса. Тогда состояние

рассматриваемого объекта или процесса относительно данного параметра можно представить в виде:

$$M_n(t) = \{f_j^n(t), P_j^n(t) / n \in N, j \in J\}, P_j^n(t) = \{P_h^n(t) / h \in H\},$$

где  $P_h^n(t)$  — принадлежность значения параметра заданному полю допуска по оцениваемой  $h$ -й характеристике.

Сущность такого цветокодирования в том, что текущее значение анализируемой характеристики динамического параметра в зависимости от степени принадлежности его текущих значений заданному полю допуска кодируется определенным кодом видимого спектра и представляется соответствующей цветокодовой ячейкой. Каждая ячейка соответствует определенному значению степени принадлежности значения параметра (характеристики) заданному полю допуска. Это достигается путем перехода от представления параметра в виде графика или функции изменения его значения во времени к цветокодovому представлению факта выхода за поле допуска текущего значения параметра исследуемого объекта, при этом проводится обобщение по множеству параметров одним из цветов кода видимого спектра.

**Построение интегрального показателя оценки организационно-экономической устойчивости предприятия.** При формировании интегрального показателя организационно-экономической устойчивости предприятия можно использовать довольно много расчетных показателей и коэффициентов. Важно, чтобы выбранные для анализа показатели:

- несли конкретный смысл, отражая основные грани работоспособности и устойчивости предприятия как сложной системы (т. е. грани ее функционального состояния);
- можно было выразить в относительных величинах. Последнее условие необходимо для построения именно интегрального показателя, отражающего состояние системы в целом и формирующегося с учетом состояния показателей устойчивости всех подсистем в совокупности, т. е. зависящего от локальных показателей устойчивости.

На основании разработанной системы классификации показателей и подхода к формированию интегрального показателя организационно-экономической устойчивости предприятия предлагается следующая схема построения этого показателя.

1. На основе представленной классификации показателей, характеризующих организационно-экономическую устойчивость предприятия, выделяются ключевые параметры в каждом из определенных блоков параметров функционирования той или иной системы предприятия (табл. 8.2.).
2. На основании экономико-математических расчетов, представленных в подходе к формированию интегрального показателя организационно-экономической устойчивости предприятия, определяются локальные показатели устойчивости по каждому из блоков каждой из систем предприятия, производственно-сбытовой и финансово-экономической.

Схема расчета локального показателя устойчивости блока представлена на примере расчета локального показателя устойчивости блока: «Технико-организационные параметры производства» (рис. 8.12).



## Блоки параметров деятельности предприятия

Производственно-сбытовая система	
Блоки рассматриваемых параметров	Параметры
Блок: Техничко-организационные параметры производства	$P_1$ — анализ ритмичности; $P_2$ — анализ комплектности; $P_3$ — анализ выполнения плана по номенклатуре; $P_4$ — анализ незавершенного производства.
Блок: Параметры использования производственных ресурсов	$P_5$ — трудовые ресурсы; $P_6$ — производительность труда; $P_7$ — среднегодовая стоимость основных средств; $P_8$ — степень износа; $P_9$ — готовность основных средств; $P_{10}$ — обновление основных средств; $P_{11}$ — выбытие основных средств; $P_{12}$ — фондовооруженность; $P_{13}$ — энерговооруженность; $P_{14}$ — фондоотдача; $P_{15}$ — материалоемкость продукции; $P_{16}$ — обеспеченность запасами; $P_{17}$ — соблюдение нормы расходов.
Блок: Параметры объема выпуска продукции	$P_{18}$ — уровень выполнения плана по структуре; $P_{19}$ — фактические объемы производства по $i$ -му виду продукции за период $\Delta t$ ; $P_{20}$ — фактические объемы реализации по $i$ -му виду продукции; $P_{21}$ — максимально возможные объемы производства по $i$ -му виду продукции за период $\Delta t$ ; $P_{22}$ — максимально возможные объемы по факту наблюдения за рынком реализации по $i$ -му виду продукции за период $\Delta t$ ; $P_{23}$ — планируемые объемы реализации по $i$ -му виду продукции за период $\Delta t$ .
Блок: Параметры взаимосвязи себестоимости, объема и прибыли	$P_{24}$ — взаимосвязь между выручкой, издержками и прибылью; $P_{25}$ — объем продаж в натуральном выражении; $P_{26}$ — объем продаж в денежном выражении; $P_{27}$ — предельный уровень цены товара; $P_{28}$ — необходимый объем выручки для обеспечения заданной прибыли; $P_{29}$ — предельный допустимый уровень переменных издержек при заданных параметрах цен, прибыли, либо условно-постоянных затрат.

Финансово-экономическая система	
Блоки рассматриваемых параметров	Параметры
Блок: Оценка устойчивости и автономности	$P_{30}$ — автономность; $P_{31}$ — финансовая устойчивость, $P_{32}$ — обеспеченность собственными оборотными средствами; $P_{33}$ — маневренность; $P_{34}$ — инвестирования.
Блок: Оценка оборачиваемости оборотных активов	$P_{35}$ — оборачиваемость оборотных активов; $P_{36}$ — оборачиваемость запасов; $P_{37}$ — оборачиваемость дебиторской задолженности; $P_{38}$ — достаточность денежных средств; $P_{39}$ — период предпринимательского кредита.
Блок: Оценка платежеспособности	$P_{40}$ — абсолютная ликвидность; $P_{41}$ — ликвидность; $P_{42}$ — текущая ликвидность.
Блок: Анализ финансовых результатов	$P_{43}$ — рентабельность собственного капитала; $P_{44}$ — рентабельность акционерного капитала; $P_{45}$ — рентабельность инвестиционного капитала; $P_{46}$ — рентабельность активов; $P_{47}$ — рентабельность оборотных активов; $P_{48}$ — рентабельность продаж; $P_{49}$ — рентабельность продукции.

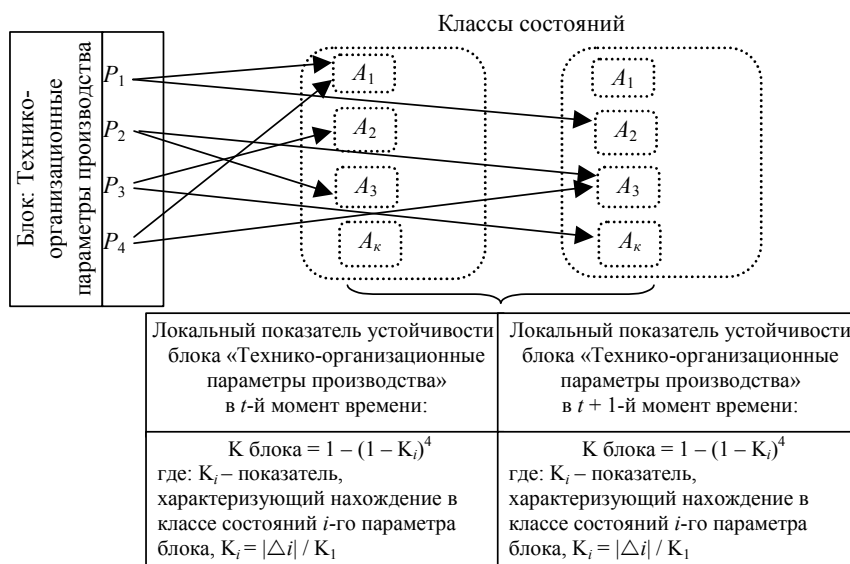
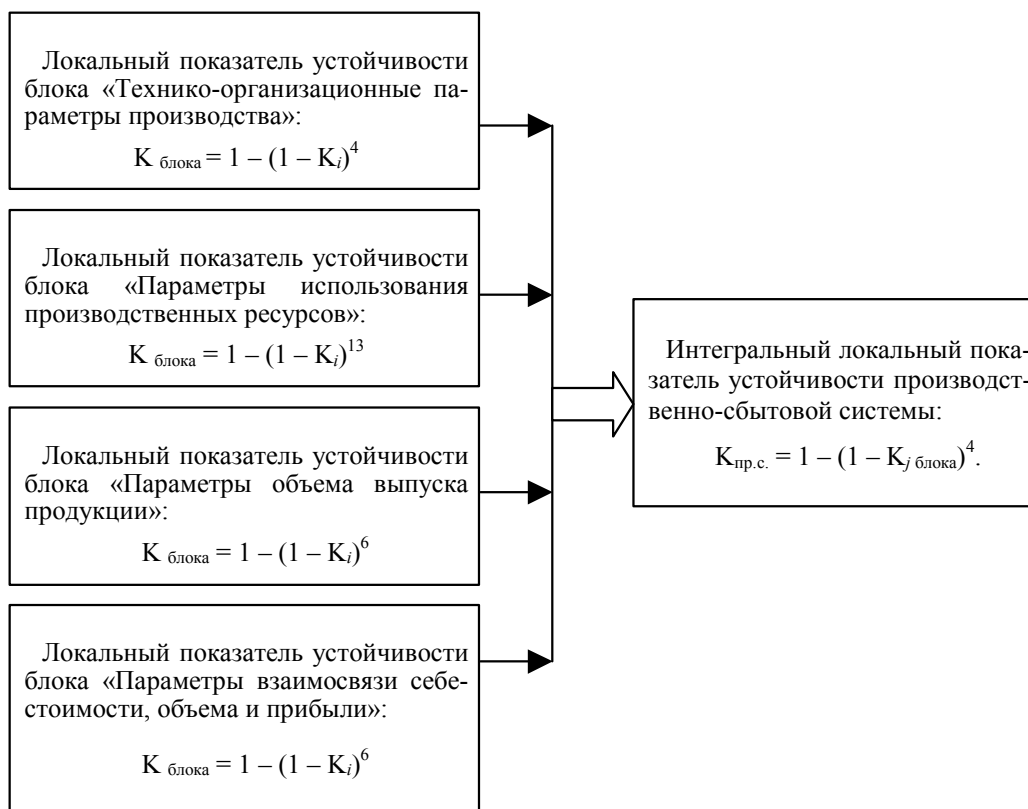


Рис: 8.12. Схема расчета локального показателя устойчивости блока «Техничко-организационные параметры производства»

3. Производится расчет локальных интегральных показателей по производственно-сбытовой и финансово-экономической системам. Схема расчета интегрального показателя устойчивости производственно-сбытовой системы представлена на рис. 8.13.



**Рис: 8.13.** Схема расчета интегрального локального показателя устойчивости производственно-сбытовой системы

4. Определяется интегральный показатель организационно-экономической устойчивости по предприятию в целом.

Схема построения интегрального показателя организационно-экономической устойчивости представлена на рис 8.14.

Сформированный показатель интегральной оценки организационно-экономического состояния предприятия отвечает всем задачам и целям (на уровне оперативного анализа), оценке эффективности деятельности предприятия как многопараметрического объекта с множеством взаимосвязей с внешней средой функционирования. Данный показатель отражает важнейшую характеристику состояния устойчивости предприятия в целом: организационно-экономическая устойчивость может быть достигнута исключительно при параллельном сочетании производственно-сбытовой и финансово-экономической устойчивости.

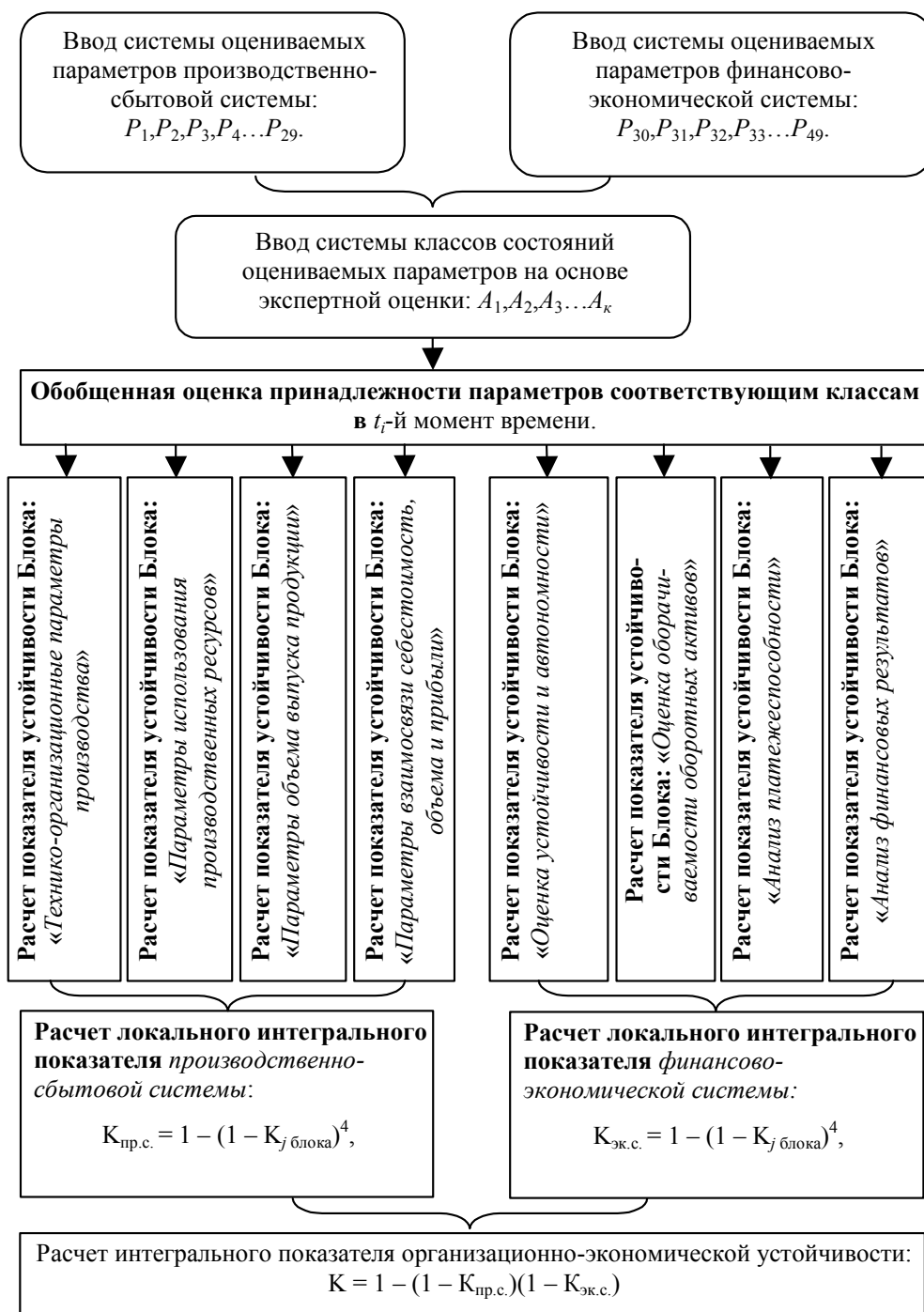


Рис. 8.14. Схема построения интегрального показателя организационно-экономической устойчивости

### **8.3. Управление организационно-экономической устойчивостью в условиях неопределенности**

#### **Цель и принципы построения системы управления устойчивостью предприятия.**

Промышленное предприятие — это сложная производственно-экономическая система [3] с многогранной деятельностью. Современные условия функционирования промышленного предприятия ставят его в зависимость не только от положения на рынках поставщиков и потребителей, конкуренции, развития научно-технического прогресса, но и от непредсказуемых действий государственных органов.

В этой ситуации необходимо выдвижение в качестве основной общей цели достижение организационно-экономической устойчивости предприятия, т. е. «способность сохранять финансовую стабильность предприятия при постоянном изменении рыночной конъюнктуры путем совершенствования и целенаправленного развития его производственно-технологической и организационной структуры» [12]. Это предполагает выявление взаимозависимостей предприятия со всеми субъектами инфраструктуры и разработку экономико-математического аппарата управления ими.

Цель «достижение устойчивости» кардинально меняет подход к планированию и управлению всех производственно-хозяйственных объектов с точки зрения выделения целевых приоритетов. Если раньше основополагающим выдвигалось положение о максимальной загрузке всех производственных ресурсов [10], то сегодня в первую очередь необходимо рассматривать следующие принципы:

- 1) максимальный уровень соответствия номенклатуры продукции структуре спроса;
- 2) эффективная стратегия конкурентной борьбы, обеспечение конкурентных преимуществ продукции;
- 3) низкие затраты в логистическом понимании (оптимизация всех потоковых процессов предприятия), использование новейших технологий;

Таким образом, акцент смещается от оптимизации производственной деятельности собственно предприятия, методы которой уже достаточно хорошо разработаны, к оптимизации деятельности предприятия в составе производственно-сбытовой системы. А при учете влияния на деятельность производственно-сбытовой системы государственных органов, развития научно-технического прогресса и тенденций в обществе нужно рассматривать также:

- 4) прогнозирование и отслеживание тех тенденций во внешних сферах, которые могут существенно повлиять на деятельность предприятия;
- 5) исследование устойчивости предприятия под воздействием внешних подсистем;
- 6) минимизацию затрат на обеспечение устойчивого состояния предприятия на основании проведенного исследования устойчивости.

Реализация этих принципов требует интегрированного подхода к исследованию проблем всех составляющих процессов производства, продажи, снабжения, освоения новой техники, конкуренции и даже государственного регулирования.

Для этого предприятие рассматривается в данном разделе в контексте единой внутригосударственной производственной системы, в которую входят все подсистемы. Их функционирование влияет на деятельность предприятия непосредственно либо посредством других элементов, входящих в систему. Для исследования и оптимизации процессов про-

изводственной системы нужно построить модель ее функционирования и разработать методы исследования ее устойчивости.

**Структура производственной системы и характеристики ее элементов. Вектор состояния подсистемы. Взаимодействие элементов производственной системы.** Внутригосударственная производственная система — сложная организационно-хозяйственная структура, состоящая из семи основных подсистем, каждая из них, в свою очередь, является комплексной системой:

- промышленное предприятие ( $P$ ),
- конкуренты ( $K$ ),
- поставщики ( $M$ ) сырья, материалов и комплектующих изделий,
- потребители ( $L$ ) готовой продукции,

(эти подсистемы входят в состав ПСС — производственно-сбытовой системы [12]);

- общественные институты ( $N$ ),
- научно-технический прогресс ( $S$ ),
- органы ( $G$ ) государственного регулирования,

Текущее состояние каждой подсистемы можно описать при помощи набора ключевых параметров  $\{x_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$ , достаточно полно характеризующих ее для моделирования функционирования ВПС. Совокупность параметров, описывающих подсистему, будем называть вектором состояния подсистемы:

$$\vec{X} = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \dots \\ x_n \end{Bmatrix}$$

Каждая из подсистем имеет свою цель и выполняет свои функции, при этом оказывая влияние (воздействуя) на другие элементы ВПС. Следовательно, можно найти связь между изменением вектора состояния одной подсистемы и изменениями (приращениями) векторов состояний других. Эта связь будет записана в виде матрицы факторов влияния одной подсистемы на другую:

$$d\vec{Y} = X_Y \cdot \vec{X}$$

где  $X_Y$  — матрица факторов влияния подсистемы  $X$  на подсистему  $Y$ .

Рассмотрим ключевые параметры, характеризующие каждую подсистему.

