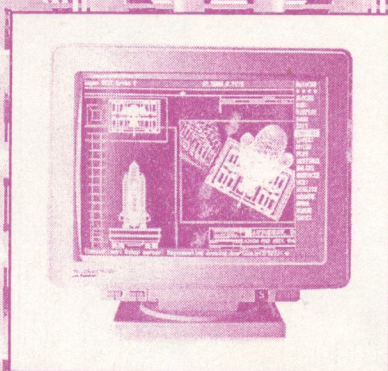


И.В. Кузьмин, А.И. Кузьмин, В.Т. Сусиденко, Н.Н. Компанец

Под общей редакцией И.В. Кузьмина

# Эффективные модели экономического, научного и технического бизнеса и предпринимательства в условиях АСЦУ



330.4:684.57  
Э94

Кузьмин И.В., Кузьмин А.И.,  
Сусиденко В.Т., Компанец Н.Н.

Под общей редакцией Кузьмина И.В.

**Эффективные модели экономического,  
научного и технического бизнеса  
и предпринимательства  
в условиях АСЦУ**

Винница  
1998 г.

ББК 65.050

Э 94

Авторы: Кузьмин И.В., Кузьмин А.И., Сусиденко В.Т.,  
Компанец Н.Н.

Под общей редакцией Кузьмина И.В.

Рецензенты: Волков А.А. — доктор технических наук,  
профессор (Киевский международный университет  
гражданской авиации);

Коваленко Н.В. — доктор технических наук, профессор  
(Житомирский инженерно-технологический институт)

Э 94      **Эффективные модели экономического, научного и  
технического бизнеса и предпринимательства в усло-  
виях АСЦУ** /Кузьмин И.В., Кузьмин А.И., Сусиденко В.Т., Ком-  
панец Н.Н.; под ред. Кузьмина И.В. — Винница, 1998.— 216 с.

**ISBN 966-7151-01-8**

*В доходчивой форме в книге изложены лингвистические, графические и математические модели, методы и алгоритмы бизнеса и предпринимательства в экономике, науке и технике. Описаны принципы выбора направлений бизнеса и предпринимательства, модели и методы принятия оптимальных решений, модели и алгоритмы распределения ресурсов, оценки точности решений, целевого управления и функционально-стоимостного анализа. Весь материал излагается, исходя из принципов функционирования автоматизированной системы целевого управления (АСЦУ).*

*Книга написана для широкого круга читателей: бизнесменов и предпринимателей, деловых людей в любой отрасли, учащихся школ и техникумов, студентов и аспирантов вузов, институтов и университетов, для которых даются общие рекомендации практической реализации методов и алгоритмов*

**ISBN 966-7151-01-8**

ББК 65.050

---

Набор и компьютерная верстка МНПП «ИТИ»  
г.Винница, ул. Келецкая, 56  
тел. (0432) 44-63-60

---

© Кузьмин И.В., Кузьмин А.И.,  
Сусиденко В.Т., Компанец Н.Н.

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	5
<b>ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОГО, НАУЧНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА .....</b>	<b>8</b>
1.1. Экономический и научно-технический прогресс и его особенности как объекта направлений бизнеса и предпринимательства .....	9
1.2. Структурная схема бизнеса и предпринимательства в ЭНТП .....	20
1.3. Алгоритм оценки эффективности, качества и оптимальности АСЦУ ЭНТП, БП .....	26
1.4. Алгоритм работы бизнесмена и предпринимателя с учетом парадигм управления в условиях АСЦУ .....	35
<b>Глава 2. МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В АСЦУЭНТП, БП .....</b>	<b>53</b>
2.1. Многокритериальная оптимизация решений и координат ЭНТП, БП .....	53
2.2. Определение значимых координат при принятии управляющих решений .....	60
2.3. Теоретический метод и алгоритм оптимизации координат АСЦУ .....	66
2.4. Аналитический метод оценки вероятности выполнения задачи АСЦУ, БП .....	76
2.5. Метод прогнозирования координат ЭНТП с использованием кубических сплайнов .....	82
2.6. Модели некоторых координат ЭНТП, БП .....	93
2.7. Основные требования к ЛПР, бизнесмену и предпринимателю при принятии решений .....	100
<b>ГЛАВА 3. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В АСЦУ ЭНТП, БП .....</b>	<b>104</b>
3.1. Общая постановка задачи распределения ресурсов .....	104
3.2. Модель распределения ресурсов в условиях неопределенности .....	109
3.3. Модели распределения ресурсов в динамических системах .....	114
3.4. Алгоритм распределения ресурсов в АСЦУ .....	119
3.5. Обобщенные оценки состояния вектора координат ЭНТП, БП .....	122



<b>Глава 4. СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕШЕНИЙ В АСЦУ ЭНТП, БП</b> .....	128
4.1. Общие положения .....	128
4.2. Статистический критерий проверки гипотезы о существенности различия координат .....	129
4.3. Построение статистического критерия по принципу отношения правдоподобия .....	136
4.4. Алгоритм статистической оценки изменения числовых характеристик координат .....	140
4.5. Проверка гипотез относительно средних для нормальных распределений .....	143
4.6. Проверка гипотез относительно дисперсий двух выборок .....	147
4.7. Сравнение долей признака в двух выборках .....	149
4.8. Оценка однородности нескольких выборок .....	151
4.9. Оценка нормального характера распределения координат .....	153
4.10. Алгоритм статистической оценки точности научных и производственных решений .....	155
<b>Глава 5. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМ ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНТП, БП</b> .....	165
5.1. Общая характеристика целевых комплексных программ ЭНТП, БП .....	165
5.2. Алгоритм целевого управления .....	168
5.3. Алгоритм оценки эффективности целевых программ .....	173
5.4. Рекомендации по составлению ЦКП ЭНТП, БП .....	176
<b>Глава 6. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ФСА ЭНТП</b> .....	180
6.1. Сущность ФСА ЭНТП, БП .....	180
6.2. Информационное обеспечение АСУ ФСА .....	183
6.3. Математические модели ФСА ЭНТП, БП .....	186
6.4. Алгоритм ФСА в АСЦУ ЭНТП, БП .....	188
<b>Глава 7. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ</b> .....	194
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	204
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	206

## **ВВЕДЕНИЕ**

В периоды социальных изменений, при переходе общества в новое качество, ломаются многие стереотипы мышления и поведения, многие люди вынуждены искать новое применение своим способностям, искать новые деловые контакты, менять свою психологию.

Вхождение стран СНГ в рыночную экономику требует особых знаний в области бизнеса, предпринимательства, маркетинга, брокерства, а также определенных знаний по методам перестройки психологии деловых людей применительно к рынку. Взгляды на эти проблемы в имеющейся опубликованной литературе или устарели и требуют определенного обновления, или требуют обобщения и более широкого распространения, или необходимости формулировки новых положений и принципов в связи с внедрением автоматизированных систем целевого управления (АСЦУ) и электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Авторы предприняли попытку написать книгу для широкого круга специалистов, учащихся и студентов, связавших свою судьбу с указанными выше особенностями. Существенное внимание при изложении уделялось особенностям работы делового человека с учетом взглядов Д. Карнеги и Н. Хилла, а также собственных взглядов и опыта при использовании усилителей разума ЭВМ. Авторы обобщили также взгляды на эти проблемы из многочисленных литературных источников и положили их в основу написания книги.

При написании книги авторы стремились к лаконичности изложения и использованию в основном известной широко терминологии. Многочисленные литературные ссылки позволят читателю расширить познания, уточнить некоторые положения, принципы и узнать ученых по бизнесу и предпринимательству.

Главными понятиями, положенными в основу книги, являются рынок, бизнес, предпринимательство, маркетинг, брокер и другие, относящиеся к АСЦУ, поясняемые по тексту.

Под эффективностью в широком смысле понимается "Выгода", отнесенная к "Затратам", т. е.

$$\text{Эффективность} = \frac{\text{Выгода}}{\text{Затраты}},$$

где: "Выгода" может выражаться экономическими величинами (в денежных единицах, материальных единицах, в научных, информационных и технических единицах);

"Затраты", как правило, выражаются в денежных единицах, а затраты в других размерностях можно привести при необходимости к денежным.