Государственные органы оказывают регулирующее воздействие на деятельность всех подсистем, входящих в состав ВПС. Для этого государственные органы:

- 1) устанавливают налоги  $G_{pn}$  (суммы выплат с прибыли, фонда заработной платы, объема реализации и с других баз налогообчисления), пополняя тем самым доходную часть государственного бюджета;

$G_{pn}$  — величина ставки налога,

$p_{\text{налогов}}$  — количество налогов,

$p_n$  — порядковый номер налога,  $p_n = 1..p_{\text{налогов}}$ ;

- 2) вводят необходимость лицензирования  $G_{pl}$  (оплату за возможность заниматься определенной деятельностью), тем самым ведется учет, контроль и регулирование деятельности предприятий (например, производящих потенциально опасные работы или оказывающих услуги, могущие при ненадлежащем контроле нанести вред потребителю);  
 $G_{pl}$  — величина оплаты за лицензию,  
 $p_{лицензий}$  — количество лицензий,  
 $p_l$  — порядковый номер лицензии,  $p_l = 1..p_{лицензий}$ .
- 3) устанавливают списки подлежащих сертификации продукции и услуг  $G_{ps}$  (затраты на сертификацию), что поддерживает на необходимом уровне качество продукции (ее конкурентные преимущества);  
 $G_{ps}$  — величина оплаты за сертификацию,  
 $p_{сертификат}$  — количество сертификатов,  
 $p_s$  — порядковый номер сертификата,  $p_s = 1..p_{сертификат}$ ;
- 4) устанавливают ввозные и вывозные таможенные пошлины  $G_{pt}$  (плату за ввоз или вывоз продукции), регулируя тем самым объем продукции на внутреннем рынке;  
 $G_{pt}$  — величина таможенной пошлины в %,   
 $p_{пошлин}$  — количество пошлин,  
 $p_t$  — порядковый номер пошлины,  $p_t = 1..p_{пошлин}$ ;
- 5) вводят льготы на отдельные выплаты ( $G_{pn}^{lg}$  — налоги,  $G_{pl}^{lg}$  — лицензии,  $G_{ps}^{lg}$  — сертификаты,  $G_{pt}^{lg}$  — пошлины) конкретным производителям или категориям производителей, т. е. оказывают регулирующее воздействие на производство продукции:

$$0 \leq G_p^{lg} < G_p,$$

где  $G_p^{lg}$  — льготная ставка налога, сбора за лицензии, сертификат, пошлины,  
 $G_p$  — действующая ставка.  
 Следовательно, вектор состояния  $G$  будет выглядеть следующим образом:

$$\bar{G} = \begin{Bmatrix} G_{pn} \\ G_{pl} \\ G_{ps} \\ G_{pt} \\ G_p^{lg} \end{Bmatrix}$$

**Научно-технический прогресс.** Перспективы развития НТП характеризуются [23] текущим развитием науки, которое ведет к появлению на рынке новых технологий, новой техники, стимулирует образование и приводит к появлению на рынке труда новых специалистов. Таким образом, жизненный цикл нововведения состоит из последовательных этапов [24], и развитие НТП в  $q$ -й отрасли можно описать текущим коэффициентом эффективности  $S_q$ .

Каждый цикл развития НТП характеризуется:

- 1) увеличением количества публикаций в данной отрасли науки;
- 2) достижениями порогового уровня разработки темы;
- 3) первыми патентами по теме исследований;
- 4) увеличением потока патентной информации;
- 5) разработкой новых технологий;
- 6) внедрением основанных на разработанных принципах технологий;
- 7) разработкой новой техники;
- 8) началом выпуска новой техники;
- 9) началом подготовки специалистов;
- 10) появлением специалистов в данной области;
- 11) широким использованием нововведения;
- 12) устареванием в связи с появлением более эффективного нововведения.

Коэффициент развития науки  $S_q$  показывает, какова эффективность новейшей технологии и на каком этапе жизненного цикла находится НТП в данной отрасли (например, рис. 8.15: 8 этап технологии Б — начал выпуск новой техники, значение коэффициента эффективности технологии Б равна  $S_{qB}$ , что превышает эффективность технологии А, необходим переход на технологию Б; 12 этап технологии Б — необходимо переходить на новую технологию С, данная устарела, т. к.  $S_{qC} > S_{qA}$ ).

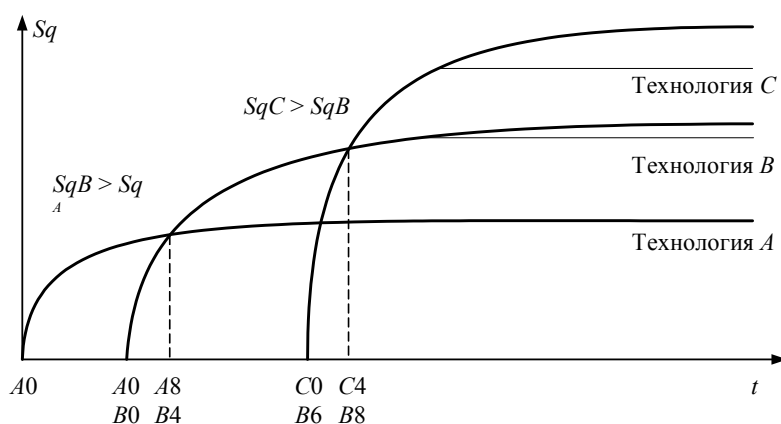


Рис. 8.15. Жизненный цикл развития научно-технического прогресса

Упущение из вида развития НТП, запаздывание с внедрением нововведений может привести предприятие к утере конкурентного преимущества вследствие устаревания используемых техники и технологии, снижению продаж, убыткам и в конечном итоге может явиться причиной банкротства.

$$\vec{S} = \left\{ \begin{array}{l} S_{qA} \\ S_{qB} \\ S_{qC} \end{array} \right\}$$



**Общество.** Развитие общества является определяющим для формирования платежеспособного спроса потребителей. Критерии развития общества:

1.  $N_r^{ras}$  — коэффициент развития потребностей общества. Показывает, на какой ступени развития находятся потребности (по Маслоу [44])  $r$ -й части общества ( $r = 1 \dots R$ , где  $R$  — количество слоев общества). Анализ динамики коэффициента  $N_r^{ras}$  показывает, какие потребности доминируют в  $r$ -м слое общества на данном этапе развития, как зарождаются и формируются новые потребности и по мере удовлетворения одних потребностей возникают другие. Это позволяет прогнозировать развитие общественных потребностей (в частности, динамику спроса на товарных рынках  $N_i(t)$ ).
2.  $N_r^{cen}$  — коэффициент развития системы ценностей общества. Показывает, какими критериями руководствуются потребители из  $r$ -го слоя общества при выборе продукции, которая удовлетворяет их потребностям. С развитием культуры, искусства меняются взгляды людей, мода, предпочтения. В обществе формируются представления о «надежности», «престижности», «качестве». На этих понятиях основываются критерии принятия решений потребителями, что позволяет прогнозировать динамику спроса на рынках производителей  $N_i(t)$  с учетом эластичности спроса, уровня доходов (по сегментам  $i$ )

$$\vec{N} = \begin{Bmatrix} N_r^{ras} \\ N_r^{cen} \end{Bmatrix}$$

**Поставщики.** Поставщики материалов, комплектующих также реагируют на изменения в динамике развития ВПС. Для анализа текущей ситуации на рынке поставщиков необходимо собирать следующую информацию:

- 1) цены  $m$ -го поставщика на  $j$ -ю продукцию  $\Pi_{jm}$  ( $m$  — номер поставщика,  $j$  — тип продукции);
- 2) стандартный объем поставки  $Q_{jm}$ ;
- 3) срок поставки  $T_{jm}$  с момента заключения контракта;
- 4) максимальный объем партии продукции  $j$  поставщика  $m$ , которую он может поставить в течение периода времени  $t^*$ , а именно,  $N_{jm}^*$ ;
- 5) минимальная цена при оптовой закупке максимальной партии  $\Pi_{jm}^*$
- 6) условия платежа  $\{t_k, \beta_k\}$ , где  $k$  — номер платежа,  $t_k$  — срок платежа (условие),  $\beta_k$  — часть платежа от общей суммы в %

Вектор состояния рынка поставщиков будет выглядеть следующим образом:

$$\vec{M} = \begin{Bmatrix} \Pi_{jm} \\ Q_{jm} \\ T_{jm} \\ \Pi_{jm}^* \\ Q_{jm}^* \\ t_k \end{Bmatrix}$$

**Потребители.** Потребители производимой предприятием продукции анализируются после их разбивки по сегментам. Для каждого сегмента собирается следующая информация:

- 1) емкость 1-го сегмента по  $i$ -й продукции  $N_{il}^*$  (количество потенциальных потребителей);
- 2) предельная стоимость  $\Pi_{il}^*$  (максимальная цена, выше которой продукция не будет покупаться);
- 3) текущее состояние  $i$ -го сегмента:  $\Pi_{il}$  — цена  $i$ -й продукции у 1-го покупателя;
- 4) текущее состояние  $i$ -го сегмента:  $N_{il}$  — спрос на  $i$ -ю продукцию у 1-го покупателя;

$$\vec{L} = \begin{Bmatrix} \Pi_{il} \\ N_{il} \\ \Pi_{il}^* \\ N_{il}^* \end{Bmatrix}$$

Состоянию рынка потребителей посвящен рис. 8.16.

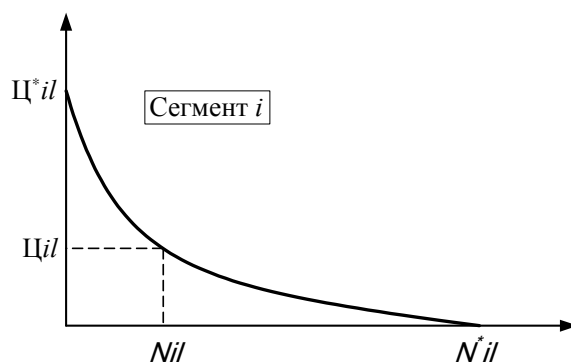


Рис. 8.16. Вектор состояния рынка потребителей

**Конкуренты.** Конкуренты предприятия должны оцениваться по тем же критериям, что и предприятие для сравнения и анализа. Наиболее важны следующие показатели:

- 1) цена продукции  $\Pi_{ik}^k$ ;
- 2) текущий объем продаж  $N_{il}^k$ ;
- 3) минимальная возможная цена  $\Pi_{ik}^*$ ;
- 4) максимальный объем выпуска продукции  $N_{ik}^*$  (за период времени  $t^*$ ).

Вектор состояния конкурентов предприятия:

$$\vec{K} = \begin{Bmatrix} \Pi_{il}^k \\ N_{il}^k \\ \Pi_{il}^* \\ N_{il}^* \end{Bmatrix}$$

**Предприятие.** Предприятие характеризуется следующими параметрами:

- 1) объемы производимой продукции  $N_i$  (за период времени  $t^*$ );
- 2) максимальный объем производства при существующих мощностях  $N_i^*$  (за  $t^*$ );
- 3) себестоимость производимой продукции:
  - матрица, характеризующая материалоемкость производимой продукции при используемой технологии  $am_{ji}$
  - матрица, характеризующая трудоемкость производимой продукции при имеющихся трудовых ресурсах  $ap_{ji}$
  - матрица, характеризующая время, необходимое для производства продукции на имеющемся оборудовании  $az_{ji}$

Следовательно, вектор состояния предприятия выглядит следующим образом:

$$\vec{P} = \begin{Bmatrix} N_i \\ N_i^* \\ am_{ji} \\ ap_{ji} \\ az_{ji} \end{Bmatrix}$$

**Уравнение связи элементов производственной системы.** В процессе функционирования ВПС все основные действующие факторы находятся внутри системы, т. е. можно записать, что:

$$d\vec{P}(t) = d\vec{P}_G(t) + d\vec{P}_S(t) + d\vec{P}_N(t) + d\vec{P}_M(t) + d\vec{P}_K(t) + d\vec{P}_L(t) + d\vec{P}_P(t).$$

То есть изменение вектора состояния, характеризующего предприятие, вызвано влиянием всей ВПС, складывающимся из влияния каждой подсистемы в отдельности. Каждое изменение пропорционально вектору состояния влияющей подсистемы, например:

$$d\vec{P}_G = G_P \cdot \vec{G} dt,$$

где  $G_P$  — матрица влияния, описывающая как изменится величина вектора  $P$  за единицу времени при данной величине вектора  $G$ . Следовательно,

$$\begin{aligned} P(t+dt) = & P(t) + G_P(t)G(t)dt + S_P(t)S(t)dt + \\ & + N_P(t)N(t)dt + M_P(t)M(t)dt + \\ & + K_P(t)K(t)dt + L_P(t)L(t)dt + P_P(t)P(t)dt \end{aligned}$$

здесь и далее значок вектора для простоты опускаем.

Интервал прогнозирования  $dt$  выбираем таким образом, чтобы можно было считать константой матрицу влияния (ее значение на интервале  $dt$  не меняется)

Получаем линейное дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial P(t)}{\partial t} = G_P G(t) + S_P S(t) + N_P N(t) + M_P M(t) + K_P K(t) + L_P L(t) + P_P P(t).$$

Аналогично записываются уравнения для других подсистем ВПС.

В результате получаем систему линейных дифференциальных уравнений.

Ввиду большой размерности векторов состояния желательно перед решением системы провести предварительное исследование основных принципов взаимодействия всех подсистем ВПС в процессе производства и реализации продукции. Для этого необходимо выделить основные принципы взаимодействия всех 7 подсистем в процессе производства и реализации продукции.

**Структура предприятия.** Формализованное описание функционирования предприятия. В структуре промышленного предприятия можно выделить два основных блока: производство и управление. Функции каждого из блоков определены следующим образом:

**Материальный (производственный) блок.** В него входят отдел материально-технического снабжения, отдел сбыта и собственно производственные цеха.

Производственный блок (A2) осуществляет:

- закупку сырья для нужд производства (A21), для чего последовательно осуществляются следующие функции: доставка комплектующих на предприятие (A211), хранение на складе (A212), своевременная доставка к месту обработки на предприятии (A213); все эти функции осуществляются отделом материально-технического снабжения (МТС);
- преобразование сырья и комплектующих изделий в конечный продукт (A22), для чего осуществляются: заготовка полуфабрикатов (A221), обработка комплектующих и полуфабрикатов (A222), сборка изделий (A223); эти функции реализуют производственные подразделения предприятия (соответственно заготовительные, обрабатывающие и сборочные цеха);
- продажу произведенной продукции конечному потребителю (A23): приемка (A231), хранение (A232), и собственно продажа (A233) — функции отдела сбыта.

**Блок управления** должен обеспечивать устойчивое развитие предприятия. Для этого в состав блока входят:

- информационный блок — A1(а) поддержки принятия решений, состоящий из отдела освоения новой техники, отдела маркетинга финансового отдела. Функции информационного блока — сбор необходимой информации: отдел маркетинга ведет методический анализ общественных потребностей для выявления неудовлетворенного спроса на товары и услуги; отдел новой техники анализирует НТП, рассматривает эффективность внедрения в производство основанных на новых принципах технологий, инструментов и оснастки появившихся в результате развития научно-технического прогресса; финансовый отдел просчитывает экономическую эффективность различных сочетаний продукции и технологий, которые могут сделать функционирование предприятия при данных ставках налогов, и т. д., наиболее эффективным и устойчивым;
- блок принятия решений A1(б). Его основная задача — на основании совокупности данных, полученных из информационного блока, в соответствии с целью функционирования предприятия выбирать, реализовывать оптимальный вариант стратегии развития предприятия. Этот блок на предприятии обычно представляет генеральный директор или председатель совета директоров, в зависимости от уровня принимаемого решения.

Продажа произведенной продукции. В процесс продажи предприятие взаимодействует с потребителями продукции, что можно описать следующей формулой:

$$D_i^p(t) = \sum_{l=1}^L N_{il}^{ps}(t) \cdot \Pi_{il}(t),$$

$L$  — количество покупателей либо сегментов рынка, в которые покупатели со сходными показателями группируются, например методом кластерного анализа, в случае массового покупателя ( $L > 100$ );

$N_{il}^{ps}(t)$  — количество  $i$ -й продукции, проданной  $l$ -му покупателю в момент времени  $t$ ;

$\Pi_{il}(t)$  — цена  $i$ -й продукции на  $l$ -м рынке в момент времени  $t$ ;

$D_i^p(t)$  — доход от продаж  $i$ -й продукции.

$$N_i^{ps}(t) = \sum_{l=1}^L N_{il}^{ps}(t),$$

$N_i^{ps}(t)$  — количество проданной продукции  $i$ -го типа

$$\Pi_i^p(t) = \frac{D_i^p(t)}{N_i^p(t)}, \quad (8.6)$$

$\Pi_i^p(t)$  — средняя цена единицы  $i$ -й продукции,

**Производство.** Процесс производства характеризует, что и в каких количествах производит предприятие, а также дает потребности в материалах, других ресурсах, потребных для выпуска продукции. При планировании производства предполагается, что вся произведенная продукция будет продана на рынке. Следовательно, план выпуска равен спросу:

$$\begin{aligned} N_i^{ps}(t) &= N_i^p(t) \\ \forall i \in [1..I] \end{aligned}, \quad (8.7)$$

$N_i^p(t)$  — план выпуска (количество единиц  $i$ -й продукции),

$I$  — номенклатура выпускаемых изделий.

Тогда потребные для производства в период времени  $t$  (в контексте описания функционирования предприятия « $t$ ») измеряется в днях и описывается датой события: закупки, продажи, производства) ресурсы будут вычисляться следующим образом:

$$Q_{M_j}^p(t) = \sum_{i=1}^I a_{M_{ji}}(t) \cdot N_i^p(t),$$

$a_{M_{ji}}(t)$  — расход  $j$ -го ресурса на производство единицы  $i$ -й продукции

$Q_{M_j}^p(t)$  — общее количество  $j$ -го ресурса, необходимое для производства

$$Q_{P_j}^p(t) = \sum_{i=1}^I a_{P_{ji}}(t) \cdot N_i^p(t),$$

$a_{P_{ji}}(t)$  — затраты времени производственного рабочего  $j$ -й специальности на производство единицы  $i$ -й продукции

$Q_{p_j}^p(t)$  — общий фонд рабочего времени  $j$ -й специальности, необходимый для производства

$$Q_{z_j}^p(t) = \sum_{i=1}^I az_{ji}(t) \cdot N_i^p(t),$$

$az_{ji}(t)$  — время работы  $j$ -го вида оборудования при производстве единицы  $i$ -й продукции;

$Q_{z_j}^p(t)$  — общее время работы  $j$ -го оборудования, необходимое для производства;

$$Z_i^p(t) = \sum_{j=1}^{J_M} am_{ji}(t) \cdot \Pi_j^p(t) + \sum_{j=1}^{J_p} ap_{ji}(t) \cdot ЗП_j^p(t) + \sum_{j=1}^{J_z} az_{ji}(t) \cdot Nz_j^p(t) \quad (8.8)$$

$J_M$  — номенклатура используемых ресурсов;

$\Pi_j^p(t)$  — цена  $j$ -го ресурса (включая доставку, тару и т. д.);

$J_p$  — номенклатура необходимых профессий;

$ЗП_j^p(t)$  — заработная плата  $j$ -го производственного рабочего (с учетом отчислений на социальные нужды);

$J_z$  — номенклатура необходимого оборудования;

$Nz_j^p(t)$  — амортизационные отчисления по  $j$ -му оборудованию за единицу времени;

$Z_i^p(t)$  — производственная себестоимость единицы  $i$ -й продукции.

**Закупка.** Процесс закупки (снабжения) характеризует отношения предприятия с поставщиками ресурсов, необходимых для производства.

$$Q_j^p(t) = \sum_{m=1}^M Q_{jm}^p(t),$$

$M$  — количество поставщиков;

$Q_{jm}^p(t)$  — количество  $j$ -го ресурса, купленного у  $m$ -го поставщика в момент времени  $t$

$Q_j^p(t)$  — общее количество  $j$ -го ресурса, купленного предприятием

$$Z_j^p(t) = \sum_{m=1}^M Q_{jm}^p(t) \cdot \Pi_{jm}(t),$$

$Z_j^p(t)$  — затраты предприятия на закупку  $j$ -го ресурса в момент времени  $t$

$\Pi_{jm}(t)$  — цена  $j$ -го ресурса у  $m$ -го поставщика по состоянию на время  $t$

$\Pi_j^p(t)$  — средняя за период  $t$  цена  $j$ -го ресурса,

$$\Pi_j^p(t) = \frac{Z_j^p(t)}{Q_j^p(t)}. \quad (8.9)$$

**Учет конкурентов и возможностей рынка.** Учитывая, что предприятие и конкуренты с точки зрения потребителей и поставщиков рассматриваются в совокупности и составляют рынок поставщиков (для потребителей продукции) и рынок потребителей (для поставщиков предприятия и конкурентов), необходимо учитывать возможности конку-

ренгов при анализе взаимодействия предприятия как с поставщиками, так и с потребителями. Для этого учтем зависимость предприятия от деятельности конкурентов.