В бизнесе и предпринимательстве "Выгода" может выступать в виде делового "Успеха", "Прибыли", "Богатства" и др. В этом случае формулу оценки "Эффективности" можно считать "Формулой успеха" по Д. Карнеги, выражающей принципа "как делать деньги" и принесшей Карнеги колоссальное состояние и высокое положение в обществе.

Использовать "Формулу успеха" может человек с любым образованием, если он настойчиво и осознанно будет стремиться к успеху как деловой человек. Книга позволяет узнать как это можно сделать.

Рыночная экономика — экономика, основанная на рынках сбыта продуктов производства и производимых товаров.

Рыночная экономика, в отличие от плановой, может дать больший эффект в развитии производительных сил общества, является основным экономическим результатом хозяйства, в конечном итоге позволяет существенно улучшить жизнь людей, сделать их в определенном смысле богатыми. Практически эти два вида экономики должны разумно сочетаться.

Биржа — учреждение, в котором осуществляется купля—продажа ценных бумаг, валюты, массовых товаров, зданий, где осуществляются биржевые операции.

Менеджер — специалист по управлению, предприниматель, опытный руководитель в области организации и бизнеса.

Рынок — в узком смысле, место рыночной торговли; сфера товарного обращения, товарооборота.

Маркетинг — осуществляемая фирмами и компаниями система мероприятий по изучению рынка и активному воздействию на потребительский спрос с целью расширения сбыта производимых ими товаров.

Бизнес — любая экономическая и научно-техническая деятельность, дающая прибыль, любой вид деятельности, приносящий доход, или иные, личные выгоды, в значительной степени совпадает с предпринимательством.

Предпринимательство — предприимчивость человека, дельца, крупное

предпринимательство предполагает наличие предприятия, хозяйственно-финансовой деятельности.

Брокер — посредник при заключении сделок, специализирующийся по определенным видам товаров или услуг, действует по поручению и за счет клиентов, получая от них специальное вознаграждение.

Предлагаемая книга существенно отличается от других тем, что в ней предпринята попытка дать статистическую трактовку понятий и явлений. При этом некоторые понятия и положения объясняются на основе теории информации.

Главной целью авторов является попытка развития формулы успеха бизнесмена и предпринимателя, выведенной Д. Карнеги и Н. Хиллом применительно к современности, в условиях применения АСЦУ.

При написании книги авторы учитывали положения насильственной — неэтичной и неэтичной — этичной парадигм управления [1].

Изложение велось на уровне лингвистической, графической и математической абстракции, которые позволяют понимать и использовать книгу людям с любым образованием, студентам вузов и учащимся техникумов.

Авторы стремились изложить принципы переноса гносеологических взглядов в психологические и практические, считая, что само по себе любое образование ничего не дает, реальный эффект дает только применение знаний на практике.

Существенное внимание уделялось формулировке рекомендаций и советов, которые доведены до правил, алгоритмов работы делового человека и применения ЭВМ, а также АСЦУ.

## **Глава I. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОГО, НАУЧНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА**

Одним из важнейших условий получения наивысшей эффективности экономического, научного и технического бизнеса и предпринимательства является правильный выбор цели, т. е. декларации [24, 25], которая должна быть согласована с целями различных систем и подсистем более высокого уровня в экономике, науке и технике.

Экономика — совокупность производственных отношений, соответствующих данной ступени развития производительных сил общества, господствующий способ производства общества; организация, структура и состояние хозяйственной жизни или какой-нибудь отрасли хозяйственной деятельности.

Наука — система знаний о закономерностях в развитии природы, общества и мышления, а также отдельная отрасль таких знаний; система получения, систематизации и хранения научных знаний; система использования научных знаний для развития общества.

Техника — совокупность средств труда, знаний и деятельности, служащих для создания материальных ценностей; совокупность приемов, технологий, применяемых в каком-нибудь деле, мастерстве; машины, механические орудия, устройства. Техника является материализацией научных знаний, развивается непосредственно вместе с наукой в результате развития экономического и научно-технического прогресса (НТП).

Научно-технический прогресс — эволюционное развитие науки и техники. Поэтому в дальнейшем изложении рассматриваются направления развития бизнеса и предпринимательства в ЭНТП.

В главе описаны методологические принципы и направления экономического и научно-технического бизнеса и предпринимательства. Описаны модели целей бизнеса, алгоритмы работы бизнесмена и предпринимателя с точки зрения парадигм управления. Личные качества бизнесмена, необходимые для успешной реализации алгоритма.

В структурных схемах автоматизированных систем целевого управления



(АСЦУ), производств и организаций работа бизнесмена и предпринимателя сводится к работе лица, принимающего решения (ЛПР).

## **1.1. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ЕГО ОСОБЕННОСТИ КАК ОБЪЕКТА НАПРАВЛЕНИЙ БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА**

Рассмотрение особенностей экономического и научно-технического прогресса (ЭНТП) можно произвести на основе системного подхода, включающего определение целей бизнеса, учет внутренних и внешних возмущений, выбор критериев оценки эффективности, качества и оптимизации, разработку алгоритмов и средств их реализации.

Целью любого государства является неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа на основе интенсификации производства и повышения его эффективности. Ведущую роль в решении этой задачи играет ЭНТП. Таким образом, уровень и темпы ЭНТП определяют экономическое, социальное, международное положение государства, но и сами по обратной связи зависят от указанных характеристик и внешней среды рис. 1.1. [62].

Как видно из представленной схемы, система строится с учетом функциональных (Ф) и морфологических требований. На систему также действует внешняя среда (С) в виде социальных и экономических процессов и воздействий природных условий. Она взаимодействует с некоторой метасистемой, частью которой является управляемый объект ЭНТП, эта связь обуславливается положением, что ЭНТП является активной системой и по своему характеру связана со всеми иерархическими подсистемами, активно влияющими друг на друга.

Внедрение достижений ЭНТП с целью повышения эффекта производится через различные элементы, множество которых называется комплексом особенностей требований к ЭНТП, обуславливаемых причинами скачков-факторов, влияющих на развитие ЭНТП, табл. 1.1.

Рассмотрение таблицы 1.1. показывает, что ЭНТП затрагивает все стороны деятельности государства, является основной движущей силой его всестороннего развития, требует привлечения больших экономических, материальных и трудовых ресурсов, проведения крупных социальных мероприятий, включающих совершенствование системы образования, подготовки специалистов различных профилей в том числе по менеджменту, маркетингу, бизнесу, предпринимательству, брокерству и др., которые должны эффективно работать в условиях рынка, когда мир быстро меняется.

При подготовке себя к бизнесу и предпринимательству специалист должен определиться в каких направлениях развития ЭНТП он будет работать, используя общее представление ЭНТП на рис. 1.1. и табл. 1.1. К выбору направления необходимо подходить творчески, учитывая то, что практика

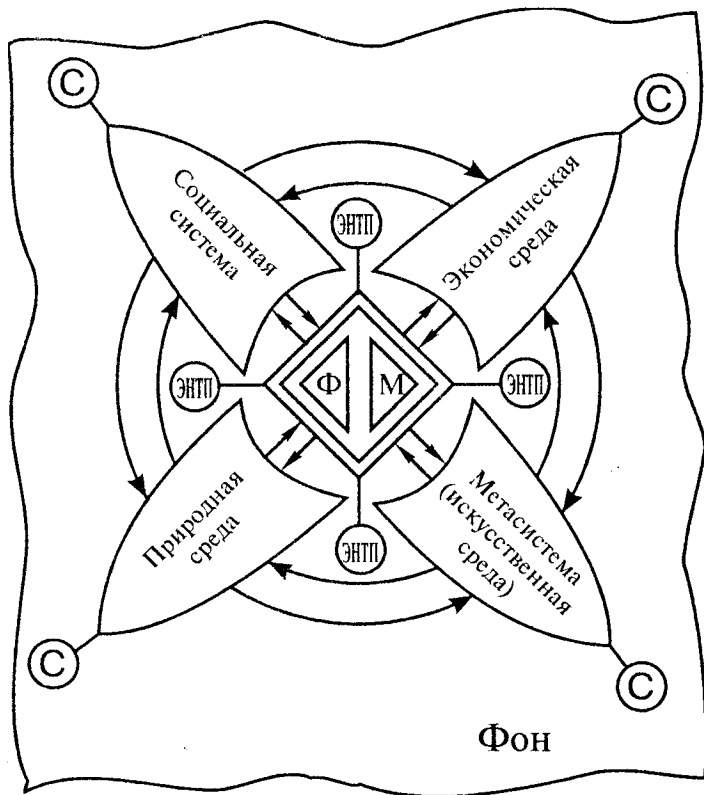


Рис. 1.1. Схема взаимодействия ЭНТП с внешней средой

может обусловить актуальность направлений, не названных в табл. 1.1.