**Рынок потребителей.** Одни и те же потребители могут покупать продукцию как у предприятия, так и у его конкурентов:

$$\sum_{k=1}^K N_{il}^k(t) + N_{il}^p(t) \leq N_{il}(t), \quad (8.10)$$

$N_{il}^k(t)$  — объем продаж  $i$ -го продукта  $l$ -му покупателю  $k$ -м конкурентом;

$N_{il}(t)$  — объем  $l$ -го рынка продукции  $i$ -го типа;

$$\alpha_{il}^k(t) = \frac{N_{il}^k(t)}{N_{il}(t)}, \quad (8.11)$$

$\alpha_{il}^k(t)$  — доля  $l$ -го рынка  $i$ -й продукции  $k$ -го конкурента.

После подстановки (8.11) в (8.10) получим:

$$N_{il}^p(t) = N_{il}(t) \cdot \left( 1 - \sum_{k=1}^K \alpha_{il}^k(t) \right). \quad (8.12)$$

**Рынок ресурсов.** У одного и того же поставщика могут покупать продукцию как предприятие, так и конкуренты:

$$\sum_{k=1}^K Q_{jm}^k(t) + Q_{jm}^p(t) = Q_{jm}(t), \quad (8.13)$$

$K$  — количество конкурентов предприятия на рынке поставщиков

$Q_{jm}^k(t)$  — объем закупок  $j$ -го ресурса у  $m$ -го поставщика  $k$ -м конкурентом

$Q_{jm}(t)$  — объем  $m$ -го рынка ресурсов  $j$ -го типа

$$\alpha_{jm}^k(t) = \frac{Q_{jm}^k(t)}{Q_{jm}(t)}, \quad (8.14)$$

$\alpha_{jm}^k(t)$  — доля  $m$ -го рынка поставщиков  $j$ -го ресурса  $k$ -го конкурента

После подстановки (8.14) в (8.13) получаем:

$$Q_{jm}^p(t) = Q_{jm}(t) \cdot \left( 1 - \sum_{k=1}^K \alpha_{jm}^k(t) \right). \quad (8.15)$$

Формализация всех важнейших элементов производственного процесса дает нам возможность записать выражение для результата деятельности предприятия. Например, прибыль от производственной деятельности дает возможность оценить эффективность производства каждого вида продукции, полный финансовый результат (чистая прибыль, после уплаты всех налогов), эффективность системы управления предприятием.

Формирование результата деятельности предприятия. Максимальная расчетная теоретически возможная производственная прибыль от продажи единицы продукции. Прибыль от реализации единицы продукции вычисляется как цена продукции минус производственная себестоимость продукции (прямые затраты на ее производство):

$$\Pi_i^p(t) = \Pi_i^p(t) - 3_i^p(t). \quad (8.16)$$

С учетом полученной ранее формулы (8.8) для расчета  $3_i^p(t)$ :

$$\begin{aligned} \Pi_i^p(t) &= \frac{D_i^p(t)}{N_i^p(t)} - \sum_{j=1}^{J_M} a_{M_{ji}}(t) \cdot \frac{3_j^p(t)}{N_j^p(t)} - \sum_{j=1}^{J_p} a_{p_{ji}}(t) \cdot 3\Pi_j(t) - \sum_{j=1}^{J_z} a_{z_{ji}}(t) \cdot Nz_j^p(t) \\ \Pi_i^p(t) &= \frac{\sum_{l=1}^L N_{il}^p(t) \Pi_{il}(t)}{\sum_{l=1}^L N_{il}^p(t)} - \sum_{j=1}^{J_M} a_{M_{ji}}(t) \frac{\sum_{m=1}^M Q_{jm}^p(t) \Pi_{jm}(t)}{\sum_{m=1}^M Q_{jm}^p(t)} - \\ &\quad - \sum_{j=1}^{J_p} a_{p_{ji}}(t) \cdot 3\Pi_j(t) - \sum_{j=1}^{J_z} a_{z_{ji}}(t) \cdot Nz_j^p(t). \end{aligned}$$

Учитывая зависимость  $N_{il}^p$  и  $N_{jm}^p$  от доли рынка конкурентов (8.12) и (8.15), окончательная формула будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} \Pi_i^p(t) &= \frac{\sum_{l=1}^L N_{il}(t) \left(1 - \sum_{k=1}^K \alpha_{il}^k(t)\right) \Pi_{il}(t)}{\sum_{l=1}^L N_{il}(t) \left(1 - \sum_{k=1}^K \alpha_{il}^k(t)\right)} - \\ &\quad - \sum_{j=1}^{J_M} a_{M_{ji}}(t) \frac{\sum_{m=1}^M Q_{jm}(t) \left(1 - \sum_{k=1}^K \alpha_{jm}^k(t)\right) \Pi_{jm}(t)}{\sum_{m=1}^M Q_{jm}(t) \left(1 - \sum_{k=1}^K \alpha_{jm}^k(t)\right)} - \\ &\quad - \sum_{j=1}^{J_p} a_{p_{ji}}(t) \cdot 3\Pi_j(t) - \sum_{j=1}^{J_z} a_{z_{ji}}(t) \cdot Nz_j^p(t). \end{aligned} \quad (8.17)$$

**Полный финансовый результат деятельности предприятия.** Полный финансовый результат деятельности предприятия (прибыль  $\Pi$ , после уплаты налогов, других отчислений, вложений в производство, в поставщиков и потребителей) можно подсчитать, зная результат производственной деятельности предприятия  $\Pi^p$  и затраты предприятия  $3^c$ :

$$\Pi(t) = \sum_{i=1}^I \Pi_i^p(t) - 3^c(t), \quad (8.18)$$

где  $3^c$  — *косвенные* (общие для всех типов продукции, не отнесенные к производству какой-либо конкретной продукции) затраты предприятия за период времени  $t$ :

$$3^c(t) = C^p(t) + C^e(t) + C^d(t), \quad (8.19)$$

где  $C^p(t)$  — внутренние затраты предприятия:

$$C^p(t) = 3_{\kappa}(t) + C_o(t);$$

$3_{\kappa}(t)$  — косвенные затраты (зарплата АУП, аренда, отопление),



$C_o(t)$  — затраты предприятия на организацию производства.

$C^e(t)$  — на внешние выплаты:

$$C^e(t) = C_g(t) + C_n(t) + C_s(t),$$

$C_g(t)$  — государству (налоги, сборы и т. д.),

$C_n(t)$  — обществу (формирование имиджа, взносы в общественные фонды, участие в общественных акциях),

$C_s(t)$  — на НТП (патенты, проведение исследований),

$C^i(t)$  — затраты на взаимодействие с рыночной подсистемой:

$$C^i(t) = C_m(t) + C_{ц}(t) + C_k(t),$$

$C_m(t)$  — с поставщиками (стимулирование поставщиков),

$C_{ц}(t)$  — с потребителями (акции по стимулированию сбыта),

$C_k(t)$  — с конкурентами (мероприятия, направленные на конкурентную борьбу, создание конкурентных преимуществ).

Затраты предприятия, не обусловленные производственной деятельностью, являются переменными при управлении предприятием, работающим по оптимальной производственной программе. Эти затраты можно варьировать для достижения максимального значения целевой функции (прибыли). Оптимальный набор параметров можно получить только задаваясь временем (интервалом) оптимизации. Это значит, что стратегии предприятий, одно из которых стремится получить максимальную прибыль через месяц, а другое — через 10 лет, существенно различаются.

Коэффициенты чувствительности параметров ВПС (например, увеличение спроса на продукцию после проведения PR-акции с бюджетом 10 000 руб. составило 20 000 единиц — значит,  $\Delta N_i/C_n = 2$  единицы на рубль затрат) представлены в табл. 8.3.

Таблица 8.3

### Коэффициенты влияния затрат предприятия на параметры ВПС

Затраты	$C_g$	$C_n$	$C_s$	$C_m$	$C_{ц}$	$C_k$	$C_o$
Параметр ВПС	Налоги	Общественные Акции (PR)	Обновление технологий	Взаимодействие с поставщиками	Взаимодействие с потребителями (реклама)	Конкурентная борьба	Организация производства
$a_{jm}^k$ — доля конкурента на рынке поставок						$\Delta a_{jm}^k/C_m^k$	
$\Pi_{jm}$ — цена на рынке поставок				$\Delta \Pi_{jm}/C_m$			
$am_{ji}$ —расход ресурсов			$\Delta am_{ji}/C_s$				
$ap_{ji}$ — трудоемкость			$\Delta ap_{ji}/C_s$				

Параметр ВПС	Налоги	Общественные Акции (PR)	Обновле- ние техно- логий	Взаимодей- ствие с по- ставщиками	Взаимодейст- вие с потреби- телями (рек- лама)	Конкурент- ная борьба	Организа- ция произ- водства
$az_{ji}$ - Амортизация			$\Delta az_{ji}/Cs$				
$N_i$ — спрос на продукцию		$\Delta N_i/Cn$					
$a_{il}^k$ — доля конкурента на рынке сбыта						$\Delta a_{il}^k/C_{\Pi}$	
$\Pi_{il}$ — цена продукции					$\Delta \Pi_{il}/C_m$		
$Z_k$ — косвен- ные затраты							$\Delta Z_k/C_o$

Можно записать следующее выражение для финансового результата деятельности предприятия:

$$\Pi(T^*, Z^c) = \int_{t_0}^{T^*} [\Pi^z(t) - C^p(t) - C^e(t) - C^i(t)] dt \quad (8.20)$$

где  $T^*$  — заданный интервал оптимизации.

Для эффективного управления предприятием необходимо прогнозировать результат его деятельности и на основе прогноза формировать оптимальную политику развития предприятия при условии обеспечения устойчивости, например из следующего условия:

$$\Pi(T^*, Z^c) \rightarrow \max,$$

которое означает, что доходы предприятия  $\Pi^p$  должны быть максимальны, а затраты  $Z^c$  (в том числе и на обеспечение устойчивости) — минимальны:

$$\left. \frac{d\Pi(T^*, Z^c)}{dZ^c} \right|_{T^*} = 0 \quad (8.21)$$

Коэффициенты (частные производные) уравнения (8.21) получаются после проведения анализа взаимодействия предприятия со всеми системами, входящими в состав ВПС (табл. 8.4).

Типы неопределенности и источники их возникновения в системе организации и управления промышленным предприятием. Однако в реальной экономической системе действуют много факторов, которые делают затруднительным сбор информации вследствие наличия различного рода неопределенностей, не позволяющих получить однозначный прогноз функционирования предприятия. Входящие в выражение (8.17) члены, могущие быть точно известными в текущий момент времени, имеют неопределенный характер изменений.

**Определение коэффициентов уравнения (8.21)**

Подсистема	Методика определения коэффициентов	Коэффициент
Государство	После учета всех налогов определяется объем налоговых отчислений в государственные органы $C_g$ , а также насколько результат деятельности предприятия чувствителен к изменению ставок налогов:	$\frac{\partial \Pi}{\partial C_g}$
НТП	Зная коэффициент $S_i^{science}$ развития науки, предприятие прогнозирует потенциальное влияние прогресса данной отрасли науки на развитие предприятия и его конкурентов. При небольших значениях параметра предприятие должно отслеживать появление патентной информации с целью достижения конкурентных преимуществ при внедрении новшеств раньше конкурентов. При появлении новых технологий, техники, специалистов — необходимо оценивать эффективность внедрения каждого новшества по следующим параметрам: $S_i^{cost}$ — стоимость внедрения $S_i^{expl}$ — стоимость эксплуатации $S_i^n$ — производительность $S_i^t$ — срок эксплуатации $C_s$ — суммарные затраты на внедрение По каждому нововведению определяется объем затрат на НТП, а также чувствительность результата деятельности предприятия к нововведениям	$\frac{\partial \Pi}{\partial C_s}$
Общество	После получения информации об уровне развития общества ( $N_i^{ras}$ ) показывающего потребности общества и о развитии системы ценностей общества ( $N_i^{cen}$ ) определяются критерии, которыми руководствуются потребители при выборе продукции. Отслеживая тенденции развития общества можно формировать положительный имидж предприятия в глазах общества, способствующий стабильному спросу на продукцию предприятия. Определяется смета $C_n$ на мероприятия по формированию положительного имиджа и чувствительность результата деятельности предприятия к затратам на формирование имиджа.	$\frac{\partial \Pi}{\partial C_n}$
Поставщики	Анализ поставщиков возможен после группировки их по $Q_{ij}$ , $T_{ij}$ (аналогично сегментированию потребителей в однородные группы). В результате анализа определяются лучшие для предприятия поставщики в каждом сегменте. Проводятся мероприятия по стимулированию поставщиков. Рассчитывается эффективность (увеличение прибыли от проведения мероприятий). Составляется смета затрат $C_m$ на мероприятия по уменьшению расходов на приобретаемые ресурсы.	$\frac{\partial \Pi}{\partial C_m}$
Потребители	Проводится анализ потребителей, в результате которого выясняется их чувствительность к рекламному воздействию, на основании полученной информации планируется смета затрат на рекламу $C_L$	$\frac{\partial \Pi}{\partial C_L}$

Подсистема	Методика определения коэффициентов	Коэффициент
Конкуренты	<p>Вычисляется доля рынка <math>\alpha_{ij}^k</math> (объем продаж <math>N_{ij}^k</math>)                      где <math>\alpha_{ij}^k = N_{ij}^k / \sum_i N_{ij}^k</math>                      Для дальнейших выкладок примем следующие положения:                      Если рынок не развивается <math>N_i = \text{const}</math>, то увеличить объем продаж предприятия <math>N_{ij}^p</math> можно только уменьшив объем продаж конкурентов <math>N_{ij}^k</math>                      Если объем рынка увеличивается, то объемы продаж конкурентов растут пропорционально их усилиям по стимулированию покупателей.                      Оба положения говорят о том, что для увеличения объема продаж нужно участвовать в конкурентной борьбе (ослабляя конкурентов либо опережая их). Для определения оптимального количества вложений в конкурентную борьбу необходимо определить эффективность затрат на конкуренцию, т. е. на сколько изменилась прибыль предприятия от потраченных денег на конкурентную борьбу</p>	$\frac{\partial \Pi}{\partial C_k}$

Система организации и планирования производства, на которой базируется система управления организационно-экономической устойчивостью промышленного предприятия, состоит из трех основных элементов:

Сбор информации о текущем состоянии:

1. Прогнозирование динамики параметров, от которых зависит функционирование предприятия
2. Моделирование — определение состояния предприятия.

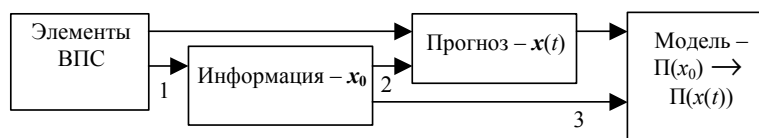


Рис. 8.17. Основные элементы системы организации и планирования

Это можно записать в математическом виде следующим образом:

$$\Pi_{\text{прогноз}} = \Pi_{\text{текущее}} + \frac{\partial \Pi}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t} dt$$

Видно, что для прогнозирования необходимо:

1. Обладать информацией о текущем состоянии предприятия ( $\Pi_{\text{текущее}}$ ), что достигается на этапе сбора информации
2. Знать динамику параметров, от которых зависит функционирование предприятия  $(x(t), \frac{\partial x}{\partial t})$
3. Иметь достоверную модель функционирования предприятия  $(\Pi(x), \frac{\partial \Pi}{\partial x})$

В соответствии с этим по месту возникновения неопределенность может быть трех видов (табл. 8.5):

- а) информационная;
- б) прогнозирования;
- в) моделирования.

Таблица 8.5

**Причины возникновения неопределенности**

Тип	Причина возникновения	Место возникновения
Информационная	Неполная информация о параметрах (ценах, сроках, объемах)	Входной поток информации на предприятие (отдел по сбору информации) или внешний источник информации
Прогнозирования	Неточная информация о тенденциях изменения величин	Подсистема прогнозирования изменения параметров (отдел по сбору прогнозной информации) или внешний источник аналитической информации
Моделирования	Неоднозначно известная связь между параметрами и целевой функцией	Отдел моделирования (неточная модель) или ошибка внешнего консультанта (эксперта)

По типу неопределенности выделяют три основных случая (табл. 8.6):

- а) полная неопределенность;
- б) частичная неопределенность;
- в) определенность.

Таблица 8.6

**Описание различных типов неопределенности**

Тип	Полная неопределенность	Частичная неопределенность	Определенность
Информационная	Информация отсутствует (не ведется сбор)	Есть наиболее вероятная область (несистематический сбор, нет возможности собрать информацию с необходимой точностью)	Есть конкретное численное значение (существует система сбора всей необходимой информации с абсолютной точностью)
Прогнозирования	Неизвестно, какое будет значение через некоторое время (не ведется анализ тенденций и прогнозирования)	Есть границы, в которых может измениться параметр (не больше и не меньше)	Известно точное значение в каждой точке в будущем (существует уверенность в прогнозе)
Моделирования	Неизвестна связь выходного параметра со входным (не ведется анализ производства)	Известно, в каких границах может изменяться выходной параметр (нет четкой связи)	Известна зависимость выходного параметра от входного

Для учета неопределенностей необходимо построить классификацию типов неопределенности по месту их возникновения и выяснить, как они влияют на результат функционирования предприятия.

Разработка метода прогнозирования функционирования предприятия в составе производственной системы. Начнем с обсуждения факторов неопределенности, влияющих на развитие предприятий.

Существует много трактовок понятия «неопределенность». В данном разделе под неопределенностью понимается отсутствие части информации (неполная информация) о каком-либо процессе, явлении. В этом случае даже если процесс или явление влияют на деятельность предприятия и возможно построить модель этого взаимодействия, неопределенность информации на входе модели не дает возможности получить четкую информацию на выходе.

Для построения прогноза результата деятельности предприятия необходимо спрогнозировать изменение всех величин, входящих в целевую функцию (8.20)—(8.21): объем сбыта, цену продукции, изменение стоимости материалов, зарплат, величину отчислений в государственные органы, налоги, пошлины и т. п.

Факторы, влияющие на неопределенность информационных потоков, подразделяются на внешние (обусловленные независимыми от руководства предприятия причинами) и внутренние, которые подконтрольны руководству. Наличие неопределенности обуславливает невозможность спрогнозировать с заранее заданной точностью числовое значение фактора, существенным образом влияющее на развитие предприятия. Как следствие, невозможно влиять на его последствия, в результате — ослабление устойчивости предприятия.

Внешние факторы делятся на полностью неконтролируемые и частично неконтролируемые. К первым относятся:

1. Природные:

- наводнения (существенным для предприятия является возможность наводнения в данном районе  $\mu_{\text{Нав}}$ (Район), случившееся наводнение может привести к затратам на возмещение убытков

$$Z_{\text{Нав}} = \mu_{\text{Нав}} \cdot \text{Сила Наводнения} \cdot \text{Стоимость Восстановления Активов В Районе);}$$

- землетрясения (аналогично наводнению, только существенным в этом случае является возможность землетрясения в данном районе  $\mu_{\text{Зтряс}}$ (Район));
- экологические катаклизмы (существенны для предприятий, зависящих от экологических параметров окружающей среды, например, пищевой промышленности. Выражаются в дополнительных затратах, необходимых для компенсации изменений в экологии:

$$\Delta Z_{\text{Эко}} = \Delta \text{Экологии}_i \cdot C_{\text{Эко}}^i,$$

где  $C_{\text{Эко}}^i$  — удельные затраты на компенсацию изменений  $i$ -го параметра экологии);

2. Неожиданные государственные меры регулирования в сферах правового или экономического законодательства:

- регулирование материально-технического снабжения (существенными для предприятия являются ограничения в качестве:

$$K_{\text{ач}}^{\text{орп}} = K_{\text{ач}} \cdot \Delta K_{\text{ач}}$$

- материалов поставщиков, которые ведут к необходимости либо переналаживать производство под новые условия, либо к необходимости выпуска требуемых комплектов своими силами, но в любом случае к новым затратам  $\Delta Z_{\text{МТС}}^{\text{Огр}}$  на этапе материально-технического снабжения в результате государственного регулирования);
- охраны окружающей среды (в данном случае предприятие вынуждается к покупке оборудования, обеспечивающего регламентируемые ПДК в промышленных выбросах, стоках:

$$\text{ПДК}^{\text{Огр}} = \text{ПДК} \cdot \Delta \text{ПДК},$$

что может выражаться суммой

$$\Delta Z_{\text{ООС}}^{\text{Огр}} = C_{\text{об}} \cdot \Delta \text{ПДК},$$

где  $C_{\text{об}}$  — удельные затраты на оборудование, снижающее ПДК в выбросах на единицу);

- проектных нормативов (обязывает предприятие разрабатывать и внедрять мероприятия по обеспечению требований проектных нормативов, что может выражаться в дополнительных затратах  $Z_{\text{пкн}}^{\text{Доп}}$ );
- производственных нормативов (обязывает предприятие разрабатывать и внедрять мероприятия по обеспечению требований производственных нормативов, что может выражаться в дополнительных затратах  $Z_{\text{прн}}^{\text{Доп}}$ );
- землепользования (увеличение ставки арендной платы, введение необходимости заключения договоров аренды на землю под используемым помещением, заключение договоров страхования; все это выражается в дополнительных затратах  $Z_{\text{ар}}^{\text{Доп}} = \Delta A_{\text{ставка}} \cdot S_{\text{арендуемая}} + K_{\text{страх}} \cdot S_{\text{арендуемая}}$ );
- экспорта-импорта (увеличение ставки ввозной/вывозной таможенной пошлины  $St^{\text{Нов}} = St \pm \Delta St$ , введение необходимости сертифицировать продукцию, что приводит к дополнительным затратам  $Z_{\text{эи}}^{\text{Доп}} = N_{\text{эи}} \cdot \Delta St + Z_{\text{серт}}$ );
- ценообразования (введение ограничений на цену продукции  $C^{\text{Пер}} = C \pm \Delta C$ , где  $C^{\text{Пер}}$  может быть как больше, так и меньше текущей цены, в зависимости от типа регулирования:  $C_{\text{мин}}^{\text{Пер}} = K_{\text{мин}} \cdot \text{Себестоимость}$  — для исключения демпинга,  $C_{\text{макс}}^{\text{Пер}} = K_{\text{макс}} \cdot \text{Себестоимость}$  — для ограничения прибылей монополистов. Это ведет к потерям в доле рынка  $\rightarrow$  объемах продаж  $N$  в первом случае  $N = N^{\text{До регулирования}} \cdot \Delta C \cdot K_{\text{эластичности}}$  или просто в уменьшении выручки, убытках величиной  $\Delta U_{\text{цоб}} = N \cdot \Delta C$  — во втором);
- налогообложения (увеличение ставок налогов на величину  $\Delta N_{\text{став}}$  или введение новых налогов  $N_{\text{став}}^{\text{Нов}}$  ведет к уменьшению прибыли предприятий на величину  $\Delta U_{\text{налог}} = N_{\text{база}}^i \cdot \Delta N_{\text{ст}}^i + N_{\text{база}}^{\text{Нов}} \cdot N_{\text{ст}}^{\text{Нов}}$ );
- экономическими изменениями (изменение курса доллара  $\Delta \text{Дол}$ , величины инфляции  $\Delta \text{Инфл}$ , ставки рефинансирования ЦБ  $\Delta \text{СтРеф}$  ведет к изменению эффективности функционирования предприятия: увеличению сроков окупаемости  $\Delta \text{РВР}$ , увеличению выплат по кредитам, относительному увеличению стоимости импортного оборудования, сырья, услуг. В результате всего вышеизложенного предприятие терпит убытки и вынуждено искать источники для их компенсации в размере  $\Delta Z_{\text{экизм}}(\Delta \text{Дол}, \Delta \text{Инфл}, \Delta \text{СтРеф})$ );

### 3. Социальные:

- вандализм (криминогенная обстановка  $\mu_{\text{Ванд}}(\text{Район})$  в районе, где действует предприятие, стоимость подверженного вандализму имущества и затраты на возмещение потерь в результате простоев. Все это выражается суммой  $Z_{\text{Ванд}} = \mu_{\text{Ванд}}(\text{Район}) \cdot \text{Стоимость Восстановления Имущества} + \mu_{\text{Ванд}}(\text{Район}) \cdot \text{Потери От Простоев}$ );
- терроризм (аналогично вандализму, только существенным является наличие террористических группировок и наличие факторов, провоцирующих их деятельность в данном районе  $\mu_{\text{терр}}(\text{Район})$ ).
- социальные катаклизмы (для предприятия существенны те изменения в обществе, которые влияют на функционирование предприятия. Например, пущенная конкурентами информация о вредности продукции предприятия может привести к опасениям в обществе и в конечном итоге к снижению ее потребления. Это выражается в снижении продаж, ведущем к потерям дохода  $\Delta U_{\text{соц}} = \Delta N_{\text{соц}} \cdot \Pi$ ).

### 4. Научно-технические:

- изменение технологий, ведущее к устареванию используемых предприятием машин и механизмов, к необходимости срочного обновления оборудования для сохранения конкурентоспособности. Это выражается в дополнительных затратах на обновление технологий  $\Delta Z_{\text{тех}}$ ;
- появление новых специалистов, что ведет к необходимости переобучения кадров либо к приему на работу новых сотрудников. Это приводит к возникновению непредвиденных затрат  $\Delta Z_{\text{кадр}}$ .

Частично неконтролируемые внешние факторы возникновения неопределенности составляют:

#### 1. Неопределенности на рынках поставщиков:

- повышением стоимости сырья (удорожание сырья на величину  $\Delta \Pi$ ) либо уменьшение количества поставляемых ресурсов ведет к дополнительным затратам  $\Delta Z_{\text{сыр}} = \Delta \Pi_{\text{сыр}} \cdot M$ , где  $M$  — количество закупающегося сырья, либо к затратам на производство этого сырья своими силами, на поиск другого поставщика, заключению нового контракта, компенсацию потерь от простоев производства и т. д.);

#### 2. Неопределенности на рынках потребителей:

- изменением требований потребителей (изменение спроса на продукцию ведет к потерям  $\Delta U_{\text{треб}} = \Delta N_{\text{треб}} \cdot \Pi$ );
- нежеланием покупателей соблюдать торговые правила (чаще всего отказ платить в соответствии с контрактом сумму  $\text{Сум}$  в течение  $j$  месяцев, что ведет к потерям процентов с суммы  $\text{Сум}(1+i)^j$  при вложении денег в банк под процент  $i$ , либо к более существенным потерям — при реинвестировании прибыли).

#### 3. Неопределенности на рынке конкурентов:

- усилением конкуренции (выражается в увеличении требуемого покупателями технического уровня  $K_{\text{ТУ}}$  продукции и сервисных услуг на  $\Delta K_{\text{ТУ}}$ , ведущие к необходимости дополнительных затрат на увеличение технического уровня  $\Delta Z = \Delta K_{\text{ТУ}} \cdot C_{\text{ТУ}}$ , где  $C_{\text{ТУ}}$  — удельные затраты на увеличение технического уровня);
- потерей позиций на рынке (как правило, выражается в потере покупателей, снижении спроса на величину  $\Delta N_{\text{ПП}}$  и потерям в объемах продаж  $\Delta U_{\text{ПП}} = \Delta N_{\text{ПП}} \cdot \Pi$ );



Внутренние факторы делятся на контролируемые и частично контролируемые. Первые не ведут к возникновению неопределенностей, вторые делятся на технологические и организационные.

Технологические факторы:

1. Ухудшение качества продукции (снижает объем продаж, ведет к потерям в объемах продаж  $\Delta N_{УК} \cdot Ц$ );
2. Снижение производительности производства, связанного с проектом (ведет к снижению объема продаж, захвату доли рынка конкурентами, выражается в недополучении части выручки в размере  $\Delta N_{СП} \cdot Ц$ );
3. Ошибки в проектно-сметной документации (требуют дополнительных затрат на их устранение  $\Delta Z_{Ош}$ ).

Организационные факторы:

1. Срывы планов работ из-за:

- недостатка рабочей силы ( $\Delta Раб$ );
- нехватки материалов ( $\Delta Материалов$ );
- поздней поставки материалов ( $\Delta Т_{Позд}$ );
- изменения возможностей заказчика проекта, подрядчиков ( $\Delta Возм_{Подр}$ );
- ошибок проектирования ( $\Delta О_{Проект}$ );
- ошибок планирования ( $\Delta О_{Планир}$ );
- недостатка координации работ ( $\Delta О_{Коорд}$ );
- изменения руководства ( $\Delta О_{Руков}$ );
- из-за банкротства подрядчиков (зависят от надежности подрядчиков  $\mu(Подр)$  и тщательности выбора подрядчиков при заключении контрактов. Ведут к потерям, которые можно оценить по величине дополнительных средств  $\Delta Z_{Банкр} = \mu(Подр) \cdot Тщательность\ выбора \cdot Компенсация$ , которые необходимо привлечь для компенсации отставания в графике реализации проекта, выплатить в виде штрафов, неустоек);
- из-за задержек в финансировании (зависит от надежности  $\mu(Ист)$  источника в случае внешнего финансирования, тщательности проработки инвестиционного плана  $\mu(План)$  — в случае реинвестирования части прибыли. Выражается в сумме дополнительных затрат для компенсации возможных потерь:

$$\Delta Z_{Зад} = \mu(Ист) \cdot Затраты\ На\ Компенсацию_{Ист} + \mu(План) \cdot Затраты\ На\ Компенсацию_{План};$$

2. Перерасход средств из-за:

- срывов планов работ

$$(\Delta Пере_{Срыв} = \Delta Раб + \Delta Материалов + \Delta Т_{Позд} + \Delta Возм_{Подр} + \Delta О_{Проект} + \Delta О_{Планир} + \Delta О_{Коорд} + \Delta О_{Руков});$$

- неправильной стратегии снабжения ( $\Delta О_{Снабж}$ );
- неквалифицированного персонала ( $\Delta О_{Пере}$ );
- переплат по материалам, услугам и т. д. ( $\Delta О_{Переплат}$ );
- неправильных смет ( $\Delta О_{Смет}$ );
- других неучтенных факторов.

Страховые факторы:

1. Прямой ущерб имуществу:

- транспортные инциденты ( $\Delta U_{\text{Трансп}}$ ,  $\Delta Z_{\text{СтрахТранс}}$ );
- оборудование ( $\Delta U_{\text{Оборуд}}$ ,  $\Delta Z_{\text{СтрахОборуд}}$ );
- материалы ( $\Delta U_{\text{Матер}}$ ,  $\Delta Z_{\text{СтрахМатер}}$ ).

2. Косвенные потери:

- демонтаж и передислокация поврежденного имущества ( $\Delta Z_{\text{ДемонтажМонтаж}}$ );
- перестановка оборудования ( $\Delta Z_{\text{Перестан}}$ );
- потери арендной прибыли ( $\Delta U_{\text{АрПриб}}$ );
- нарушение запланированного ритма деятельности ( $\Delta U_{\text{НарушРитма}}$ ).

3. Страховые в соответствии с нормативными документами посторонним лицам ( $\Delta U_{\text{НД}}$ ,  $\Delta Z_{\text{СтрахНД}}$ ).

4. Страхование сотрудников:

- телесные повреждения ( $\Delta U_{\text{СотрПовр}}$ ,  $\Delta Z_{\text{СтрахСотрПовр}}$ );
- затраты на замену сотрудников ( $\Delta U_{\text{СотрЗам}}$ ,  $\Delta Z_{\text{СтрахСотрЗам}}$ );
- потери прибыли ( $\Delta U_{\text{СотрПотерПриб}}$ ,  $\Delta Z_{\text{СтрахСотрПотерПриб}}$ ).

Ясно, что наличие такого количества неопределенных факторов при прогнозировании (см. также [18, 17]) делает невозможным определить точный график изменения прогнозируемой величины, т. к. на нее обычно влияет очень много различных факторов, информация о которых не всегда полностью известна. В результате вектора состояния подсистем ВПС в будущем могут быть известны только в виде нечеткого множества (рис. 8.18). Иначе говоря, точность прогноза зависит от того, известна ли вся информация о тех системах, которые влияют на прогнозируемую.

Все перечисленные выше факторы не могут быть заранее известны с достаточной степенью точности [18, 17].

Суждения о том, насколько возможно проявление того или иного фактора, могут лишь сузить область полной неопределенности (при котором все состояния имеют одинаковую степень возможности, или в терминах нечетких множеств, одинаковые значения функции принадлежности) до нечеткого множества [21].

Иллюстрация зависимости точности прогноза от степени информированности эксперта представлена на рис. 8.18.

На практике наиболее часто встречается случай Б, т. к. на прогнозируемую величину влияет много различных параметров и полную информацию о всех параметрах получить и обработать физически невозможно.

Действительно, при определении, например, возможных объемов сбыта производимой предприятием продукции можно лишь оценить объем в прогнозируемый период времени следующей величиной:

$$N_i = (N_a, N^*, N_b),$$

где  $N_a$  — нижняя граница оценки объема сбыта;

$N_b$  — верхняя граница оценки объема сбыта;

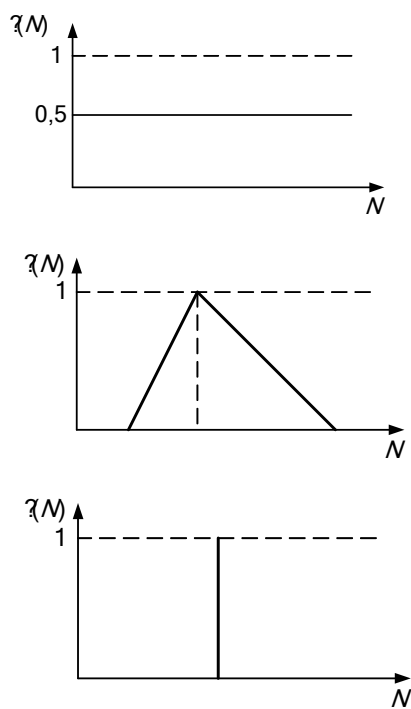
$N^*$  — наиболее возможный объем сбыта.

Аналогично, при прогнозировании других параметров, входящих в целевую функцию, можно получить следующие оценки:

цена —  $\Pi_{il} = (\Pi_a, \Pi^*, \Pi_b)$ ,

расход материала —  $am_{ji} = (am_a, am^*, am_b)$

выплаты в государственные органы —  $C_g = (C_{ga}, C_g^*, C_{gb})$ , и т. д.



А) Полная неопределенность. Прогнозируемая величина может принять любое значение, функция принадлежности на всей прямой от 0 до + бесконечности одинакова и равна 0,5.

Б) Частичная неопределенность. Прогнозируемая величина не может принять значение, большее  $N_b$ , и меньшее  $N_a$ . Наиболее возможно, что значение будет  $N^*$ . Функция принадлежности равна 0  $[0, N_a] \cup [N_b, \infty)$  и равна 1 в  $N^*$ .

В) Полная определенность. Прогнозируемая величина будет равна  $N^*$ . Функция принадлежности на всей прямой от 0 до + бесконечности одинакова и равна 0, кроме точки  $N^*$ , где она равна 1.

Рис. 8.18. Зависимость точности прогноза от степени определенности

Следовательно, прогнозы изменения векторов состояния подсистем могут быть записаны в следующем виде:

$$G(t) = G^*(t) + \delta G(t),$$

$$S(t) = S^*(t) + \delta S(t),$$

$$N(t) = N^*(t) + \delta N(t),$$

$$M(t) = M^*(t) + \delta M(t),$$

$$K(t) = K^*(t) + \delta K(t),$$

$$L(t) = L^*(t) + \delta L(t),$$

$$P(t) = P^*(t) + \delta P(t).$$

А так как результат деятельности предприятия зависит от векторов состояния всех подсистем ВПС, то он тоже будет неопределенным:

$$\Pi(t) = \Pi^*(t) + \delta\Pi(t).$$

Все перечисленные выше факторы, вносящие неопределенность в работу предприятия, должны быть учтены при прогнозировании. Для этого необходимо разработать методики учета неопределенности и выбрать наилучшую из них для построения экономико-математической модели функционирования предприятия.

Следовательно, существует проблема, выражающаяся в нечеткости входных информационных потоков на предприятиях. Это ведет к погрешностям при прогнозировании, что оказывает влияние на точность моделирования положения предприятия и сказывается на эффективности функционирования системы управления. Все это ведет к снижению устойчивости предприятия.

**Выбор методики учета неопределенности.** Для преодоления проблемы наличия неопределенности необходимо выбрать методику ее учета при анализе информационных потоков. На основании выбранной методики можно будет разработать метод прогнозирования, учитывающий неопределенность. На базе метода разрабатывается модель, составляющая основу системы управления предприятием.

Для обработки неопределенностей можно предложить два подхода:

- устранение нечеткости информации;
- построение модели, оперирующей нечеткими исходными данными.

Рассмотрим обе методики.

Первый подход назовем методом устранения нечеткости. Для устранения нечеткости входной информации предлагается уменьшить погрешности преобразования информации перед вводом в модель. Внешние и внутренние характеристики информационного потока при этом не должны измениться больше, чем на величину, сопоставимую с погрешностью модели предприятия:

$$\varepsilon_{\Pi} \leq \varepsilon_M. \quad (8.22)$$

где  $\varepsilon_{\Pi}$  — погрешность преобразования информации до ввода в модель;

$\varepsilon_M$  — погрешность (точность) модели.

Погрешности вычисляются по следующим формулам:

$$\varepsilon_{\Pi} = \frac{K_{\Pi}^{\text{после}} - K_{\Pi}^{\text{до}}}{K_{\Pi}^{\text{до}}}, \quad (8.23)$$

$\varepsilon_M$  — обычно задается в модели при вычислениях.

где  $K$  — интегральная характеристика [7] информационного потока,

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n},$$

$K_i$  — коэффициент, отражающий  $i$ -ю характеристику потока, индекс «до» относится к состоянию информации до ее преобразования; индекс «после» — соответственно характеристика после преобразования.

Этот принцип можно назвать «расширение узких мест».

Для уменьшения погрешностей при обработке информации необходимо исследовать причины возникновения этой погрешности. Из представленной классификации видно, что свойства информации однозначно определяются тем, как информация собиралась, транспортировалась и обрабатывалась.

Точность информации зависит от времени, затраченного на ее сбор. Видно, что чем дольше собирают исходные данные, тем более точно отражают они действительность, т. е. погрешность информации уменьшается. Вместе с тем чем меньше информации остается собрать, тем труднее идет процесс сбора, и сильно увеличиваются издержки (рис. 8.19).

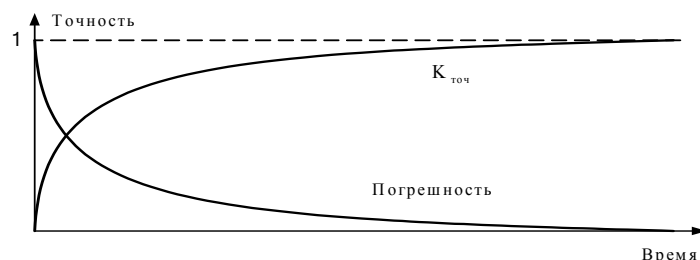


Рис. 8.19. Зависимость точности информации от времени, затраченного на ее сбор

В момент времени  $T^*$  становится невыгодно дальнейшее увеличение точности, т. к. издержки растут быстрее, чем выгода от уменьшения неопределенности. Следовательно, возникает противоречие — с одной стороны, для эффективного управления необходимо увеличение точности, с другой стороны — это приводит к увеличению затрат и уменьшению оперативности системы управления. Следовательно, данный подход к увеличению эффективности управления предприятием является неприемлемым (рис. 8.20).