Совершенствование развития бизнеса и предпринимательства связано с широким использованием экономико-математических и психологических методов, вероятностного и имитационного моделирования, многовариантных оптимизационных расчетов, прогнозированием последствий принимаемых решений. Решение указанных задач связано с получением и использованием больших массивов информации, выполнением трудоемких расчетов, что принципиально не возможно без применения ЭВМ.

Структура направлений бизнеса и предпринимательства должна иметь иерархический характер и отражать сложившуюся функциональную структуру хозяйства страны и включать в себя государственный, отраслевой и производственный уровень. Уровень производственного объединения и

## Особенности и причины скачков НТП

Э Н Т П	
ПРИЧИНЫ СКАЧКОВ-ФАКТОРОВ	ОСОБЕННОСТИ
Социальная система	ПОЛИТИЧЕСКИЕ
Правящие партии	
Международные отношения	
Новые источники топлива	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
Энергия рек	
Энергия атома	
Освоение нетрадиционных источников	ОРУДИЙ ТРУДА
Рост единичных мощностей	
Внедрение автоматов и роботов	
Система автоматов	ПРЕДМЕТОВ ТРУДА И МАТЕРИАЛОВ
Замена металлов пластмассой	
Разработка новых синтетических материалов	
Повышение качества материалов	

Э Н Т П	
ПРИЧИНЫ СКАЧКОВ-ФАКТОРОВ	ОСОБЕННОСТИ
Замена ручного труда	ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
Перевод механического привода на пневмо-, гидро-, электроприводы	
Лавинообразный процесс технологического усовершенствования	
Совершенствование системы получения и обработки информации	ИНФОРМАЦИЯ
Совершенствование системы передачи	
Переход к семантическим оценкам	
Совершенствование планов	УПРАВЛЕНИЕ
Алгоритмизация	
Оргтехника	
Компьютеризация	
АСУ	
Математизация	НАУКА
Использование достижений естественных наук	
Внедрение результатов исследований	

Таблица 1.1 продолжение

Э Н Т П	
ПРИЧИНЫ СКАЧКОВ-ФАКТОРОВ	ОСОБЕННОСТИ
Образование	СОЦИАЛЬНЫЕ
Трудовые ресурсы	
Переподготовка и повышение квалификации	
Фильтрация воздействующего производства	ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
Использование безотходной технологии	
Восстановление среды	
Комплексная переработка отходов	ОБОРОНА
Необходимость поражения при территориальном удалении стратегических центров возможного противника	
Необходимость выигрыша при наличии больших масс живой силы противника	
Необходимость поражения большой распределительной системы средств противника	
Требования повышения качественных характеристик оружия: скорости, дальности, реальности и т. д.	
Повышение живучести средств обороны	



предприятия или организации (в дальнейшем — предприятия) являются определяющими при реализации государственных и отраслевых планов. Примерный перечень задач и их взаимодействие приведен на рис. 1.2.

Многосвязность ЭНТП как объекта бизнеса и предпринимательства, его большая инерционность и протяженность процессов во времени, высокая сложность и большая размерность порождают высокую неопределенность, в условиях которой принимаются решения.

Цель предприятия или организации как элемента отраслевой экономической системы вытекает из цели этой системы, которая заключается, с одной стороны, в неуклонном подъеме материального и культурного уровня жизни народа, с другой стороны, во всемерной интенсификации производства через повышение производительности на основе ЭНТП.

Народнохозяйственный эффект предприятия выражается различными по своей природе показателями, перечень которых приведен на рис. 1.2. Они выражают, с учетом маркетинга, внутренние и внешние цели предприятия. С целью упрощения дальнейшего анализа без потери общности изложения, предположим, что существует некоторая обобщенная оценка народнохозяйственного эффекта  $\mathcal{E}(t)$  от внедрения достижений ЭНТП. Тогда формализованная цель системы управления ЭНТП на предприятии может быть представлена в виде

$$\mathcal{E}(t, \tau) \rightarrow \max. \quad (1.1)$$

Количественное значение показателя  $\mathcal{E}(t, \tau)$  в текущее время  $t$  до момента времени  $\tau$  определим через управляемые координаты ЭНТП, которые в достаточной мере характеризуют народнохозяйственный эффект предприятия.

Описанный подход позволяет перейти от понятия народнохозяйственный эффект к понятию цели управления ЭНТП предприятия. Обобщенная оценка народнохозяйственного эффекта предприятия определяется вектором  $W$ , текущим вектором состояния производства  $X(t)$ , начальным состоянием  $X_0(t_0)$  в момент времени  $t_0$ , характером изменения вектора управления экономическим и научно-техническим состоянием производства  $U(t)$  и вектором возмущений  $Z(t)$ .

$$\mathcal{E}(t) = W[U(t), Z(t), X(t), X_0(t_0)] \quad (1.2)$$

Кроме того, считается известным вектор формирования случайных воздействий среды на производство  $Z_c$  и производства на окружающую среду  $Z_n$ :

$$\begin{aligned} Z_c(t) &= \Phi_c[X(t), U_c(t), t, t]; \\ Z_n(t) &= \Phi_n[X(t), U_c(t)]. \end{aligned} \quad (1.3)$$

Известна также цель производственной системы, определяемая векторами  $X_{np}$  и  $Y_{np}$  в виде конечных требуемых значений

$$\begin{aligned} (Y_k, t_k); \\ \langle X_k, t_k \rangle. \end{aligned} \quad (1.4)$$

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УРОВЕНЬ  
С УЧЕТОМ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ**

**ОТРАСЛЕВОЙ УРОВЕНЬ  
С УЧЕТОМ РЫНКА**

<p>Природно-климатические условия региона</p>	<p>Научно-проектно-конструкторское обеспечение</p>
<p>Внутренние социально-экономические условия</p>	<p>Обеспечение кооперации с другими отраслями</p>
<p>Международное положение, участие в разделении труда, международная торговля, политико-экономическое положение, требование обороны</p>	<p>Материально-техническое обеспечение</p>
<p>требования к производству директивы, ограничения долговременные и среднесрочные целевые установки и контрольные цифры</p>	<p>директивы</p>
	<p>директивы</p>
	<p>директивы</p>
	<p>директивы</p>

*Рис. 1.2. Взаимодействие задач управления экономическим и научно-техническим прогрессом*