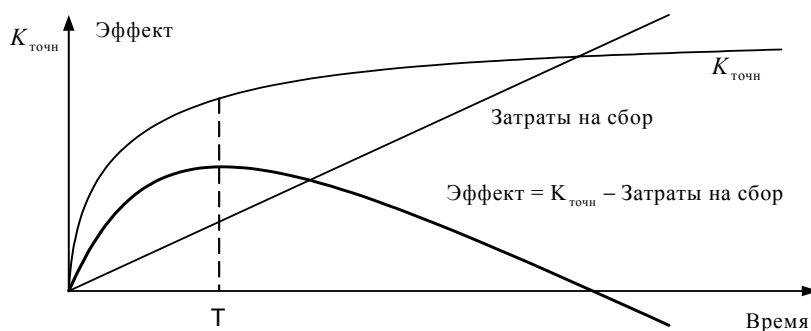


Рис. 8.20. Эффективность повышения точности информации с учетом затрат

Рассмотрим второй подход к учету неопределенности информационных потоков. Назовем его обработкой нечеткостей в том виде, в каком они поступили на вход модели. Для этого необходимо создать модель, которая может работать с информацией, поступившей на вход, в ее естественном виде (т. е. с учетом ее нечеткости). При этом автоматически исчезают погрешности  $\epsilon_{\Pi}$ , которые возникали в предыдущем методе. Равенство нулю погрешностей связано с отсутствием самих процессов преобразований.

Как мы выяснили выше, нецелесообразно увеличивать  $K_{\text{точн}}$  больше некоего определенного значения  $K_{\text{точн}}^*$  (ср. [18, 19]). Это означает, что информация, поступающая на вход модели, останется в некоторой степени неопределенной.

Следовательно, первый предложенный подход не ведет к желаемому результату, т. к. нельзя полностью устранить нечеткость информации — для этого требуются бесконечное время и огромные ресурсы. Ни того, ни другого у обычного предприятия с эффективной системой управления нет. Следовательно, необходима разработка системы прогнозирования и управления политикой развития предприятия, основанной на обработке нечетких исходных данных.

**Разработка нечеткочисленного метода прогнозирования.** Нечеткую исходную информацию можно обрабатывать при помощи общенаучных экспертных методов [18, 17]. Анализируя свойства и области применимости указанных методов, примем за основу метод Дельфи как вносящий наименьшие искажения в обрабатываемую информацию и обладающий максимальной инвариантностью к мнению экспертов.

Метод допускает общее снижение общей погрешности путем уменьшения «погрешности» каждого эксперта. Для этого на выходе метода мы должны получить информацию в виде, максимально приближенном к исходным нечетким данным. Наиболее подходят для указанного представления нечеткие числа. Следовательно, необходимо разработать метод прогнозирования, который будет основой для построения системы управления промышленным предприятием в условиях неопределенности.

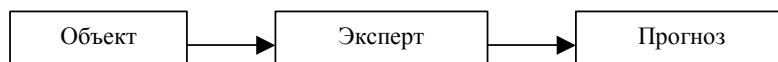


Рис. 8.21. Потоки информации при прогнозировании

В рассматриваемом методе присутствуют два типа преобразования информации, следовательно, два последовательных информационных потока.

Первый этап — от объекта к эксперту — обработка тенденций и выработка результата экспертами.

Второй этап — «подгонка под ответ», т. е. выбор из четкого множества чисел одного, которое дает наибольшую корреляцию с полученным на первом этапе результатом. Искажения, вносимые методом на втором этапе, сводят к минимуму все старания экспертов.

Погрешности преобразования информации  $\epsilon_{\Pi}$  (8.23), которые возникают в классическом методе Дельфи, обуславливают недостаточную эффективность систем управления, основанных на данном методе. В результате решение, принятое *лицом, принимающим решения* (ЛПР), может оказаться неверным и отрицательно повлиять на устойчивость предприятия.

Вывод: стадию преобразования информации необходимо исключить из метода в том виде, в каком она присутствует, и заменить более совершенной, ориентированной на работу с нечеткими исходными данными.

Для разработки указанного метода прогнозирования важно представлять себе природу нечеткости информации, которую этот метод должен обрабатывать. В случае прогнозирования развития какой-либо системы имеет место задача о выборе наиболее предпочтительного (с точки зрения эксперта, основывающегося на своем опыте) числа из совокупности. Например, указать срок, когда, по мнению эксперта, появится необходимость в разработке новой линии продукции, оценить длительность внедрения новой технологии, предсказать оптимальную цену принципиально новой разработки.

Все эти вопросы сводятся к выбору из совокупности (множества) данных одного значения. Однако знания эксперта позволяют ему указать лишь область, наиболее реально соответствующую поставленному вопросу, т. е. выделить нечеткое множество, являющееся ответом на вопрос. Для получения «окончательного ответа» в классическом понимании участник опроса вынужден вносить погрешности в свой ответ (вызванные преобразованием нечеткого множества в число).

Чтобы не заставлять экспертов вносить в свои ответы искажения, можно использовать следующий метод прогнозирования, ориентированный на работу с исходными данными, представленными в нечетком виде:

Вход: список вопросов к экспертам,  $n$  — число экспертов,  $i = 1$ .

Шаг 0. Каждому эксперту задают вопрос и просят дать письменный ответ в виде, максимально приближенном к естественному (нечеткого числа треугольной формы).

Выход 0:  $A_i^j$ , где  $A$  — нечеткое число, выражающее оценку  $j$ -го эксперта на  $i$ -м этапе метода.

$A = (b \cdot a \cdot c)$ , графическое изображение треугольного нечеткого числа дано на рис. 8.24:

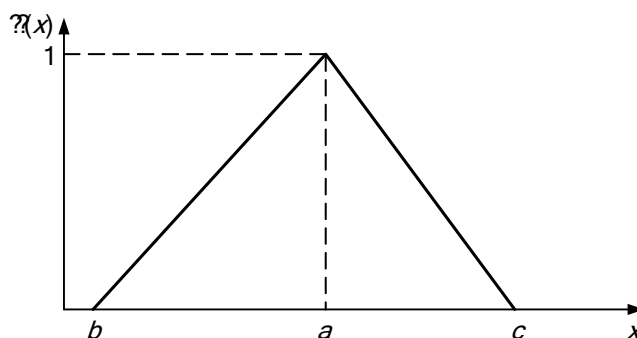


Рис. 8.24. Графическое изображение треугольного нечеткого числа  $A$

где  $a$  — элемент нечеткого множества, имеющее максимальное значение функции принадлежности (в данном случае — нормализованное нечеткое число,  $\mu(a) = 1$ );

$b$  и  $c$  — ближняя и дальняя граница оценки, соответственно меньше и больше которых функция принадлежности принимает нулевые значения.

Шаг 1. Производят обработку результатов.

Подсчитываются средние по всем экспертам оценки на  $i$ -м этапе:

$$A_i^m = \frac{\sum_{j=1}^n A_i^j}{n}$$

и отклонения от среднего значения по каждому эксперту:

$$\overline{A_i^j} = A_i^m - A_i^j$$

нечеткая сумма вычисляется по формуле:

$$A_1 + A_2 = (b_1 + b_2 \ a_1 + a_2 \ c_1 + c_2)$$

а произведение нечеткого числа на обычное — по формуле

$$kA = (kb \ ka \ kc).$$

Выход 1:  $\overline{A_i^j}$  и  $A_i^m$

Шаг 2. Участников информируют о результатах предыдущего этапа ( $A_i^m$ ).

Шаг 3. Каждому эксперту опять задают вопрос и просят дать письменный ответ с поправкой на результаты предыдущего этапа.

Выход 3:  $A_{i+1}^j$ , где  $A$  — оценка  $j$ -го эксперта на  $(i+1)$ -м этапе метода.

Шаг 4. Производят обработку результатов двух последних туров:

$$\epsilon_i = A_{i+1}^m - A_i^m.$$

Если процесс сошелся, т. е.

$$\epsilon \leq \epsilon^*$$

то результат считается достигнутым ( $\epsilon^*$  — заранее заданная нечеткая величина, например: «немного больше нуля», «почти ноль», характеризующая необходимую точность метода). Если сходимости отсутствует, шаг 2 повторяется.

На выходе получен прогноз в виде нечеткого числа, что хорошо согласуется с неопределенной входной информацией. Для дальнейшей обработки прогноза, т. е. принятия решения на его основе, необходимо построить модель функционирования предприятия и разработать систему управления, основанную на нечетких данных.

Структура системы управления должна основываться на структуре внешних воздействий на предприятие. Следовательно, для построения системы управления необходимо проанализировать структуру внешних информационных связей, выделить принципы их взаимодействия, разработать модель функционирования ВПС. На основании модели можно построить структуру системы управления для решения задачи управления, состоящей в сохранении устойчивости предприятия (устойчивой реакции на внешние возмущения), которая влечет за собой устойчивые прибыли и постоянный рост.



### 8.4. Моделирование процессов управления организационно-экономической устойчивостью корпоративных промышленных структур

Построение математической модели функционирования производственной системы. Проанализируем основные принципы взаимодействия систем внутри ВПС, которые позволят принять ряд допущений, полезных при анализе устойчивости ВПС.

В процессе функционирования на предприятие влияют (в большей или меньшей мере) все подсистемы ВПС. Предприятие, в свою очередь, теоретически также может влиять на все остальные подсистемы. Однако в нашей работе воздействия такого рода ( $Pg$ ) (влияние на систему  $G$  системы  $P$  — в данном случае предприятия на государственные органы) учитывать не будем. В общем виде первый принцип можно сформулировать следующим образом:

**Допущение 1.** Системы, имеющие более высокий статус, воздействуют на системы с меньшим рангом, но не наоборот. Системы с одинаковым статусом могут воздействовать друг на друга.

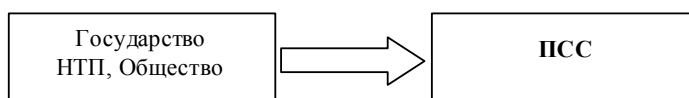


Рис. 8.22. Одностороннее воздействие на ПСС

Из этого принципа следует вывод: система распадается на две замкнутые подсистемы:  $M-K-L-P$  (ПСС) и  $S-G-N$  («внешнюю» по отношению к ПСС). «Внешняя» подсистема имеет более высокий статус, следовательно, воздействие на нее со стороны производственно-сбытовой (или «рыночной») подсистемы отсутствует. Это отображается равенством нулю в табл. 8.7 следующих коэффициентов:  $M_s, K_s, L_s, P_s, M_g, K_g, L_g, P_g, M_n, K_n, L_n, P_n$ .

Рассмотрим теперь функционирование рыночной подсистемы. Второй принцип следует из классического свойства рынка [13]: «спрос рождает предложение». Это дает нам следующее направление воздействий в ПСС: потребитель — производитель — поставщик. Принцип можно сформулировать так:

**Допущение 2.** Взаимодействуют друг с другом непосредственно только соседние элементы из цепочки «потребитель — производитель — поставщик».

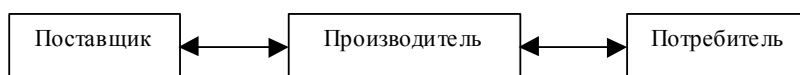


Рис. 8.23. Непосредственное взаимодействие соседних элементов

Это значит, что непосредственным воздействием поставщика ( $M$ ) на конечного потребителя ( $L$ ), и наоборот, можно пренебречь. Коэффициенты  $L_m$  и  $M_L$  равны.

Третий принцип получаем, группируя все подсистемы ВПС в два однородных блока: технологический и общественно-политический. В первый входят предприятие ( $P$ ), конку-

## Глава восьмая

ренты ( $K$ ) и поставщики ( $M$ ), а также воздействующий на них научно-технический прогресс ( $S$ ). Во второй блок включаем общество ( $N$ ), государство ( $G$ ) и потребителей ( $L$ ). Принцип состоит в следующем утверждении:

**Допущение 3.** Система непосредственно реагирует на воздействие только однородных систем:

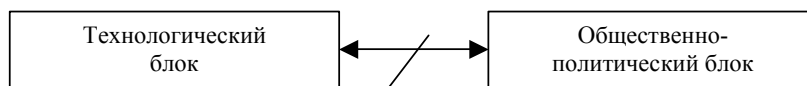


Рис. 8.24. Воздействие только однородных систем

Из этого принципа вытекает независимость предприятий, поставщиков и конкурентов от законов развития общества, а потребителей — непосредственно от научно-технического прогресса (это отражается отсутствием коэффициентов  $Nm$ ,  $Nk$ ,  $Np$  и  $S_L$ ). В результате получаем табл. 8.7:

Таблица 8.7

### Коэффициенты взаимодействия подсистем ВПС

Воздействия	$S$	$G$	$N$	$M$	$K$	$L$	$P$
$S$	$Ss$	$Gs$	$Ns$	0	0	0	0
$G$	$Sg$	$Gg$	$Ng$	0	0	0	0
$N$	$Sn$	$Gn$	$Nn$	0	0	0	0
$M$	$Sm$	$Gm$	0	$Mm$	$Km$	0	$Pm$
$K$	$Sk$	$Gk$	0	$Mk$	$Kk$	$Lk$	$Pk$
$L$	0	$G_L$	$N_L$	0	$K_L$	$L_L$	$P_L$
$P$	$Sp$	$Gp$	0	$Mp$	$Kp$	$Lp$	$Pp$

В результате проведенного анализа количество учитываемых факторов удалось уменьшить почти на треть (с 49 до 31 матрицы).

Для дальнейшего использования таблицы взаимодействий необходимо разработать методику ее заполнения. Суть коэффициента влияния  $Ab$  — на сколько изменится вектор состояния системы  $B$  при изменении на единицу системы  $A$ , или в математической записи:

$$Ab = \frac{\partial b}{\partial A}$$

Рассмотрим простейшее дифференциальное уравнение, где точкой над переменной обозначена производная по времени:

$$\dot{x} = ax.$$

Как известно, коэффициент  $a$  имеет следующий смысл:

$a = 0$ ,  $x$  — постоянная величина

$a < 0$ ,  $x$  — убывает

$a > 0$ ,  $x$  — возрастает.

При  $|a| = 1$  имеем следующее соотношение:  $\left| \frac{\dot{x}}{x} \right| = 1$ .

Таким образом, анализируя связи подсистем, можно определить коэффициенты взаимовлияния, пользуясь следующим алгоритмом.

Шаг 1: определяется, существует ли связь подсистем, т. е. влияет ли изменение одной на состояние другой.

Выход 1.1: нет, не имеется. При изменении одной подсистемы вторая никак не реагирует. Коэффициент влияния равен нулю. Конец алгоритма.

Выход 1.2: да, существует. При изменении вектора состояния первой подсистемы, вектор состояния второй изменился.

Шаг 2: увеличился или уменьшился вектор второй подсистемы.

Выход 2.1: увеличился. Коэффициент взаимовлияния больше нуля.

Выход 2.2: уменьшился. Коэффициент меньше нуля.

Шаг 3: как сильно изменился вектор состояния второй системы от изменения влияемой системы.

Выход 3.1: состояние влияемой подсистемы изменилось сильнее, чем изменилась влияющая. Следовательно, модуль частного от деления приращения вектора состояния влияемой системы на приращение вектора влияющей системы (коэффициент влияния) больше единицы.

Выход 3.2: состояние влияемой подсистемы изменилось в той же мере, что и влияющая. Следовательно, коэффициент влияния равен единице.

Выход 3.3: состояние влияемой подсистемы изменилось меньше, чем влияющей. Коэффициент меньше единицы.

Шаг 4: учитывая промежуточные результаты шагов 1, 2, 3, вычисляем коэффициенты влияния подсистем.

В разделе 8.3 показано, что прогноз развития ВПС является неопределенным, вследствие чего необходимо провести исследование устойчивости получаемого на каждом шаге прогноза под воздействием неопределенных факторов.

**Получим уравнения, описывающие взаимодействие элементов производственной системы.**

Запишем общие дифференциальные соотношения, имея в виду, что векторы состояния систем являются функциями времени и зависят друг от друга. Вектора состояния являются сложными функциями следующего вида:

$$\begin{aligned}
 S &= S(G, N, t), \\
 G &= G(S, N, t), \\
 N &= N(S, G, t), \\
 M &= M(S, G, K, P, t), \\
 K &= K(S, G, M, L, P, t), \\
 L &= L(G, N, K, P, t), \\
 P &= P(S, G, M, K, L, t).
 \end{aligned}
 \tag{8.25}$$

Эти функции характеризуют состояние соответствующих им систем. Будущее состояние любой системы можно определить, зная ее прошлое (регрессионная модель) либо зная текущее состояние и тенденции развития влияющих на нее систем.

В математических терминах этим понятиям соответствуют значения функции в текущей точке и угол наклона графика функции. В числовом значении угол наклона равен производной функции в данной точке по времени.

Будем обозначать производную по времени точкой над функцией.

Введем  $O$  — вектор состояния ВПС следующим образом:

$$O = O(S, G, N, M, K, L, P, t)$$

В таком случае можно описать состояние развития общества в динамике следующим уравнением:

$$O(t + dt) = O(t) + dO(t) = O(t) + W(O, t)O(t)dt ,$$

т. е. развитие ВПС можно описать дифференциальным уравнением вида:

$$\frac{\partial O(S, G, N, M, K, L, P, t)}{\partial t} = W(S, G, N, M, K, L, P) \cdot O(S, G, N, M, K, L, P, t) \quad (8.26)$$

Это консервативная (замкнутая) однородная система дифференциальных уравнений. Решением такой системы является функция  $O = \sum_j C_j e^{\lambda_j t}$ .

Здесь  $\lambda$  — комплексные числа вида  $\alpha + i\beta$ , зная которые можно определить устойчива или неустойчива система дифференциальных уравнений. Пользуясь методом Ляпунова, если вещественная часть комплексных собственных чисел отрицательна, то система уравнений устойчива, если хотя бы одно собственное число имеет положительную вещественную часть, то система уравнений неустойчива (этому решению соответствует экспонента).

Вернемся к нашей модели функционирования ВПС. Зная историю (прошлые) функций, входящих в модель, и свойства (которые могут меняться со временем) самой функции, можно определить тенденции ее развития (матрицу  $W$ ).

Уравнение (8.26) можно записать подробнее, с учетом табл. 8.7:

$$\begin{aligned} \dot{S} &= S(G, N), \\ \dot{G} &= G(S, N), \\ \dot{N} &= N(S, G), \\ \dot{M} &= M(S, G, K, P), \\ \dot{K} &= K(S, G, M, \Pi, P), \\ \dot{\Pi} &= \Pi(G, N, K, P), \\ \dot{P} &= P(S, G, M, K, \Pi). \end{aligned} \quad (8.27)$$

Видно, что однородная система дифференциальных уравнений распадается на две системы. Первая из них:

$$\begin{aligned}\dot{S} &= S(G, N), \\ \dot{G} &= G(S, N), \\ \dot{N} &= N(S, G).\end{aligned}\tag{8.28}$$

эта система характеризует развитие систем, имеющих более высокий потенциал, чем предприятие. Вторая система:

$$\begin{aligned}\dot{M} &= M(S, G, K, P), \\ \dot{K} &= K(S, G, M, Ц, P), \\ \dot{Ц} &= Ц(G, N, K, P), \\ \dot{P} &= P(S, G, M, K, Ц).\end{aligned}\tag{8.29}$$

эта система характеризует развитие ПСС (производственно-сбытовой системы), включающей в себя поставщиков, потребителей и производителей (предприятие и конкурентов).

Как видно, наша модель ВПС распалась на две части: первая (8.28) описывает развитие государства, общества и научно-технический прогресс; вторая (8.29) — развитие производственно-сбытовой системы.

Проведем анализ системы уравнений, описывающей функционирование производственной системы.

Ранее нами был введен вектор  $O$ :

Вектор описывает состояния производственной системы в момент времени  $t$ .

$$W = \begin{bmatrix} Ss & Gs & Ns & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Sg & Gg & Ng & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Sn & Gn & Nn & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Sm & Gm & Nm & Mm & Km & 0 & Pm \\ Sk & Gk & 0 & Mk & Kk & Цk & Pk \\ 0 & Gц & Nц & 0 & Kц & Цц & Pц \\ Sp & Gp & 0 & Mp & Kp & Цp & Pp \end{bmatrix}.\tag{8.30}$$

На основании принятых допущений (табл. 8.7) сформируем матрицу  $W$ :

$W$  — матрица, характеризующая тенденции развития ВПС в текущий момент времени. Например, элемент  $Mp$  описывает влияние вектора  $M$  на изменение вектора  $P$ , т. е. влияние поставщиков на предприятие (табл. 8.8).

Элементы матрицы  $W$

$Mp$	$N_i$	$N_i^*$	$A_{mji}$	$apji$	$azji$
$\Pi_{jm}$	Mp11	Mp12	Mp13	Mp14	Mp15
$Q_{jm}$	Mp21	Mp22	Mp23	Mp24	Mp25
$T_{jm}$	Mp31	Mp32	Mp33	Mp34	Mp35
$\Pi_{jm}^*$	Mp41	Mp42	Mp43	Mp44	Mp45
$Q_{jm}^*$	Mp51	Mp52	Mp53	Mp54	Mp55
$Tk$	Mp61	Mp62	Mp63	Mp64	Mp65

$Mp11$  — изменение объемов выпуска предприятием продукции за единицу времени, вызванное увеличением на единицу цен поставщика.

$Mp31$  — изменение объемов выпуска предприятием продукции за единицу времени, вызванное увеличением на единицу времени доставки сырья поставщиком.

$Mp53$  — изменение материалоемкости продукции предприятия за единицу времени, обусловленное увеличением на единицу величины партии поставщика.

Уравнения развития ВПС можно записать так:

$$\dot{\bar{O}} = W\bar{O}, \quad (8.31)$$

где точкой над функцией обозначена производная по времени, а матрица рядом с вектором обозначает скалярное произведение матрицы на вектор.

Пользуясь табл. 8.7 можно расчленив ВПС на Внешнюю и Рыночную подсистемы. Для этого разделяем вектор состояния  $O$  и матрицу влияния  $W$  на части, соответствующие указанным системам:

$$W = \begin{bmatrix} S_s & G_s & N_s & M_s & K_s & \Pi_s & P \\ S_g & G_g & N_g & M_g & K_g & \Pi_g & P \\ S_n & G_n & N_n & M_n & K_n & \Pi_n & P \\ \hline S_m & G_m & N_m & M_m & K_m & \Pi_m & P \\ S_k & G_k & N_k & M_k & K_k & \Pi_k & P \\ S_{\Pi} & G_{\Pi} & N_{\Pi} & M_{\Pi} & K_{\Pi} & \Pi_{\Pi} & P \\ S_p & G_p & N_p & M_p & K_p & \Pi_p & P \end{bmatrix} \bar{O}(t) = \begin{Bmatrix} \bar{S} \\ \bar{G} \\ \bar{N} \\ \bar{M} \\ \bar{K} \\ \bar{\Pi} \\ \bar{P} \end{Bmatrix}. \quad (8.32)$$

Тогда можно ввести следующие вектора состояний:

$$\bar{O} = \begin{Bmatrix} \bar{E} \\ \bar{I} \\ \bar{P} \end{Bmatrix} \quad \bar{E} = \begin{Bmatrix} \bar{S} \\ \bar{G} \\ \bar{N} \end{Bmatrix} \quad \bar{I} = \begin{Bmatrix} \bar{M} \\ \bar{K} \\ \bar{\Pi} \end{Bmatrix}$$

$$W = \begin{bmatrix} Ee & Ie & Pe \\ Ei & Ii & Pi \\ Ep & Ip & Pp \end{bmatrix}$$

$$Ee = \begin{bmatrix} Ss & Gs & Ns \\ Sg & Gg & Ng \\ Sn & Gn & Nn \end{bmatrix} \quad Ei = \begin{bmatrix} Sm & Gm & Nm \\ Sk & Gk & Nk \\ Sц & Gц & Nц \end{bmatrix} \quad Ep = [Sp \quad Gp \quad Np]$$

$$Ii = \begin{bmatrix} Mm & Km & Цm \\ Mk & Kk & Цk \\ Mц & Kц & Цц \end{bmatrix} \quad Ip = [Mp \quad Kp \quad Цp]$$

$$Pi = \begin{bmatrix} Pm \\ Pk \\ Pц \end{bmatrix} \quad Pp = [Pp].$$

Введенные вектора и матрицы имеют следующий смысл:

$E$  — вектор состояния внешней системы;

$I$  — вектор состояния рыночной системы;

$P$  — вектор состояния предприятия;

$E_e$  — матрица влияния компонентов внешней системы друг на друга;

$E_i$  — матрица влияния внешней системы на рыночную систему;

$E_p$  — матрица влияния внешней системы на предприятие;

$I_i$  — матрица влияния компонент рыночной системы друг на друга;

$I_p$  — матрица влияния рыночной системы на предприятие;

$P_i$  — матрица влияния предприятия на рыночную систему;

$P_p$  — коэффициент, характеризующий управление предприятием.

Матрицы  $Ie$  и  $Pe$  — нулевые, согласно принятым выше допущениям.

Коэффициенты  $Nm$   $Nk$   $Sц$   $Np$   $Цm$   $Mц$  также равны нулю (табл. 8.7).

Запишем соотношения между вновь введенными векторами и вектором состояния  $\mathbf{O}$ ; между матрицами влияния систем и матрицей  $W$ :

$$\begin{aligned} \dot{\bar{E}} &= [Ee]\bar{E} \\ \dot{\bar{I}} &= [Ei]\bar{E} + [Ii]\bar{I} + [Pi]\bar{P} \\ \dot{\bar{P}} &= [Ep]\bar{E} + [Ip]\bar{I} + [Pp]\bar{P}. \end{aligned} \quad (8.33)$$

Уравнения (8.33) суть система дифференциальных уравнений. Они описывают развитие ВПС в динамике:

- первое уравнение характеризует развитие внешней системы.
- второе уравнение описывает изменение рыночной системы под воздействием внешней системы и предприятия.
- третье — уравнение развития предприятия.

Рассмотрим частные случаи функционирования ВПС:

1. Возмущения внешней системы отсутствуют ( $\delta E=0, \delta P \neq 0, \delta I \neq 0$ ).

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \dot{\vec{E}} \\ \dot{\vec{I}} + \delta \dot{\vec{I}} \\ \dot{\vec{P}} + \delta \dot{\vec{P}} \end{pmatrix} &= [Ee] \dot{\vec{E}}, \\ \begin{pmatrix} \dot{\vec{I}} + \delta \dot{\vec{I}} \\ \dot{\vec{P}} + \delta \dot{\vec{P}} \end{pmatrix} &= [Ei] \dot{\vec{E}} + [Ii](\vec{I} + \delta \vec{I}) + [Pi](\vec{P} + \delta \vec{P}), \\ \dot{\vec{P}} + \delta \dot{\vec{P}} &= [Ep] \dot{\vec{E}} + [Ip](\vec{I} + \delta \vec{I}) + [Pp][\vec{P} + \delta \vec{P}]. \end{aligned}$$

Уравнения в возмущениях записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} \delta \dot{\vec{I}} &= [Ii] \delta \vec{I} + [Pi] \delta \vec{P}, \\ \delta \dot{\vec{P}} &= [Ip] \delta \vec{I} + [Pp] \delta \vec{P}. \end{aligned} \tag{8.34}$$

2. Возмущающий фактор — внешняя система ( $\delta E \neq 0, \delta P \neq 0, \delta I \neq 0$ ). В этом случае уравнения в возмущениях запишутся так:

$$\begin{aligned} \delta \dot{\vec{E}} &= [Ee] \delta \vec{E}, \\ \delta \dot{\vec{I}} &= [Ei] \delta \vec{E} + [Ii] \delta \vec{I}, \\ \delta \dot{\vec{P}} &= [Ep] \delta \vec{E} + [Pp] \delta \vec{P}. \end{aligned} \tag{8.35}$$

Уравнения (8.34) и (8.35) позволяют провести исследование устойчивости предприятия.

**Опишем методику исследования устойчивости предприятия.**

1. Подсчитывается максимальная прибыль от производственной деятельности предприятия, соответствующая оптимальной производственной программе —  $\Pi_p$
2. Выбирается вектор  $C$  затрат на поддержание устойчивости предприятия.
3. Определяются корни характеристического уравнения

$$\det |W(\vec{C}) - \lambda I| = 0,$$

где  $\det|..|$  — означает вычисление определителя матрицы

$I$  — единичная матрица

$\lambda$  — комплексные корни характеристического многочлена;  $\lambda = \alpha + i\beta$ .

4. Если вещественные части ( $\alpha$ ) всех корней уравнения отрицательны, система дифференциальных уравнений устойчива по первой теореме Ляпунова.
5. Если среди корней найдется хотя бы один с вещественной положительной частью, то система уравнений неустойчива (вторая теорема Ляпунова).
6. Делается вывод об устойчивости системы при выбранном значении  $C$  по коэффициенту  $K_y = C / \Pi_p$  (по табл. 8.9).



**Устойчивость предприятия**

Значение $K_y$	Состояние предприятия	Описание
$K_y > 1$	Кризисное	Невозможно достижение устойчивости
$K_y = 1$	Критическое	Вся прибыль уходит на поддержание устойчивости
$0,5 < K_y < 1$	Неустойчивое	Более половины прибыли тратится на поддержание устойчивости
$0 < K_y \leq 0,5$	Устойчивое	Небольшая часть прибыли идет на поддержание устойчивости
$K_y = 0$	Абсолютно устойчивое	Не требуется финансовых затрат для поддержания устойчивости предприятия

Из этих условий можно определить области устойчивости параметров динамической системы. Наложив ограничения по ресурсам предприятия, получим область устойчивости для конкретного предприятия.

Для выбора оптимального набора параметров из области устойчивости необходимо использовать целевую функцию предприятия (например,  $Pp$  — минимально).

Если область устойчивости и ограничения по ресурсам предприятия не совпадают, то данное предприятия в данный момент не является устойчивым. В данном случае можно определить необходимое наращивание ресурсов предприятия для обеспечения его устойчивости.

Перейдем к разработке алгоритма обеспечения устойчивости функционирования предприятия.

Цель функционирования предприятия — получение прибыли при условии сохранения устойчивого положения на рынке под влиянием внешних воздействий (8.19).

В теории достаточно широко разработаны методы формирования оптимальной производственной программы предприятия, т. е. максимизации величины прибыли от производственной деятельности предприятия. Поэтому величина  $\Pi^p$  принимается равной  $\Pi_{\max}^p$ , т. е. прибыли, соответствующей оптимальной производственной программе.

Из условия оптимальности очевидно, что эта прибыль будет максимальна.

Тогда задача максимизации выражения (8.19) будет эквивалентна задаче минимизации

$$\text{второго слагаемого, т. е. } \int_t^{T^*} Z^c(t) dt \rightarrow \min .$$

При этом на  $Z^c(t)$  из физических соображений накладываются следующие ограничения:

$$Z_i^c(t) \geq 0$$

$$\sum Z_i^c(t) \leq \Pi_{\max}^p(t)$$

Но основным условием, из которого будут определяться  $Z_i^c$ , будет условие устойчивости функционирования предприятия.

Анализируя математическую модель ВПС, можно записать следующий алгоритм решения задачи устойчивости динамической системы, записанной в виде системы дифференциальных уравнений (8.27):

1. Учитывая то, что система распадается на две, из которых первая не зависит от второй, сначала необходимо решить систему (8.28)
2. Определить области устойчивости системы
3. Решить вторую систему (8.29)
4. Определить области устойчивости исследуемой функции
5. Построить критерий оптимальности затрат
6. Определить оптимальное по выбранному критерию сочетание параметров, обеспечивающих устойчивость предприятия
7. Перевести систему на заданные параметры.

В математической постановке задача считается решенной после определения набора параметров, обеспечивающих устойчивое состояние системы.

Для построения системы управления предприятием необходимо переформулировать принципиальный алгоритм обеспечения устойчивости ВПС из математических терминов в определения, принятые при управлении предприятием:

Этап 1. Формирование (корректировка) политики развития предприятия.

Шаг 1.1. Прогнозирование тенденций развития внешней системы.

Шаг 1.2. Определение критериев оценки.

Шаг 1.3. Разработка политик развития предприятия в свете тенденций развития внешней системы.

Шаг 1.4. Выбор оптимальной политики развития предприятия.

Шаг 1.5. Разработка стратегий развития предприятия в рамках выбранной политики.

Шаг 1.6. Контроль за соответствием политике.

Результаты Этапа 1.

1.1. Политика развития предприятия.

1.2. Набор базовых стратегий.

Этап 2. Разработка стратегии развития предприятия.

Шаг 2.1. Прогнозирование перспектив развития предприятия внутри ПСС.

Шаг 2.2. Определение критериев оценки.

Шаг 2.3. Выбор оптимальной стратегии развития предприятия из базового набора стратегий в рамках выбранной политики.

Шаг 2.4. Разработка плана мероприятий, обеспечивающих устойчивое развитие предприятия в рамках выбранной стратегии.

Шаг 2.5. Контроль за реализацией стратегии.

Результаты Этапа 2.

2.1. Стратегия развития предприятия.

2.2. План мероприятий, обеспечивающих устойчивое развитие предприятия.

Этап 3. Реализация мероприятий, обеспечивающих устойчивое развитие.

Шаг 1. Координация ресурсов и исполнителей.

Шаг 2. Мотивация исполнителей.

Шаг 3. Контроль за выполнением мероприятий.

### Рассмотрим алгоритм исследования устойчивости функционирования ВПС.

**Постановка задачи.** Прогнозируя развитие ВПС необходимо на каждом шаге проводить исследование устойчивости. Для предприятия устойчивость характеризует, как будет реагировать вектор  $P$  на возмущения других подсистем.

Очевидно, что для повышения устойчивости необходимы финансовые затраты. Однако исходя из цели функционирования, сформулированной в разделе 8.3, предприятие стремится уменьшить затраты для максимизации прибыли. Следовательно, основной задачей исследования устойчивости является нахождение такой стратегии, которая при минимальных затратах обеспечивала бы устойчивое состояние предприятия.

Увеличивая затраты на достижение устойчивости, можно определить  $C^*_i$  — точку, в которой предприятие будет устойчиво по отношению к  $i$ -й подсистеме. Следовательно, область устойчивости будет непрерывной в пространстве  $(C_i)$ .

Суммарные затраты на обеспечение устойчивости предприятия будут складываться из затрат на обеспечение устойчивости от возмущения каждой подсистемы, т. е.

$$C_y = \sum_{i=1}^I C_i .$$

При  $I = 3$  геометрической иллюстрацией этого уравнения будет плоскость, проходящая через точки  $C_y$  на каждой оси.

Таким образом, математически задача об исследовании устойчивости формулируется как задача о нахождении такой точки в пространстве параметров  $C_i$ , в которой при минимальных затратах  $C_y$  обеспечивалось бы устойчивое состояние предприятия.

В результате реализации данного алгоритма будет обеспечено устойчивое состояние предприятия как относительно рыночной подсистемы (потребителей, поставщиков и конкурентов), так и относительно внешней подсистемы (государственных органов, общества и научно-технического прогресса). Однако необходимо заметить, что в первом случае предприятие будет менять всю систему ПСС, т. е. устойчивость будет аналогична динамической в механике. Во втором случае предприятие вынуждено изменяться само, не имея возможности влиять на внешнюю систему, таким образом, устойчивость будет статической.

**Замечание.** Выше рассмотрена модель взаимовлияний на основе дифференциальных уравнений. При замене дифференциальных уравнений на разностные аналоги получаем модель типа ЖОК, описанную в [18] в гл. 6, а также в [19].

Разработка системы управления устойчивостью предприятия. Начнем с формулировки принципов построения системы управления предприятием.

Чтобы разработать комплексную систему управления предприятием [26] с учетом характеристик внешних воздействий на предприятие, необходимо соблюсти принципы **соответствия и адекватности**:

- структура системы управления должна соответствовать структуре внешнего воздействия;
- каждый элемент системы управления должен быть адекватен соответствующему воздействию на него.

Входная информация очень разнородна. Эта разнородность — следствие того, что на предприятие оказывают влияние различные по природе структуры. Следовательно, для построения эффективной системы управления необходимо использовать классификацию внешних воздействий, на которые она обязана реагировать.

Строить систему будем с использованием методологии IDEF0 [8, 14, 25].

Устойчивость предприятия, таким образом, складывается из двух составляющих: управляемой и неуправляемой, каждая из которых в свою очередь делится на три части, влияющие на доход, на затраты и на прибыль соответственно. Предприятие может управлять своей устойчивостью: ослаблять конкурентов, влиять на поставщиков и стимулировать потребителей, т. е. взаимодействовать с «рыночной подсистемой». Однако предприятие не может влиять на государство, НТП, культуру. Оно обязано достигать устойчивости, прогнозируя долгосрочные последствия тех или иных тенденций во «внешней подсистеме» и корректируя соответствующим образом политику предприятия. Следовательно, в соответствии со структурой воздействий на предприятие система управления должна быть двухуровневой:

1-й уровень — система прогнозирования и управления политикой развития предприятия (СПУР).

2-й уровень — система управления устойчивостью (СУУ).

Определим задачи и функции каждого уровня в контексте общей цели управления развитием предприятия — сохранение устойчивости.

Система прогнозирования и управления политикой развития предприятия — этот уровень занимается добычей и обработкой информации о тенденциях в сферах, оказывающих прямое или косвенное влияние на развитие предприятия. СПУР изменяет политику предприятия для обеспечения устойчивости под воздействием систем, на развитие которых, в соответствии с разработанной классификацией, предприятие не может оказать воздействие, с учетом тенденций во всех остальных подсистемах ПСС.

Нетрудно изменить политику предприятия, сложно сделать это так, чтобы изменение привело к устойчивости предприятия в перспективе. О трудности этой задачи говорит тот факт, что некоторые предприятия предпочитают тратить огромные деньги на попытки оказать влияние на эти системы (лоббирование своих интересов в государственных институтах, вложение в фундаментальные исследования и т. п.). Так как в работе рассматривается предприятие, которое имеет ограниченное количество финансовых ресурсов для попыток осуществить влияние на государственные и другие институты более высокого порядка, в данном случае необходимо решить задачу о построении системы прогнозирования и управления политикой развития предприятия для обеспечения устойчивости под воздействием названных систем.

Функциями СПУР для обеспечения выполнения поставленной задачи будут:

1. Прогнозирование — анализ развития внешней системы и формирование прогнозов тенденций ее развития (A11–A16).
2. Целеполагание — выбор оптимальной цели развития предприятия и формирование на ее основе политики развития (A17). Разработка базовых стратегий, реализующих выбранную политику развития (A18).

На первом этапе функционирования отделы СПУР обрабатывают поступающую информацию из государственных (A11), общественных (A12) и научно-технических источников (A13). Анализируется влияние систем друг на друга, например, отдел по научно-техническому развитию оценивает влияние изменений в НТП на развитие государственных органов (Sg), влияние общества на развитие государственных органов (Ng) и т. д. Вырабатывается прогноз развития внешних подсистем ВПС.

На втором этапе работы СПУР на основании информации первого этапа строятся долгосрочные прогнозы развития поставщиков (A14), потребителей (A16), конкурентов (A16). Формируются два-три наиболее возможных сценарных варианта развития предприятия.

На третьем этапе (A17) из всех вариантов развития руководством выбирается наилучший, на основании которого разрабатывается политика развития предприятия.

Четвертый этап (A18) — на основании прогнозов второго этапа для утвержденной Политики развития разрабатывается набор базовых стратегий реализации этой политики.

Набор базовых политик включает в себя, например, следующие две:

1. Политика интенсивного развития — уменьшение затрат
- 1.2. Политика экстенсивного развития — увеличение доходов, связанная с увеличением объемов продаж

Каждая политика может реализовываться посредством различных наборов базовых стратегий. Каждая стратегия может иметь различные реализации:

1. Стратегии, входящие в политику интенсивного развития:

- 1.1 обновление технологий
  - 1.1.1 обновление оборудования
  - 1.1.2 оптимизация методов обработки
  - 1.1.3 привлечение классных специалистов
- 1.2 уменьшение затрат на сырье
  - 1.2.1 поиск новых партнеров
  - 1.2.2 переговоры об уменьшении цен (скидки, долгосрочные соглашения)
  - 1.2.3 смена сырья

2. Стратегии, входящие в политику экстенсивного развития:

- 1.1 увеличением объемов продаж
  - 1.1.1 поиск новых рынков
  - 1.1.2 производство обновленной версии продукта
- 1.2 увеличение цен
  - 1.2.1 интенсивная реклама
  - 1.2.2 дискредитация конкурентов

Для устойчивого функционирования системы обязательно необходимо существование второго уровня, реализующего выбор конкретной стратегии и ее реализации.