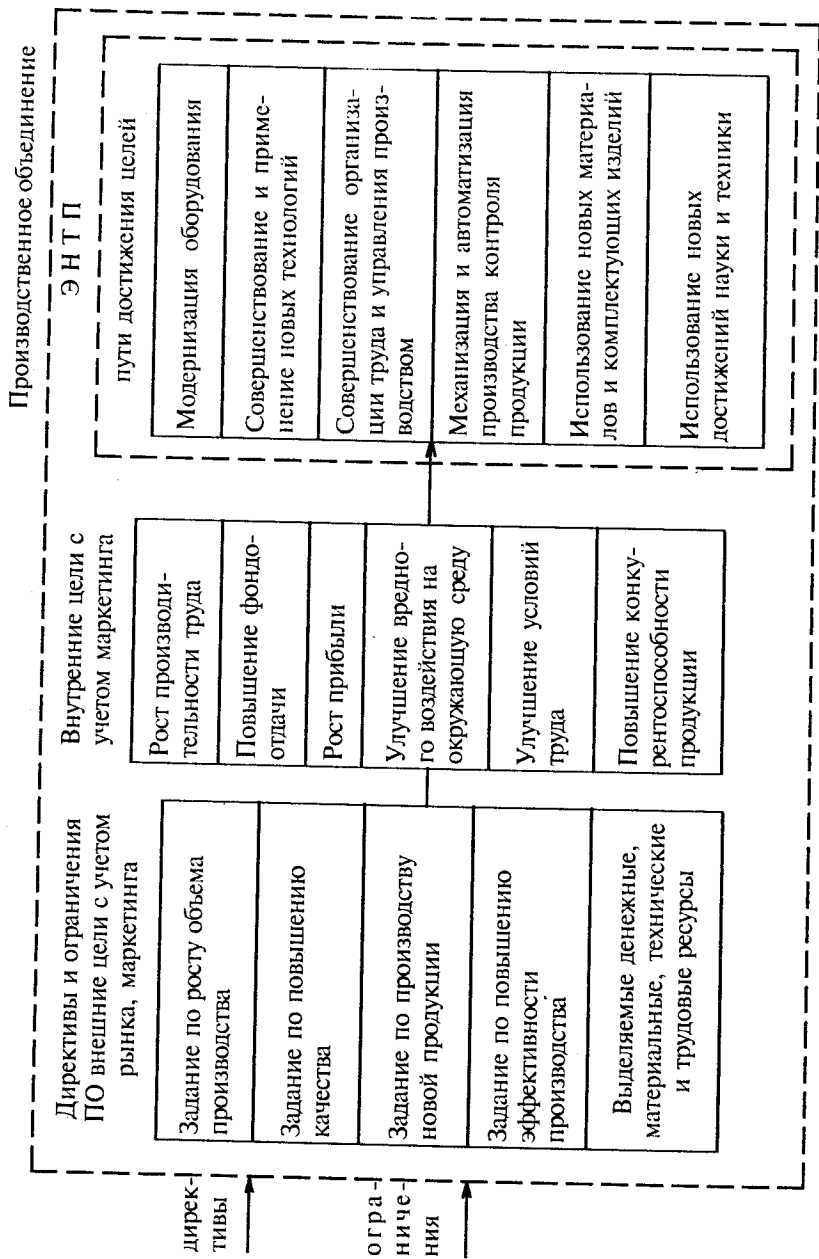


Рис. 1.2. Взаимодействие задач управления экономическим и научно-техническим прогрессом (продолжение)

При этом важными особенностями являются допустимость достижения "перевыполнения" цели как по величине, так и по времени

$$\begin{aligned} & \{Y > Y_k, X > X_k, t_k\}; \\ & \text{или} \\ & \{Y_k, X_k, t > t_k\}; \end{aligned}$$

— множество критериев оценки ЭНТП по особенностям и причинам скачков в виде координат:

$$K = \{k_i(X, U, Z)\}, i = 1, \bar{n} \quad (1.5)$$

— цель управления  $U_{ц} = f_{ц}(X_k, R, t_k)$  при  $\tau \in [t_0, t_k]$ , где  $t_0, t_k$  — начальный и конечный момент времени;

— оператор измерения  $J$ , устанавливающий связь между фактическим и идентифицированным состоянием объекта управления, с учетом вектора ошибок измерения:

$$J(\tau) = I[X(t), R(t), \Delta W(t), \tau]; \quad (1.6)$$

— оператор формирования вектора управляющих воздействий

$$U(\tau) = G[X_0(t), X_k(t), R(t), \tau], \quad (1.7)$$

являющийся основным законом управления, включающим в себя ресурсы ЭНТП  $R(t)$ .

Конкретный вид вектора  $W$  определяется принципом управления координатами вектором  $U_n$ , что, в свою очередь, определяет структуру и методы формирования вектора управляющих воздействий и использования данных в процессе измерения.

В содержательной постановке задача состоит в переводе производства из начального состояния  $X_0$  в желаемое конечное  $X_k$ . Этот переход необходимо осуществить в условиях помех и высокой неопределенности исходной информации по оптимальной в некотором смысле траектории. Роль управляющего воздействия в данном случае выполняет вектор  $U(t)$ . Задача управления экономическим и научно-техническим прогрессом состоит в выборе в условиях ограниченности ресурсов  $R(t)$  конкретных значений вектора  $U(t)$ , характеризующего их изменения, таких, чтобы за минимальное время перевести производство в требуемое состояние  $X_k$ .

Следует отметить принципиальную многокритериальность задачи, ее большую размерность, многосвязность, высокую информационную неопределенность.

Естественно, что цели бизнесмена и предпринимателя (ЛПР) должны полностью совпадать с целями предприятия, с целями отрасли и государства, согласованными должны быть и личные цели. Только в этом случае можно получить наивысший эффект.

Достижение высокой интенсивности производства в каждый момент времени определяется количественными значениями некоторого установленного множества координат ЭНТП. В общем случае значения

координат определяются из условий получения необходимой эффективности предприятия.

При определении целей и планов достижения целей удобно воспользоваться построением дерева целей, а также воспользоваться экспертными оценками, сущность методик которых сводится к следующему [184].

*Деревом целей называется связный граф целей*, не содержащий циклов. Из определения дерева вытекает, что для каждой пары его вершин существует *единственная* соединяющая их дуга (рис. 1.3). Поскольку дерево не имеет циклов, постольку разные дуги (или ветви), выходящие из  $a_0$ , будут изолированы друг от друга. Каждая ветвь такого графа должна иметь последнее, или конечное, ребро (дугу) с конечной вершиной, из которой не выходит ни одного нового ребра.

*Простейшее дерево имеет только одну дугу*. Если добавляется еще одна дуга в конце ветви, прибавляется также вершина, то справедливы теоремы:

**Теорема 1.** Дерево с  $n$  вершинами имеет  $n-1$  дуг. Граф, состоящий из  $k$  связных компонент, каждая из которых *представляет собой дерево*, называется *лесом*. Для каждой из компонент число дуг на единицу меньше числа вершин. Следовательно, справедлива:

**Теорема 2.** Лес, состоящий из  $k$  компонент и имеющий  $n$  вершин, содержит  $n-k$  дуг.

Лесом целей можно формализовать процесс сортировки, распределения и каталогизации различных объектов, составления словарей направлений бизнеса и предпринимательства, распределения ресурсов при реализации различных направлений, учитывая при этом веса и размерности вершин и дуг, которыми могут быть различные показатели качества, эффективности и оптимальности путей бизнеса и предпринимательства: точность, вероятность выполнения задачи, затрачиваемое время, объем, масса, стоимость работ и материалов и др.

Цели подразделяются на глобальные (главные) и локальные (частные). Кроме того, выделяются приоритетные и второстепенные цели. Декомпозицию целей проводят или методом оценки по критериям или экспертными оценками.

*Методы экспертных оценок являются одним из главных методов прогнозирования в науке и технике, бизнесе и предпринимательстве*, базирующимся на предположении, что на основе *мнения экспертов можно построить адекватную модель развития объекта прогнозирования*. Исходной информацией при этом служат *мнения специалистов*. Методы экспертных оценок разделяются на *индивидуальные и коллективные в зависимости от того, принимается ли решение на основе суждения одного эксперта или группы их*. Индивидуальные экспертные оценки делятся на *"интервью" и аналитические*. Среди коллективных методов экспертных оценок различают *метод комиссии, метод отнесенной оценки и дельфийский метод*.

*"Интервью"* — это беседа прогнозиста с экспертом, в соответствии с заранее



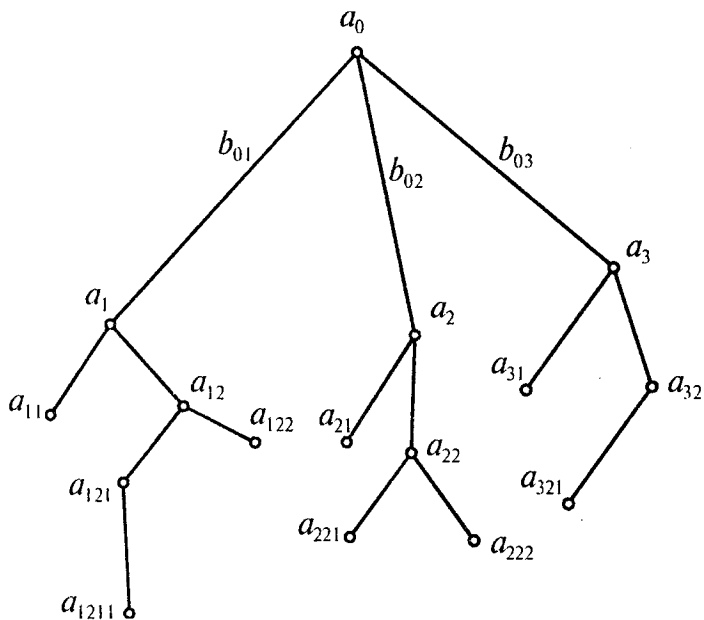


Рис. 1.3.