**Система управления устойчивостью предприятия.** Если целью СПУР является изменение политики предприятия для обеспечения устойчивости под воздействием внешней системы, то СУУ имеет своей целью обеспечение устойчивого положения предприятия в рамках реализуемой политики. Система управления устойчивостью функционирует под

управлением СПУР в виде набора стратегий развития предприятия, реализующих принятую политику. Решение о реализации конкретной стратегии принимается на основании анализа информации, полученной из подсистем, входящих в ПСС.

Таким образом, функции СУУ для реализации цели по обеспечению устойчивости предприятия следующие:

1. Планирование — на основании анализа информации, полученной из рыночной системы, проводится выбор оптимальной стратегии на текущий момент времени. Разработка мероприятий по реализации выбранной стратегии.
2. Организация — распределение ресурсов предприятия согласно разработанному плану реализации выбранной стратегии.

На первом этапе функционирования СУУ обрабатывает информацию, полученную от конкурентов (А22), поставщиков (А21), потребителей (А23). Отделы, отвечающие за обработку информации, например о конкурентах (*К*), оценивают влияние на их деятельность ситуации на рынках поставщиков (*Мк*) и потребителей (*Цк*). На основании полученной в результате анализа информации вырабатывается краткосрочный прогноз развития каждой из подсистем ПСС.

Второй этап — прогнозирование (А24) на основании результатов первого этапа функционирования предприятия. Проводится анализ устойчивости функционирования предприятия.

Третий этап — из базовых стратегий развития предприятия, выработанных системой прогнозирования и управления развитием предприятия, выбирается та, которая наилучшим образом обеспечит устойчивость предприятия.

Четвертый этап (А25) — непосредственно управление устойчивостью — перевод предприятия на те параметры, которые обеспечивают устойчивость (или реализация выбранной на предыдущем этапе стратегии).

**Построение структуры системы управления предприятием.** Общая система управления предприятием складывается из управления устойчивостью к внешним воздействиям и управлением производственным процессом непосредственно. В состав системы входят органы, обеспечивающие выполнение следующих функций:

1. Координация — согласование ресурсов и исполнителей по времени.
2. Мотивация — корректировка функционирования исполнителей.

В состав всех уровней СУ должны входить элементы, обеспечивающие собственно управление (обратную связь); контроль — сбор информации об отклонениях от нормального функционирования и их корректировка.

### **8.5. Общая схема изучения устойчивости в математических моделях организационно-экономических явлений и процессов**

*Понятие «организационно-экономическая устойчивость предприятия».* Понятие «устойчивость» пришло в экономическую науку из математики, где изначально имело следующее значение (определение А.М. Ляпунова).

Определение. Система устойчива, если

$$\forall \varepsilon \exists \delta(\varepsilon):$$

$$\|\bar{x}(0) - \bar{x}^0(0)\| < \delta(\varepsilon) \Rightarrow \|\bar{x}(t) - \bar{x}^0(t)\| < \varepsilon$$

т. е. если малым возмущениям внешней системы соответствуют малые возмущения рассматриваемой системы, то такая система считается устойчивой.

В экономике понятие организационно-экономической устойчивости предприятия введено следующим образом:

«...способность сохранять финансовую стабильность предприятия при постоянном изменении рыночной конъюнктуры путем совершенствования и целенаправленного развития его производственно-технологической и организационной структуры ...» [1]

Таким образом, стремление сохранять свое положение на рынке подразумевает комплекс мер по поддержанию стабильного положения предприятия под воздействием внешней среды, т. е. создание системы управления, отслеживающей изменения внешней системы и обеспечивающей выработку управляющих воздействий, поддерживающих предприятие на желательном уровне развития.

Целесообразно рассмотреть общее представление об устойчивости, сложившееся в современной науке.

**Устойчивость математических моделей.** Проблемам познания, в том числе в технических исследованиях, естественнонаучных и социально-экономических областях, посвящено огромное количество работ. Однако это не значит, что обо всем в этой области уже все сказано. А о некоторых положениях целесообразно говорить еще и еще раз, пока они не станут общеизвестными.

В идеале каждую модель порождения и анализа данных следовало бы рассматривать как аксиоматическую теорию. В этом идеальном случае создание и использование модели происходит в соответствии с известной триадой «практика — теория — практика». А именно, сначала вводятся некоторые математические объекты, соответствующие интересующим исследователя реальным объектам, и на основе представлений о свойствах реальных объектов формулируются необходимые для успешного моделирования свойства математических объектов, которые и принимаются в качестве аксиом. Затем аксиоматическая теория развивается как часть математики, вне связи с представлениями о реальных объектах. На заключительном этапе полученные в математической теории результаты интерпретируются содержательно. Получаются утверждения о реальных объектах, являющиеся следствиями тех и только тех их свойств, которые ранее были аксиоматизированы.

После построения математической модели реального явления или процесса встает вопрос об ее адекватности. Иногда ответ на этот вопрос может дать эксперимент. Рассогласование модельных и экспериментальных данных следует интерпретировать как признак неадекватности некоторых из принятых аксиом. Однако для проверки адекватности соци-

ально-экономических моделей зачастую невозможно поставить решающий эксперимент в отличие, скажем, от физических моделей. С другой стороны, для одного и того же явления или процесса, как правило, можно составить много возможных моделей, если угодно, много разновидностей одной базовой модели. Поэтому необходимы какие-то дополнительные условия, позволяющие из множества возможных моделей и эконометрических методов анализа данных выбрать наиболее подходящие. В качестве одного из подобных условий выдвигается требование *устойчивости* модели и метода анализа данных относительно допустимых отклонений исходных данных и предпосылок модели или условий применимости метода.

В большинстве случаев исследователей и практических работников интересуют не столько сами модели и методы, сколько решения, которые с их помощью принимаются. Ведь модели и методы для того и разрабатываются, чтобы подготавливать решения. Вместе с тем очевидно, что решения, как правило, принимаются в условиях неполноты информации. Так, любые числовые параметры известны лишь с некоторой точностью. Введение в рассмотрение возможных неопределенностей исходных данных требует каких-то заключений относительно устойчивости принимаемых решений по отношению к этим допустимым неопределенностям.

Введем основные понятия согласно монографии [16]. Будем считать, что имеются *исходные данные*, на основе которых принимаются *решения*. Способ переработки (отображения) исходных данных в решение назовем *моделью*. С общей точки зрения модель — это функция, переводящая исходные данные в решение, т. е. способ перехода значения не имеет. Очевидно, любая рекомендуемая для практического использования модель должна быть исследована *на устойчивость* относительно допустимых отклонений исходных данных. Укажем некоторые возможные применения результатов подобного исследования:

- заказчик научно-исследовательской работы получает представление о точности предлагаемого решения;
- удается выбрать из многих моделей наиболее адекватную;
- по известной точности определения отдельных параметров модели удастся указать необходимую точность нахождения остальных параметров;
- переход к случаю «общего положения» позволяет получать более сильные с математической точки зрения результаты.

*Примеры.* По каждому из четырех перечисленных возможных применений в [16, 18] приведены различные примеры. В прикладной статистике точность предлагаемого решения связана с разбросом исходных данных и с объемом выборки. Выбору наиболее адекватной модели посвящены многие рассуждения в монографии по прикладной статистике [19], связанные с обсуждением моделей однородности и регрессии. Использование рационального объема выборки в статистике интервальных данных исходит из принципа уравнивания погрешностей. Этот принцип основан на том, что по известной точности определения отдельных параметров модели удастся указать необходимую точность нахождения остальных параметров. Другой пример применения принципа уравнивания погреш-



ностей — нахождение необходимой точности оценивания параметров в моделях логистики, рассмотренных в главе 5 монографии [16]. Наконец, переходом к случаю «общего положения» в прикладной статистике является переход к непараметрическим методам. Он необходим из-за невозможности обосновать принадлежность результатов наблюдений к тем или иным параметрическим семействам.

Специалисты по математическому моделированию и теории управления считают устойчивость одной из важных характеристик технических, социально-экономических, медицинских и иных моделей. Достаточно глубокие исследования ведутся по ряду направлений.

Первоначальное изучение влияния малого изменения одного параметра обычно называют *анализом чувствительности*. Оно описывается значением частной производной. Если модель задается дифференцируемой функцией, итог анализа чувствительности — вектор значений частных производных в анализируемой точке.

Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений развивается по крайней мере с XIX в. [20]. Выработаны соответствующие понятия — устойчивость по Ляпунову, корректность, доказаны глубокие теоремы. Для решения некорректных задач академиком АН СССР А.Н. Тихоновым в начале 1960-х гг. предложен метод регуляризации. Модели явлений и процессов, выражаемые с помощью дифференциальных уравнений, могут быть исследованы на устойчивость путем применения хорошо разработанного математического аппарата.

Вопросы устойчивости изучались практически во всех направлениях прикладных математических методов — и в математическом программировании, и в теории массового обслуживания (теории очередей), и в эколого-экономических моделях, и в различных областях эконометрики.

**Общая схема устойчивости.** Прежде чем переходить к конкретным постановкам, обсудим «общую схему устойчивости», дающую понятийную базу для обсуждения проблем устойчивости в различных предметных областях.

*Определение 1.* Общей схемой устойчивости называется объект  $\{A, B, d, f, E\}$ .

Здесь  $A$  — множество, интерпретируемое как пространство исходных данных;  $B$  — множество, называемое пространством решений. Однозначное отображение  $f: A \rightarrow B$  называется моделью. Об этих трех составляющих общей схемы устойчивости уже шла речь выше.

Оставшиеся два понятия нужны для уточнения понятий близости в пространстве исходных данных и пространстве решений. Подобные уточнения могут быть сделаны разными способами. Самое «слабое» уточнение — на языке топологических пространств. Тогда возможны качественные выводы (сходится — не сходится), но не количественные расчеты. Самое «сильное» уточнение — на языке метрических пространств. Промежуточный вариант — используются показатели различия (отличаются от метрик тем, что необязательно выполняются неравенства треугольника) или вводимые ниже понятия.

Пусть  $d$ -показатель устойчивости, т. е. неотрицательная функция, определенная на подмножествах  $Y$  множества  $B$  и такая, что из  $Y_1 \subseteq Y_2$  вытекает  $d(Y_1) \leq d(Y_2)$ . Часто пока-

затель устойчивости  $d(Y)$  определяется с помощью метрики, псевдометрики или показателя различия (меры близости)  $\rho$  как диаметр множества  $Y$ , т. е.

$$d(Y) = \sup\{\rho(y_1, y_2), y_1 \in Y, y_2 \in Y\}.$$

Таким образом, говоря попросту, в пространстве решений с помощью показателя устойчивости вокруг образа исходных данных может быть сформирована система окрестностей. Но сначала надо такую систему сформировать в пространстве исходных данных.

Пусть  $E = \{E(x, \alpha), x \in A, \alpha \in \Theta\}$  — совокупность допустимых отклонений. Т. е. система подмножеств множества  $A$  такая, что каждому элементу множества исходных данных  $x \in A$  и каждому значению параметра  $\alpha$  из некоторого множества параметров  $\Theta$  соответствует подмножество  $E(x, \alpha)$  множества исходных данных. Оно называется множеством допустимых отклонений в точке  $x$  при значении параметра, равном  $\alpha$ . Наглядно можно представить себе, что вокруг точки  $x$  взята окрестность радиуса  $\alpha$ .

*Определение 2.* Показателем устойчивости в точке  $x$  при значении параметра, равном  $\alpha$ , называется число

$$\beta(x, E(x, \alpha)) = d(f(E(x, \alpha))).$$

Другими словами, это — диаметр образа множества допустимых колебаний при рассматриваемом в качестве модели отображении. Очевидно, что этот показатель устойчивости зависит как от исходных данных, так и от диаметра множества возможных отклонений в исходном пространстве. Для непрерывных функций показатель устойчивости обычно называется модулем непрерывности.

Естественно посмотреть, насколько сузится образ окрестности возможных отклонений при максимально возможном сужении этой окрестности.

*Определение 3.* Абсолютным показателем устойчивости в точке  $x$  называется число

$$\beta(x, E) = \inf\{\beta(x, E(x, \alpha)), \alpha \in \Theta\}.$$

Если функция  $f$  непрерывна, а окрестности — именно те, о которых идет речь в математическом анализе, то максимальное сужение означает сужение к точке и абсолютный показатель устойчивости равен 0. Но в теории измерений и статистике интервальных данных мы сталкиваемся с совсем иными ситуациями. В теории измерений окрестностью исходных данных являются все те вектора, что получаются из исходного путем преобразования координат с помощью допустимого преобразования шкалы, а допустимое преобразование шкалы берется из соответствующей группы допустимых преобразований. В статистике интервальных данных под окрестностью исходных данных естественно понимать — при описании выборки — куб с ребрами  $2\Delta$  и центром в исходном векторе. И в том, и в другом случае максимальное сужение не означает сужение к точке.

Естественным является желание ввести характеристики устойчивости на всем пространстве. Не вдаваясь в математические тонкости (см. о них монографию [16]), рассмотрим меру  $\mu$  на пространстве  $A$  такую, что мера всего пространства равна 1 (т. е.  $\mu(A) = 1$ ).

*Определение 4.* Абсолютным показателем устойчивости на пространстве исходных данных  $A$  по мере  $\mu$  называется число

$$\gamma(\mu) = \int_A \beta(x, E) d\mu.$$

Здесь имеется в виду интеграл Лебега. Интегрирование проводится по (абстрактному) пространству исходных данных  $A$  по мере  $\mu$ . Естественно, должны быть выполнены некоторые внутриматематические условия. Читателю, не знакомому с интегрированием по Лебегу, достаточно мысленно заменить в предыдущей формуле интеграл на сумму (а пространство  $A$  считать конечным, хотя и состоящим из большого числа элементов).

*Определение 5.* Максимальным абсолютным показателем устойчивости называется

$$\gamma = \sup\{\beta(x, E), x \in A\}.$$

Легко видеть, что  $\gamma = \sup \gamma(\mu)$ , где супремум берется по всем описанным выше мерам.

Итак, построена иерархия показателей устойчивости математических моделей реальных явлений и процессов. Она с успехом использовалась в различных исследованиях, подробно развивалась, в частности, в монографии [16]. Приведем еще одно полезное определение.

*Определение 6.* Модель  $f$  называется абсолютно  $\varepsilon$ -устойчивой, если  $\gamma \leq \varepsilon$ , где  $\gamma$  — максимальный абсолютный показатель устойчивости.

*Пример.* Если показатель устойчивости формируется с помощью метрики  $\rho$ , совокупность допустимых отклонений  $E$  — это совокупность всех окрестностей всех точек пространства исходных данных  $A$ , то 0-устойчивость модели  $f$  эквивалентна непрерывности модели  $f$  на множестве  $A$ .

Основная проблема в общей схеме устойчивости — проверка  $\varepsilon$ -устойчивости данной модели  $f$  относительно данной системы допустимых отклонений  $E$ .

Часто оказываются полезными следующие два обобщения основной проблемы.

**Проблема А** (характеризации устойчивых моделей). Даны пространство исходных данных  $A$ , пространство решений  $B$ , показатель устойчивости  $d$ , совокупность допустимых отклонений  $E$  и неотрицательное число  $\varepsilon$ . Описать достаточно широкий класс  $\varepsilon$ -устойчивых моделей  $f$ . Или: найти все  $\varepsilon$ -устойчивые модели среди моделей, обладающих данными свойствами, т. е. входящих в данное множество моделей.

**Проблема Б** (характеризации систем допустимых отклонений). Даны пространство исходных данных  $A$ , пространство решений  $B$ , показатель устойчивости  $d$ , модель  $f$  и неотрицательное число  $\varepsilon$ . Описать достаточно широкий класс систем допустимых отклонений  $E$ , относительно которых модель  $f$  является  $\varepsilon$ -устойчивой. Или: найти все такие системы допустимых отклонений  $E$  среди совокупностей допустимых отклонений, обладающих данными свойствами, т. е. входящих в данное множество совокупностей допустимых отклонений.

Ясно, что проблемы А и Б можно рассматривать не только для показателя устойчивости  $\gamma$ , но и для других только что введенных показателей устойчивости, а именно,

$$\gamma(\mu), \beta(x, E), \beta(x, E(x, \alpha)).$$

Язык общей схемы устойчивости позволяет описывать конкретные задачи специализированных теорий устойчивости в различных областях исследований, выделять основные элементы в них, ставить проблемы типа А и Б. В частности, на этом языке легко формулируются задачи теории устойчивости решений дифференциальных уравнений, теории робастности статистических процедур, проблемы адекватности теории измерений, достигаемой точности расчетов в статистике интервальных данных и в логистике (см. монографию [16]), и т. д.

Для примера рассмотрим определение устойчивости по Ляпунову решения  $\varphi(t, x)$  нормальной автономной системы дифференциальных уравнений  $\dot{y} = g(y)$  с начальными условиями  $\varphi(0, x) = x$ . Здесь пространство исходных данных  $A$  — конечномерное евклидово пространство, множество допустимых отклонений  $E(x, \alpha)$  — окрестность радиуса  $\alpha$  точки  $x \in A$ , пространство решений  $B$  — множество функций на луче  $[0; +\infty)$  с метрикой

$$\rho(y_1, y_2) = \sup_{t \geq 0} |y_1(t) - y_2(t)|.$$

Модель  $f$  — отображение, переводящее начальные условия  $x$  в решение системы дифференциальных уравнений с этими начальными условиями  $\varphi(t, x)$ .

В терминах общей схемы устойчивости положение равновесия  $a$  называется *устойчивым по Ляпунову*, если  $\beta(a, E) = 0$ . Для формулировки определения асимптотической устойчивости по Ляпунову надо ввести в пространстве решений  $B$  псевдометрику

$$\rho_1(y_1, y_2) = \overline{\lim}_{t \rightarrow \infty} |y_1(t) - y_2(t)|.$$

Положение равновесия  $a$  называется асимптотически устойчивым, если  $\beta_1(a, E(a, \varepsilon)) = 0$  для некоторого  $\varepsilon > 0$ , где показатель устойчивости  $\beta_1$  рассчитан с использованием псевдометрики  $\rho_1$ .

Таким образом, общая схема устойчивости естественным образом включает в себя классические понятия теории устойчивости по Ляпунову. Вместе с тем стоит отметить, что эта схема дает общий подход к различным проблемам устойчивости. Она дает систему понятий, которые в каждом конкретном случае должны приспособиваться к решаемой задаче.

До настоящего момента для определенности речь шла о допустимых отклонениях в пространстве исходных данных. Часто оказывается необходимым говорить и об отклонениях от предпосылок модели. С чисто формальной точки зрения для этого достаточно расширить понятие «исходные данные» до пары  $(x, f)$ , т. е. включив «прежнюю» модель в качестве второго элемента пары. Все остальные определения остаются без изменения. Те-

перь отклонения в пространстве решений вызываются не только отклонениями в исходных данных  $x$ , но и отклонениями от предпосылок модели, т. е. отклонениями  $f$ .

**Устойчивость по отношению к объему выборки.** Различные асимптотические постановки в прикладной статистике также естественно рассматривать как задачи устойчивости. Если при безграничном возрастании объема выборки некоторая величина стремится к пределу, то в терминах общей схемы устойчивости это означает, что она 0-устойчива в соответствующей псевдометрике (см. выше обсуждение асимптотической устойчивости по Ляпунову). С содержательной точки зрения употребление термина «устойчивость» в такой ситуации представляется вполне оправданным, поскольку рассматриваемая величина мало меняется при изменении объема выборки.

Рассмотрим проблему и методы оценки близости предельных распределений статистик и распределений, соответствующих конечным объемам выборок. При каких объемах выборок уже можно пользоваться предельными распределениями? Каков точный смысл термина «можно» в предыдущей фразе? Основное внимание уделяется переходу от точных формул допредельных распределений к пределу и применению метода статистических испытаний (Монте-Карло).

Начнем с обсуждения взаимоотношений асимптотической математической статистики и практики анализа статистических данных. Как обычно подходят к обработке реальных данных в конкретной задаче? Первым делом строят статистическую модель. Если хотят перенести выводы с совокупности результатов наблюдений на более широкую совокупность, например, предсказать что-либо, то рассматривают, как правило, вероятностно-статистическую модель. Например, традиционную модель выборки, в которой результаты наблюдений — реализации независимых (в совокупности) одинаково распределенных случайных величин. Очевидно, *любая модель лишь приближенно соответствует реальности*. В частности, естественно ожидать, что распределения результатов наблюдений несколько отличаются друг от друга, а сами результаты связаны между собой, хотя и слабо.

Итак, первый этап — переход от реальной ситуации к математической модели. Далее — неожиданность: на настоящем этапе своего развития математическая теория статистики зачастую не позволяет провести необходимые исследования для имеющихся объемов выборок. Более того, отдельные математики пытаются оправдать свой отрыв от практики сообщениями о структуре этой теории, на первый взгляд убедительными. Неосторожная давняя фраза Б.В. Гнеденко и А.Н. Колмогорова: «Познавательная ценность теории вероятностей раскрывается только предельными теоремами» (см. классическую монографию [4], одну из наиболее ценных математических книг XX в.) взята на вооружение и более близкими к нам по времени авторами. Так, И.А. Ибрагимов и Р.З. Хасьминский пишут: «Решение неасимптотических задач оценивания, хотя и весьма важное само по себе, как правило, не может являться объектом достаточно общей математической теории. Более того, соответствующее решение часто зависит от конкретного типа распределения, объема выборки и т. д. Так, теория малых выборок из нормального закона будет отличаться от теории малых выборок из закона Пуассона» [6, с. 7].

Согласно цитированным и подобным им авторам, основное содержание математической теории статистики — предельные теоремы, полученные в предположении, что объемы рассматриваемых выборок стремятся к бесконечности. Эти теоремы опираются на предельные соотношения теории вероятностей типа Закона Больших Чисел и Центральной Предельной Теоремы. Подобные утверждения относятся к математике, т. е. к сфере чистой абстракции, и не могут быть непосредственно применены для анализа реальных данных. Их практическое использование, о котором «чистые» математики предпочитают не думать, опирается на важное предположение: «При данном объеме выборки достаточно точными являются асимптотические формулы».

Конечно, в качестве первого приближения представляется естественным воспользоваться асимптотическими формулами. Но это — лишь начало долгой цепи исследований. Как же обычно преодолевают разрыв между результатами асимптотической математической статистики и потребностями практики статистического анализа данных? Какие «подводные камни» подстерегают на этом пути?

**Точные формулы и асимптотика.** Начнем с наиболее продвинутой в математическом плане ситуации, когда для статистики известны как предельное распределение, так и распределения при конечных объемах выборки.

Примером является двухвыборочная односторонняя статистика Н.В. Смирнова. Рассмотрим две независимые выборки объемов  $m$  и  $n$  из непрерывных функций распределения  $F(x)$  и  $G(x)$  соответственно. Для проверки гипотезы однородности двух выборок  $H_0: F(x) = G(x)$  для всех действительных чисел  $x$  в 1939 г. Н.В. Смирнов в статье [22] предложил использовать статистику

$$D^+(m, n) = \sup (F_m(x) - G_n(x)),$$

где  $F_m(x)$  — эмпирическая функция распределения, построенная по первой выборке,  $G_n(x)$  — эмпирическая функция распределения, построенная по второй выборке, супремум берется по всем действительным числам  $x$ . Для обсуждения проблемы соотношения точных и предельных результатов ограничимся случаем равных объемов выборок, т. е.  $m = n$ . Положим

$$H(n, t) = P(D^+(n, n) \geq \frac{t}{\sqrt{n}}).$$

В цитированной статье [22] Н.В. Смирнов установил, что при безграничном возрастании объема выборки  $n$  вероятность  $H(n, t)$  стремится к  $\exp(-t^2)$ .

В работе [5] 1951 г. Б.В. Гнеденко и В.С. Королюк показали, что при целом  $c = t\sqrt{n}$  (именно при таких  $t$  вероятность  $H(n, t)$  как функция  $t$  имеет скачки, поскольку статистика Смирнова  $D^+(n, n)$  кратна  $1/n$ ) рассматриваемая вероятность  $H(n, t)$  выражается через биномиальные коэффициенты, а именно,

$$H(n, t) = \frac{\binom{2n}{n-c}}{\binom{2n}{n}}. \quad (8.36)$$

К сожалению, непосредственные расчеты по формуле (8.36) возможны лишь при сравнительно небольших объемах выборок, поскольку величина  $n!$  ( $n$ -факториал) уже при  $n = 100$  имеет более 200 цифр и не может быть без преобразований использована в вычислениях. Следовательно, наличие точной формулы для интересующей нас вероятности не снимает необходимости использования предельного распределения и изучения точности приближения с его помощью.

Широко известная формула Стирлинга для гамма-функции и, в частности, для факториалов позволяет преобразовать последнее выражение в асимптотическое разложение. То есть построить бесконечный степенной ряд (по степеням  $n$ ), такой, что каждая следующая частичная сумма дает все более точное приближение для интересующей нас вероятности  $H(x, t)$ . Это сделано в работе А.А. Боровкова 1962 г. Большое количество подобных разложений для различных статистических задач приведено в работах В.М. Калинина и О.В. Шалаевского конца 1960-х — начала 1970-х гг. (Интересно отметить, что асимптотические разложения в ряде случаев расходятся, т.е. остаточные члены имеют нетривиальную природу.)

Затем в работах конца семидесятых годов сделана попытка теоретически оценить остаточный член второго порядка. Итоги подведены в монографии [16, §2.2, с.37-45]. Справедливо равенство

$$H(n, t) = \exp(-t^2) \cdot (1 + f(t)/n + g(n,t)/n^2),$$

где

$$f(t) = t^2 (1/2 - t^2/6).$$

Целью последних из названных работ было получение равномерных по  $n, t$  оценок остаточного члена второго порядка  $g(n,t)$  сверху и снизу в области, задаваемой условиями

$$0 < \frac{t}{\sqrt{n}} < A, \quad 0 < t < t_{\max}, \quad n \geq n_0. \quad (8.37)$$

где  $A, t_{\max}, n_0$  — некоторые параметры. С помощью длинных цепочек оценок остаточных членов в формулах, получаемых при преобразовании формулы (8.36) к предельному виду, сформулированная выше цель была достигнута. Для различных наборов параметров  $A, t_{\max}, n_0$  получены равномерные по  $n, t$  оценки (сверху и снизу) остаточного члена второго порядка  $g(n,t)$  в области (8.37). Так, например, при  $A = 0,5, t_{\max} = 1,73, n_0 = 8$  нижняя граница равна (-0,71), а верхняя есть 2,65.

Основные недостатки такого подхода:

- зависимость оценок от параметров  $A, t_{\max}, n_0$ , задающих границы областей;
- завышение оценок, иногда в сотни раз, обусловленное желанием получить равномерные оценки по области (оценкой реальной погрешности в конкретной точке является значение следующего члена асимптотического разложения).

Поэтому при составлении рассчитанной на практическое использование методики [15] проверки однородности двух выборок с помощью статистики Смирнова было решено перейти на несколько другую методологию (назовем ее «методологией заданной точности»), которую кратко можно описать следующим образом:

- 1) выбирается достаточно малое положительное число  $p$ , например  $p = 0,05$  или  $p = 0,20$ ;
- 2) приводятся точные значения  $H(n, t)$  для всех значений  $n$  таких, что

$$|H(n, t) - \exp(-t^2)| > p \exp(-t^2);$$

- 3) если же последнее неравенство не выполнено, то используется вместо  $H(n, t)$  предельное значение  $\exp(-t^2)$ .

Принятая в методике [15] методология предполагает интенсивное использование вычислительной техники. Результатами расчетов являются *границные значения* объемов выборок  $n(p, t)$  такие, что при меньших значениях объемов выборок рекомендуется пользоваться точными значениями функции распределения статистики Смирнова, а при больших — предельными. Описывается этот результат таблицей, а не формулой. При построении реальных таблиц не обойтись без выбора того или иного конкретного значения  $p$ , задающего объемы таблиц.

**Оценки скорости сходимости.** Теоретические оценки скорости сходимости в различных задачах прикладной математической статистики иногда формулируются в весьма абстрактном виде. Так, в 1960—1970-х гг. была популярна задача оценки скорости сходимости распределения классической статистики омега-квадрат (Крамера-Мизеса-Смирнова). Для максимума модуля разности допредельной и предельной функций распределения этой статистики различные авторы доказывали, что для любого  $e > 0$  существует константа  $C(e)$ , такая, что он не превосходит  $C(e)n^{-w+e}$ . Прогресс состоял в увеличении константы  $w$ . Сформулированный выше результат был доказан последовательно для  $w = 1/10, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2$  и  $1$  [16].

Конечно, все эти исследования не могли дать конкретных практических рекомендаций. Однако необходимой исходной точкой является само существование предельного распределения. Представим себе, что некто, не зная, что у распределения Коши нет математического ожидания, моделирует выборочные средние арифметические результатов наблюдений из этого распределения. Ясно, что его попытки оценить скорость сходимости выборочных средних к пределу обречены на провал.

Последовательное улучшение теоретических оценок скорости сходимости дает надежду на быструю реальную сходимость. Действительно, численные расчеты показали, что предельным распределением для статистики омега-квадрат (Крамера-Мизеса-Смирнова) можно пользоваться уже при объеме выборки, равном 4.

**Использование датчиков псевдослучайных чисел.** Если же предельное распределение известно, то возникает возможность изучить скорость сходимости численно методом статистических испытаний (Монте-Карло). Однако при этом обычно возникают две проблемы.

*Во-первых*, откуда известно, что скорость сходимости монотонна? Если при данном объеме выборки различие мало, то будет ли оно мало и при дальнейших объемах? Ино-



гда отклонения допредельного распределения от предельного объясняются довольно сложными причинами. Так, для распределения хи-квадрат они связаны с рядом до сих пор не решенных теоретико-числовых проблем о числе целых точек в эллипсоиде растущего диаметра.

*Во-вторых*, с помощью датчиков псевдослучайных чисел получаем допредельные распределения с погрешностью, которая может преуменьшать различие. Поясним мысль аналогией. Растущий сигнал измеряется с погрешностями. Когда можно гарантировать, что его величина наверняка превзошла заданную границу?

Напомним, что проблема качества датчиков псевдослучайных чисел продолжает оставаться открытой (см. главу 11 в [18]). Для моделирования в пространствах фиксированной размерности датчики псевдослучайных чисел решают поставленные задачи. Но для рассматриваемых здесь задач размерность не фиксирована — мы не знаем, при каком конкретно объеме выборки можно переходить к предельному распределению согласно «методологии заданной точности».

Нужны дальнейшие работы по изучению качества датчиков псевдослучайных чисел в задачах неопределенной размерности. Поскольку критиков датчиков обычно обвиняют в том, что они сами их не используют, отметим, что мы применяли этот инструмент при изучении помех, создаваемых электровозами (см. монографию [16]), при изучении статистических критериев проверки однородности двух выборок (см. работу [9]).

**А нужна ли вообще асимптотика?** В настоящее время развивается актуальное направление прикладной статистики, связанное с интенсивным использованием вычислительной техники для изучения свойств статистических процедур. Как уже отмечалось, математические методы в статистике обычно позволяют получать лишь асимптотические результаты, и для переноса выводов на конечные объемы выборок приходится применять вычислительные методы. Например, в Новосибирском государственном техническом университете разработан и активно применяется подход, основанный на интенсивном использовании современной вычислительной техники. Основная идея такова: в качестве альтернативы асимптотическим методам математической статистики используется анализ результатов статистического моделирования (порядка 2000 испытаний) выборок конкретных объемов (200, 500, 1000). При этом анализ предельных распределений заменяется на анализ распределений соответствующих статистик при указанных объемах выборок.

К достоинствам этого подхода относится возможность замены теоретических исследований расчетами. Разработанная программная система дает (в принципе) возможность численно изучить свойства любого статистического алгоритма для любого конкретного распределения результатов наблюдений и любого конкретного объема выборки. Недостатки рассматриваемого подхода: зависимость от свойств датчиков псевдослучайных чисел; неизвестность предельного распределения (и даже самого факта его существования), а потому невозможность обоснованного переноса полученных выводов на объемы выборок, отличные от исследованных. Поэтому с точки зрения теории математической статисти-

стики полученные рассматриваемым способом результаты следует рассматривать как правдоподобные (а не доказательные, как в классической математической статистике).

Кроме того, они принципиально неточные. Даже в наиболее благоприятных условиях отклонение (в метрике «супремум разности») смоделированного распределения, построенного по 2000 испытаниям, от теоретического предельного распределения может достигать  $1,358 (1/2000)^{1/2} = 0,030$ . Это означает, что процентные точки, соответствующие уровням значимости 0,05 и особенно 0,01, могут сильно отличаться от соответствующих процентных точек предельных распределений. Очевидно, следующий этап работ — изучение точности полученных в рассматриваемом подходе выводов, прежде всего приближений и процентных точек.

Весьма полезными и интересными являются результаты, касающиеся непараметрических критериев согласия и построения оптимального группирования, в частности, при использовании критериев типа хи-квадрат.

В работе [11] сравниваются два плана контроля надежности технических изделий. Оказывается, что при объемах выборки, меньших 150, лучше первый план, а при объемах, больших 150 — второй. Значит, если бы по новосибирскому методу сравнивались эти планы при достаточно большом объеме выборки  $n=100$ , то лучшим был бы признан первый план, что неверно — наступит момент (объем выборки), когда лучшим станет второй план.

Другая относящаяся к делу ассоциация — из весьма содержательной монографии о прикладной математике [2]. Будем суммировать бесконечный ряд с членами  $z_n = 1/n$ . Поскольку члены его убывают, то обычно используемые алгоритмы остановят вычисления на каком-то шагу. А сумма-то — бесконечна!

Кажется, что компьютер дал универсальную отмычку ко всем проблемам вообще и в области прикладной статистики в частности. Но это только кажется.

**Принцип уравнивания погрешностей:** погрешности различной природы должны вносить примерно одинаковый вклад в общую погрешность математической модели. Так, определение рационального объема выборки в статистике интервальных данных основано на уравнивании влияния метрологической и статистической погрешностей. Согласно подходу [16], выбор числа градаций в социологических анкетах целесообразно проводить на основе уравнивания погрешностей квантования и неопределенности в ответах респондентов. В классической модели управления запасами целесообразно уравнивать влияние неточностей в определении параметров на отклонение целевой функции от оптимума. Из принципа уравнивания погрешностей следует, что относительные погрешности определения параметров модели должны совпадать. Погрешность, порожденная отклонением спроса от линейного, оценивается по данным об отпуске товаров. Это дает возможность оценить допустимые отклонения для других параметров. В частности, установить, что расхождения между методиками не являются существенными [16].

В терминах общей схемы устойчивости рассмотрим для простоты записи случай двух параметров. Пусть  $A = [0, \infty) \times [0, \infty)$  и  $E(x, \alpha) = E(x, (\varepsilon, \delta))$ , где  $\varepsilon > 0$  и  $\delta > 0$  задают точность определения соответствующих параметров, так что  $E(x, (\varepsilon_1, \delta_1)) \subseteq E(x, (\varepsilon_2, \delta_2))$  при  $\varepsilon_1 \leq \varepsilon_2$ ,

$\delta_1 \leq \delta_2$ . Пусть  $\varepsilon$  задано, а  $\delta$  исследователь может выбрать, причем известно, что уменьшение  $\delta$  связано с увеличением расходов. Как выбирать  $\delta$ ? Представляется естественным «уравнять» отклонения, порожденные различными параметрами, т. е. определить  $\delta$  из условия

$$\beta(x, E(x, (\varepsilon, \delta))) - \beta(x, E(x, (\varepsilon, 0))) \approx \beta(x, E(x, (0, \delta))). \quad (8.38)$$

Если затраты и полезный эффект точно известны, то  $\delta$  можно определить путем решения соответствующей оптимизационной задачи. В противном случае соотношение (8.38) предлагается использовать в качестве эвристического правила.

## **Литература к главе 8**

1. Анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятий (объединений): Учебник / Под ред. В.А. Раевского. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 415 с.
2. Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Я.Г. Механика и прикладная математика: Логика и особенности приложений математики. — М.: Наука, 1983. — 328 с.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1978. — 400 с.
4. Гнеденко Б.В., Колмогоров А.Н. Предельные распределения для сумм независимых случайных величин. — М.-Л.: ГИТТЛ, 1949. — 264 с.
5. Гнеденко Б.В., Королюк В.С. О максимальном расхождении двух эмпирических распределений. // Доклады АН СССР. 1951. Т. 80. № 4. С. 525–528.
6. Ибрагимов И.А., Хасъминский Р.З. Асимптотическая теория оценивания. — М.: Наука, 1979. 528 с.
7. Иванищев М.В. Функционирование предприятия в условиях рынка. // Современный менеджмент в условиях становления рыночной экономики в России: Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции. — Москва. — 1998.
8. Калянов Г.Н. CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). — М.: «Лори», 1996.
9. Камень Ю.Э., Камень Я.Э., Орлов А.И. Реальные и номинальные уровни значимости в задачах проверки статистических гипотез // Заводская лаборатория. 1986. Т. 52. № 12. С. 55–57.
10. Канторович Л.В. Оптимальные решения в экономике. — М.: Наука, 1972. — 231 с.
11. Левин Б.Р., Демидович Н.О. Использование непараметрических методов при обработке результатов испытаний на надежность. // Надежность средств связи. — Киев: Техніка, 1976. — С. 59–72.
12. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Изд-во «АВФ», 1996. — 704 с.
13. Макконнел К.Р., Брю С.Л. Экономикс: Принципы, проблемы и политика, в 2 т. -М.: Республика, 1992 — Т. 1 — 399 с.
14. Мате Э., Тиксье Д. Материально-техническое обеспечение деятельности предприятия / Под ред. В.С. Загашвили. — М.: Издательская группа «Прогресс», 1993. — 160 с.
15. Методика. Проверка однородности двух выборок параметров продукции при оценке ее технического уровня и качества. — М.: ВНИИС Госстандарта СССР, 1987. — 116 с.
16. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. — М.: Наука, 1979. — 296 с.
17. Орлов А.И., Федосеев В.Н. Менеджмент в техносфере. — М.: Академия, 2003. — 384 с.
18. Орлов А.И. Эконометрика. — М.: Изд-во «Экзамен», 2004. — 576 с.
19. Орлов А.И. Прикладная статистика. — М.: Изд-во «Экзамен», 2005. — 692 с.
20. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление. — М.: Наука, 2002. — 303 с.
21. Родников А.Н. Логистика: терминологический словарь. — М.: Экономика, 1995. — 251 с.
22. Смирнов Н.В. Оценка расхождения между эмпирическими кривыми распределения в двух независимых выборках. // Бюллетень. МГУ им. М.В. Ломоносова. Сер. А. 1939. Т. 2. № 2. С. 3–14.
23. Управление инновациями. Факторы успеха новых фирм. / Сост. и общ. ред. Н.М. Фонштейн. — Пер. с англ. — М.: «Дело Лтд», 1995. — 224 с.

24. Управление по результатам. / Пер. с финск. / Под ред. Я.А. Лейманна. — М.: Издательская группа «Прогресс», 1993.— 320 с.
25. *Ohmae K.* The mind of the strategist. — New York — San Francisco — Hamburg — London — Madrid — Mexico — Tokyo — Toronto: McGraw-Hill, Inc., 1982. — 288 p.
26. *Thompson A.A., Strickland A.J.* Strategy formulation and implementation. — Boston, USA: IRWIN, 1992. — 448 p.