разработанной программой принятия решений. *Процесс аналитической экспертной оценки* заключается в самостоятельной работе эксперта, направленной на анализ тенденций и оценку состояния объекта. *Методы аналитической экспертной оценки* разделяются на *морфологический*, основанный на заранее разработанной схеме объекта, и метод составления аналитических образов.

Применение методов *коллективной экспертной оценки* позволяет *повысить точность и степень конкретизации решений*. *Метод комиссии* — это проведение группой экспертов дискуссии с целью принятия решения. При использовании этого метода сказывается взаимное влияние и инерционность экспертов и др. Эти недостатки можно частично устранить *методом отнесенной оценки*, или *метода "мозгового штурма"*. Дельфийский метод (древнегреческий город Дельфа) предполагает отказ от прямых коллективных обсуждений и замену их разработанной программой последовательных *индивидуальных опросов*, проводимых обычно в форме заполнения *таблиц экспертной оценки*, при этом для *повышения точности оценки* проводятся *несколько раз*. При коллективных оценках важно обеспечить *независимость работы экспертов* и *заинтересованное и ответственное отношение*.

Новым методом экспертных оценок является метод "прогнозного графа", сущность которого состоит в построении на основе экспертных оценок и последующем анализе модели сложной сети взаимосвязей, возникающих при решении.

Обработка оценок ведется на основе теории статистики. Разработаны автоматы обработки информации, получаемой от экспертов (автомат Ткаченко), которые могут входить как блоки АСЦУ.

## 1.2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БИЗНЕСА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В ЭНТП

Анализ особенностей ЭНТП, проведенный в разделе 1.1, показал, что для него характерна многомерность, многокритериальность, высокая информационная неопределенность исходной информации, большая динамичность эволюции целей и ограничений, сильная инерционность, изменяющаяся протяженность процессов во времени и связанная с этим необходимость прогнозирования развития системы и отдельных последствий принимаемых различных решений.

В наибольшей степени указанным особенностям отвечает метод целевого управления бизнесом и предпринимательством. Его основой является метод целевого программирования для решения многокритериальных задач, предложенный Чарнсом и Купером [128]. В общем виде задача формулируется следующим образом [24]:

найти  $\min d [f(Y), B]$ , где  $Y$ - $m$  — мерный вектор переменных задач, соответствующих выходным координатам производства  $X$ ;  $f$ - $r$  — мерная вектор-функция, характеризующая множество недостижимых одновременно целей;  $B$ - $r$  — мерный вектор с действительными компонентами, характеризующий множество достигаемых целей;  $d$  — расстояние между  $B$  и  $f$ , определяемое на основании некоторой заранее выбранной метрики.

Обоснуем принцип управления, с помощью которого реализуется метод целевого управления.

Наиболее широкое применение в теории управления получили два подхода: программного и явного управлений [58, 91—94].

Проанализируем особенности программного и явного принципов управления с точки зрения их качества, оптимальности, особенностей синтеза и функционирования систем целевого управления.

Программный метод управления является в общем случае неоптимальным по затратам ресурсов на управление, не универсальным, не работоспособным при больших отклонениях фактических состояний системы от программных, не допускает внесение изменений в цели и ограничения систем. Перечисленные недостатки связаны с тем, что программное управление  $U^*(\tau)$  определяется заранее, является функцией времени и вследствие этого слабо

связано с фактическим состоянием объекта в процессе реализации данной программы. Общим путем преодоления недостатков программного принципа управления является метод явного управления [94], который не накладывает ограничений на свойства объекта и является универсальным и гибким, допускает изменения конечных условий и ограничений в пределах возможностей объекта управления.

Идея явного управления заключается в установлении прямой зависимости между фактическим текущим состоянием объекта управления и управляющим воздействием. Это означает, что в каждый момент времени необходимо определить оптимальную траекторию перехода из текущего состояния  $X(t)$  в заданное конечное  $X_k(t)$ . Свойства явного управления делают его крайне привлекательным для управления ЭНТП. Вместе с этим практическая реализация наталкивается на серьезные вычислительные трудности, связанные с необходимостью реализации в реальном масштабе времени сложнейшей оптимизационной двухточечной краевой задачи. Попытка преодолеть указанные трудности путем аналитической аппроксимации явного управления каким-либо полиномом, например в виде

$$U[X_0(t), X_k] = A + Bt + Ct^2 + \dots,$$

где

$$A = F_A[X(t), X_k], B = f_B[X(t), X_k], C = f_C[X(t), X_k], \dots$$

— коэффициенты, являющиеся функциями текущего  $X(t)$  и заданного конечного  $X_k$  состояний объекта управления, не дает желаемого результата.

Однако, получить явные зависимости вида полинома и значений его коэффициентов от ограниченных состояний объекта при действии на систему возмущений для реализации непрерывного явного управления крайне трудно. Поэтому, с целью избежания вышеуказанных недостатков, используется сочетание явного и программного принципа управления [94], называемое универсальным методом управления.

Универсальное управление должно реализовать как программный, так и явный принципы управления, структура метода должна содержать соответствующие контуры. Принятие решения о выборе принципа управления, т. е. адаптации системы к конкретным условиям, осуществляется решающим устройством, которое изменяет принцип управления. Структурная схема управления приведена на рис. 1.4.

Такая структура достаточно универсальна и работоспособна в любых ситуациях [107, 108, 111, 112] и соответствует главным требованиям к методу. Она реализует достоинства программного и явного методов управления, поскольку учитывает их особенности в чисто программном, или чисто явном управлении, допуская вместе с этим любую их комбинацию. Это достигается выбором стратегии замыкания 1 и 2, которые определяют программный и явный принцип управления соответственно.

Уникальность ЭНТП определяет сложность создания системы управления с использованием программного и явного принципов. При этом следует

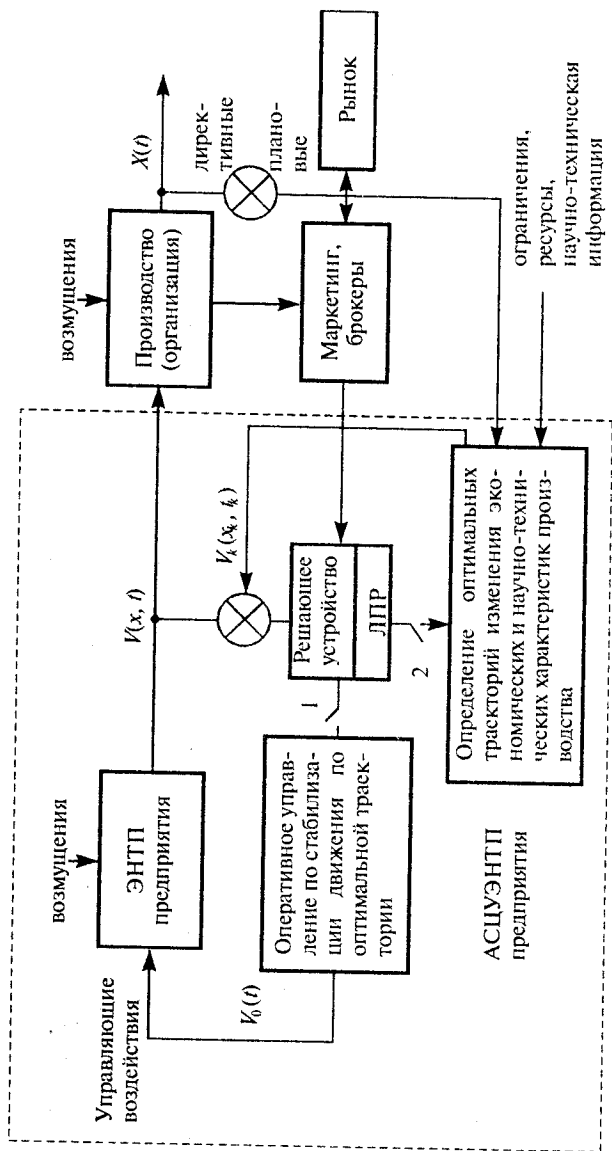


Рис. 1.4. Структурная схема универсального явного метода управления

учесть, что управление ЭНТП требует качественно нового, гибкого подхода в управлении.

Эти условия, а также конкретный социально-экономический характер предприятия требует разработки комплекса моделей и принципов построения системы целевого управления, ее основных блоков и устройств, кибернетического подхода к синтезу математических моделей с возможностью использования последних для широкого класса конкретных объектов ЭНТП, использования единого глобального критерия оценки эффективности, реализуемые с помощью АСЦУ [45, 54, 56].

Выполнение всех перечисленных требований, учитывающих все особенности ЭНТП одновременно, практически невозможно, поэтому АСЦУ должны носить эволюционный характер, предусматривать возможность совершенствования и иметь блочную структуру. Такой подход обеспечит единство методологических принципов построения АСЦУ и позволит принимать решения в условиях коллективного управления НТР на основе демократических принципов.

На рис. 1.5 показана структурная схема, состоящая из основных сложных подсистем:

- блок маркетинга, брокеров и рынка (БМБР);
- производства;
- ЭНТП на производстве (объект бизнеса и предпринимательства (ОБП));
- информационно-измерительная система (ИИС), фильтров внешней среды и производства, соответственно  $\Phi_c$  и  $\Phi_n$ ;
- блока ресурсного обеспечения ЭНТП (РОЭНТП);
- блока прогноза и директивных установок развития ЭНТП (ПЭНТП);
- блока анализа достижений ЭНТП (АДЭНТП);
- собственно автоматизированной системы целевого управления (АСЦУ).

В дальнейшем все сложные эти системы рассматриваются как составные части единой сложной системы целевого управления, т. е. АСЦУ ЭНТП, как объект бизнеса и предпринимательства (ОБП).

Таким образом, АСЦУ — это автоматизированная система, которая переводит предприятие из некоторого начального состояния в заданное конечное, концентрируя все ресурсы на решение глобальной проблемы, достижение максимальной эффективности. Поэтому разработка и внедрение методологического системного анализа АСЦУ способствует повышению оперативности управления ЭНТП, сокращению доли ручного труда управленческого персонала на планирование ЭНТП, повышение эффективности производства и т. д. На любом уровне в любую подсистему (блок) АСЦУ может включиться ЛПР.

Рассматриваемая структура описывается векторами  $X$  и  $Y$ , выходных и входных координат типа ЭНТП;  $Z_n, Z_c$  — векторы воздействия внешней среды на развитие и развития на внешнюю среду;  $U_n, U_z, U_c$  — векторы управлений производством и фильтрами, подавляющими воздействия внешней среды на



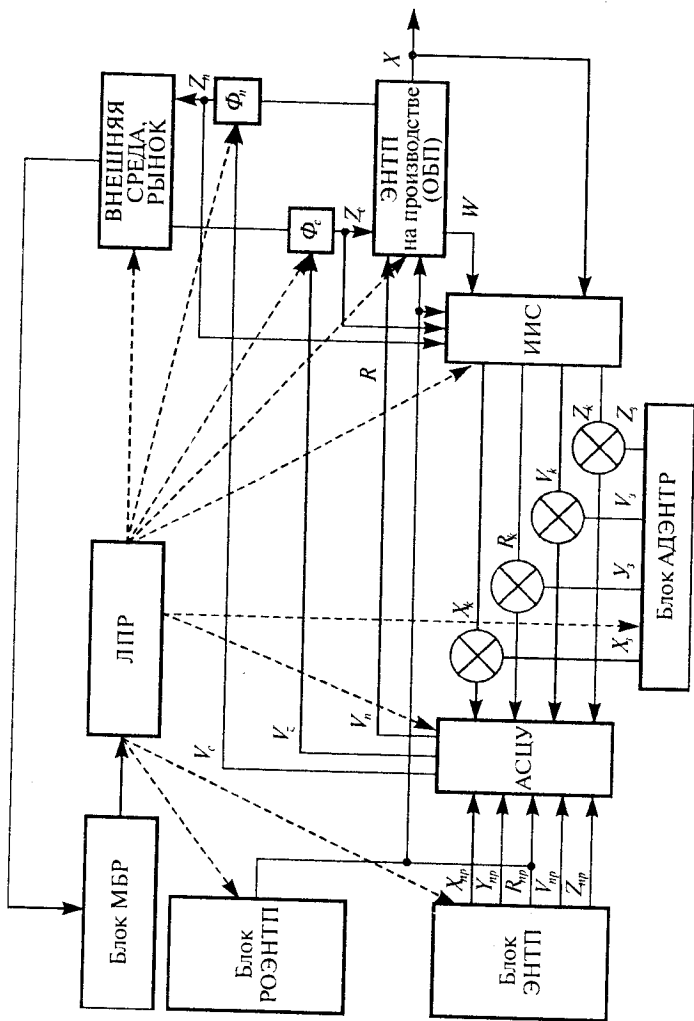


Рис. 1.5. Схема взаимодействия составных частей систем АСЦУ

ЭНТП и развития на внешнюю среду.

Следует отметить, что внешняя среда для ЭНТП и внешняя среда для производства могут иметь совершенно различную природу, поэтому существенными отличиями характеризуются фильтры  $\Phi_c$  и  $\Phi_m$ , снижающие взаимное влияние среды и объекта управления.

АСЦУ как комплекс управления ЭНТП представляет собой уникальную организационную систему, основанную на универсальном методе управления техническими, экономическими и социальными процессами в ПО и требует выбора и разработки единой методологической основы всей АСЦУ, т. е. критерия функциональной эффективности решений по научно-техническому развитию предприятия, позволяющего обобщить и оценить все процессы ЭНТП, структуру и метод управления, являющегося основой для разработки методик.

Эффективность бизнеса и предпринимательства можно существенно повысить, если учитывать пока мало исследованные принципы (парадигмы) управления.

В основу классификации принципов управления АСЦУ можно также положить различные признаки: по характеру объектов, жесткости управления, виду математических моделей и др.

По характеру объектов АСЦУ можно подразделить на АСЦУ сосредоточенных (местных или локальных) объектов и АСЦУ рассредоточенных (глобальных) объектов.

К АСЦУ локальных объектов можно отнести: системы стабилизации процессов, следящие системы, системы программного управления, системы логического управления, системы контроля и измерения и др.

К распределенным системам можно отнести: ОГАС, ОГИС, социальные системы, политические, экономические, энергетические, экологические, прогнозные и др. системы.

По "жесткости" управления АСЦУ можно подразделить на системы с "насильственными" и "ненасильственными" принципами (парадигмами) управления [181].

К "насильственным" системам управления можно отнести: системы стабилизации, следящие, программные, логические системы и системы контроля и измерения в технике; в общественных системах: диктаторские, президентские, авторитарные, бюрократические и др.

К "ненасильственным" (нравственным) системам можно отнести интеллектуальные, самонастраивающиеся, адаптивные, игровые системы и системы с явным управлением в технике; в общественных системах: нравственные системы управления, экспертные системы, системы, в которых решения принимаются нравственные и коллективные.

Насильственные системы, как правило, не могут дать высокой эффективности управления, а в обществе они могут привести к ненависти, к войнам, к конфликтам и другим негативным явлениям.

Ненасильственные системы могут дать сколь угодно высокую эффективность, а в обществе они могут принести процветание, радость, любовь к жизни и вообще любовь.

### 1.3. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КАЧЕСТВА И ОПТИМАЛЬНОСТИ АСЦУ ЭНТП, БП

Одной из важнейших проблем при разработке и функционировании сложных систем является задача оценки эффективности, качества и оптимальности принимаемых решений. Это обусловлено тем обстоятельством, что чем сложнее система, тем больше вариантов может иметь ее осуществление. При этом качество самой системы управления характеризуется рядом зачастую противоречивых показателей.

В разделе ставится задача разработки комплексных частных и обобщенных критериев эффективности, объединяющих если не все показатели качества, то хотя бы главные из них, используя единую методологию [45, 46, 47, 56].

Для определения обобщенного критерия эффективности АСЦУ ЭНТП, БП и создание на его основе системы управления с учетом структурных, функциональных требований произведем анализ различных методологических подходов и на его основе синтез глобального критерия АСЦУ, БП [22—32, 35].

Современная методология позволяет подойти вплотную к понятию "эффективность АСЦУ ЭНТП, БП" и более детально рассмотреть вопросы сущности и содержания эффективности системы целевого управления максимумом экономического и научно-технического прогресса. Эффективность АСЦУ ЭНТП, БП определяется отношением полученного максимального результата выгоды к минимальным затратам ресурсов в широком смысле слова, т. е. выражается в виде [50, 54, 56]:

$$\mathcal{E}_\Phi = \max \left\{ \frac{B}{Z} \right\}. \quad (1.8)$$

В этой формуле выгода  $B$  при достижении цели системой может определяться надежностью или вероятностью достижения цели, информативностью, доходом, координатами положения системы в пространстве и времени, точностью работы [9, 40] и т. д. Затраты  $Z$  могут определяться стоимостью создания системы и эксплуатации, материальными и обобщенными затратами.

В настоящее время в системе планово-экономических расчетов по разным уровням управления ЭНТП действует множество методик и методических указаний по оценке эффективности управления ЭНТП [39], каждая из которых обслуживает свою сферу плановой деятельности, учитывает ее

специфику и особенности. Казалось бы, что все они должны отражать единую методологическую линию в подходе к оценке эффективности. Между тем анализ показывает, что среди них нет даже полностью идентичных по методам расчета, по системе используемых нормативов, кругу учитываемых оценок.

Отсутствие единого метода оценки эффективности управления ЭНТП усугубляется тем, что, в основном, применяемые экономические методики оценки ЭНТП мало пригодны для создания системы управления ЭНТП и не дают качественную оценку процесса управления. Данное положение является тормозом для создания наилучших АСЦУ ЭНТП, БП.

Анализ обширной литературы по вопросам эффективности производства [26, 41, 100, 120] показывает, что экономическая наука не только не создала измерительный механизм количественной интегральной оценки системы управления ЭНТП, но даже не выработала единые принципы построения этого механизма.

Определение эффективности АСЦУ ЭНТП, БП в виде (1.8), выражающей единство цели, результата и затрат, дает возможность подойти к вопросу интегральной оценки эффективности, которую необходимо рассматривать как технико-экономический критерий, поскольку, с одной стороны, он должен отражать экономическую эффективность внедрения достижений ЭНТП в производстве, а с другой стороны, эффективность управления ЭНТП, т. е. по достижению цели управления.

Первым шагом по пути решения данной проблемы явилась разработка общих методологических принципов для целевого управления организацией на основе декларации принципа эффективности [18, 33], "снятия неопределенности с поведения объекта управления".

Меру количественной оценки качества функционирования АСЦУ ЭНТП, БП назовем выходным эффектом, который отражает цель процесса управления и описывается теорией информации.

В работах [18, 19] на основе анализа математических функционально-статистических моделей сложных объектов контроля и управления разработан обобщенный функционально-статистический критерий оценки эффективности автоматизированных систем контроля и управления АСКУ. В основу разработки этого критерия положено то, что процесс контроля и управления рассматривается как источник информации. Как известно, это имеет место тогда, когда какое-либо явление или процесс обладает неопределенностью, что полностью соответствует АСЦУ ЭНТП, БП.

В качестве обобщенной характеристики процесса функционирования системы при синтезе этого критерия использована энтропия, которая может быть однозначно связана с вероятностью и точностью достижения цели или с характеризующими ее параметрами быстродействия, стоимости, массы, объема и обобщенных затрат, которые рассматриваются как критерии оценки качества работы АСЦУ ЭНТП, БП.

Обобщенный функционально-статистический критерий имеет вид

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{K_p(t, \tau)}{K_n(t, \tau)} \quad (1.9)$$

Числитель этого критерия — обобщенная статистическая характеристика эффективности реального процесса контроля и управления, а знаменатель критерия — потенциальная обобщенная статистическая характеристика эффективности идеального процесса контроля и управления.

Достоинством обобщенного функционально-статистического критерия оценки эффективности являются полнота, наглядность, сравнительная простота и общность, позволяющие одним числом характеризовать как весь процесс управления, так и отдельные управляющие решения. На основе этого критерия можно вывести некоторые частные функционально-статистические критерии оценки эффективности, качества и оптимизации АСЦУ ЭНТП, БП.

При выводе критерия оценки эффективности целевого управления прежде всего необходимо потребовать, чтобы он действительно характеризовал эффективность. Очевидно, что критерий удовлетворит этому требованию, если он будет характеризовать информационную способность целевого управления, т. е. если он позволит оценить степень приближения реального целевого управления к идеальному при рассмотрении целевого управления как некоторого информационного процесса.

Количество информации, получаемое при реальном целевом управлении за интервал времени  $t, \tau$ ,

$$I_p(t, \tau) = H_0(t, \tau) - H(t, \tau), \quad (1.10)$$

где

$$H_0(t, \tau) = -[P_0(t, \tau) \log_2 P_0(t, \tau) + \bar{P}_0(t, \tau) \log_2 \bar{P}_0(t, \tau)] \quad (1.11)$$

— энтропия цели и системы управления, характеризующая неопределенность до начала процесса управления;  $P_0(t, \tau)$  — вероятность достижения цели, ее определенных параметров до начала процесса управления [11, 14];

$$H(t, \tau) = -[P(t, \tau) \log_2 P(t, \tau) + \bar{P}(t, \tau) \log_2 \bar{P}(t, \tau)] \quad (1.12)$$

— оставшаяся энтропия цели и системы управления после реализации управления; вероятность достижения цели или ее определенных параметров после реализации управления

$$P(t, \tau) = \frac{P_0(t, \tau) \cdot \bar{P}_{10}(t, \tau)}{P_0(t, \tau) \cdot \bar{P}_{10}(t, \tau) \cdot P_{110}(t, \tau)},$$

где  $P_{10}(t, \tau)$  и  $P_{110}(t, \tau)$  — ошибки 1-го и 2-го рода соответственно.

Потенциальная информационная возможность управления определяется равенством

$$I_n(t, \tau) = H_0(t, \tau) \quad (1.13)$$

Эффективность целевого управления с информационной точки зрения можно оценить критерием [56, 60]

$$\mathcal{E}_I(t, \tau) = \frac{I_p(t, \tau)}{I_n(t, \tau)} \quad (1.14)$$

Критерий (1.14) имеет физический смысл и действительно характеризует эффективность управления однозначно некоторым числом, изменяющимся от 0 до 1; при этом идеальная система имеет эффективность, равную 1; реальная —  $\mathcal{E}_I < 1$ ; критерий достаточно полно учитывает отношения системы к самой главной характеристике состояния цели — к вероятности ее достижения; учитывается также точность работы системы. При  $\mathcal{E}_I < 0$  — система "генерирует" ложную информацию.

Однако, наряду с указанными достоинствами, критерий имеет и существенные недостатки, а именно — он не учитывает сложности и стоимости системы, а также некоторых других показателей массы, объема системы и т. д., которые в зависимости от условий управления могут оказаться весьма важными.

Критерием, свободным от указанного недостатка можно считать обобщенный функционально-статистический критерий оценки эффективности [17—20, 35, 36], в котором

$$K_p(t, \tau) = \frac{I_{\max}(t, \tau)}{C_{\Sigma}(t, \tau)} \quad (1.15)$$

— представляет собой обобщенную статистическую реальную характеристику эффективности процесса управления,

$$I_{\max}(t, \tau) = \sum_{i=1}^m I_{i \max}(t, \tau) \quad (1.16)$$

— максимальное среднее количество информации, получаемое за  $m$  опытов, выполняемых наилучшей системой, работающей по алгоритму, выбранному с точки зрения получения  $I_{i \max}(t, \tau)$ .

$$C_{\Sigma}(t, \tau) = C_{\min}(t, \tau) + \Delta C_r(t, \tau) + \Delta C_v(t, \tau) + \Delta C_G(t, \tau) + \Delta C_E(t, \tau) + \dots \quad (1.17)$$

— математическое ожидание затрат ресурса реального процесса управления;  $C_{\min}(t, \tau)$  — минимальные потенциальные затраты (стоимость или ресурс идеальной системы);  $\Delta C_m(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданные временные показатели;  $\Delta C_v(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданный объем;  $\Delta C_G(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданную массу;  $\Delta C_E(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданные энергетические показатели;

$$K_n(t, \tau) = \frac{I_{\max \max}(t, \tau)}{C_{\min}(t, \tau)} \quad (1.18)$$

— обобщенная "потенциальная" статистическая характеристика эффективности идеального процесса управления, в которой

$$I_{\max \max}(t, \tau) = \sum_{i=1}^m I_{\max_i}(t, \tau) = m(t, \tau)$$

— максимальное среднее количество информации, получаемое за  $m$  опытов управления, выполняемых наилучшей в указанном ранее смысле системой при максимальной неопределенности цели;  $C_{\min}(t, \tau)$  — стоимость идеализированной системы.

С учетом равенства (1.15) и (1.18) можно записать окончательно:

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{K_p}{K_n} = \frac{I_{\max}(t, \tau) C_{\min}(t, \tau)}{I_{\max}^{\max}(t, \tau) C_{\Sigma}(t, \tau)}, \quad (1.19)$$

или

$$\mathcal{E}(t, \tau) = \frac{\sum_{i=1}^m [H_{i0}(t, \tau) - H_i(t, \tau)] C_{\min_i}(t, \tau)}{m(t, \tau) \sum_{i=1}^m C_i(t, \tau)}. \quad (1.20)$$

Выражение (1.20) является конкретизацией критерия эффективности для сложных систем целевого управления

$$0 \leq \mathcal{E}(t, \tau) \leq 1. \quad (1.21)$$

Совершенные системы имеют  $\mathcal{E}(t, \tau)$  близкий к единице, несовершенные — к нулю, системы, генерирующие ложную информацию  $\mathcal{E}(t, \tau) < 0$ .

Формулам (1.18, 1.21) можно дать геометрическую интерпретацию, рис. 1.6. Если по оси абсцисс откладывать затраты, а по оси ординат — выгоду, причем полуоси справа и сверху от точки пересечения осей интерпретировать как соответствующие дополнительные затраты и дополнительные выгоды, то на плоскости с заданным базисом можно ввести следующую классификацию сложных систем. Точки третьего квадранта соответствуют "выгодным сложным системам", т. е. таким, которые при вложении в них определенных затрат способны обеспечить определенную выгоду.

Точки второго квадранта соответствуют безусловно "выгодным сложным системам", которые при вложении в них примерно таких же затрат, как и в "выгодные СС", способны обеспечить не только определенную основную выгоду, но и некоторую дополнительную выгоду, не присущую системам просто выгодным. Точки первого квадранта соответствуют "условно выгодным сложным системам", под которыми понимают системы, в которых также возможно получение сверх основной и дополнительной выгоды, но при условии вложения дополнительных затрат. Наконец, в четвертый квадрант помещены "условно невыгодные системы", под которыми подразумеваются системы, в которых вложение дополнительных затрат не приводит к

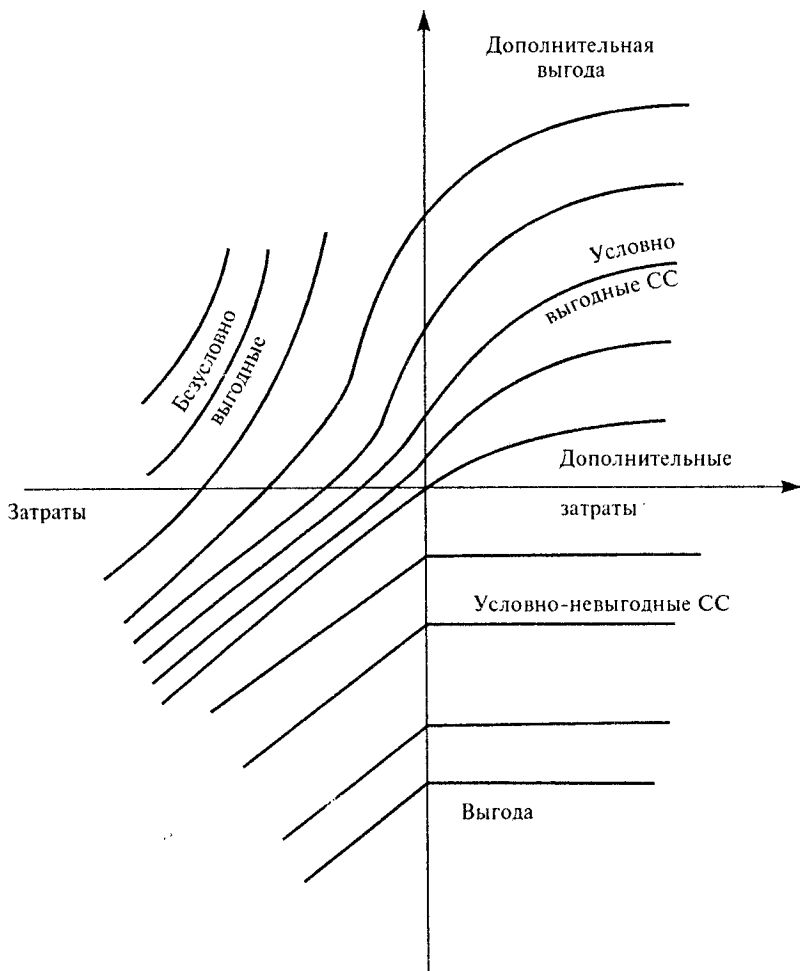


Рис. 1.6. Связь затрат и выгоды для различных классов систем

дополнительной выгоде, хотя некоторая основная выгода от вложения основных затрат в этих системах достигается. Заведомо невыгодные системы из рассмотрения исключены, поскольку понятие "эффективность" для них неприемлемо [46, 54].

Такая модель эффективности доступна и отражает качественно возможные исходы в процессе анализа и создания АСЦУ ЭНТП, БП.

Используемая критериальная модель эффективности АСЦУ, БП



позволяет методологически обосновать процесс создания и функционирования систем, разработать методики принятия решений в этих системах, выбора и вывода частных критериев, отражающих функционирование систем, оценивать отдельные элементы, методы, алгоритмы и т. д. С этой целью необходимо описание общих свойств обобщенного функционально-статистического критерия с позиции эффективности систем и возможностей модели (1.19), (1.20), принятой за основу построения АСЦУ ЭНТП, БП [17, 18].

Критерии (1.19)—(1.20) описывают эффективность АСЦУ ЭНТП, БП как категории, выражающей диалектическое единство цели снятия неопределенности с развития ЭНТП, результата управления и затрат средств, дают в руки инструмент, позволяющий создать эффективный механизм управления ЭНТП и разработку частных критериев и принципов оценки в АСЦУ ЭНТП, БП.

Кроме того, критерий обладает определенной конструктивностью, позволяющей легко оценивать его численное значение, что способствует упрощению анализа и выбора лучшего режима функционирования АСЦУ ЭНТП, БП.

Достоинствами критерия эффективности являются:

- возможность оценки степени приближения АСЦУ, БП к глобальной цели;
- нормированность позволяет получить безразмерность и оценить степень приближения системы к идеальной;
- определенную общность, он пригоден для оценки отдельных подсистем и системы в целом на протяжении всего жизненного цикла;
- возможность вычисления статистического оптимума;
- представительность;
- чувствительность;
- детерминированный и статистический подход к оценке управления ЭНТП;

— создание единой методологической основы построения АСЦУ, БП [74].

Критерий также позволяет оптимально распределить ресурсы, выделяемые на ЭНТП.

Методологическое единство обобщенного критерия эффективности АСЦУ, БП представлено в виде "иерархической лестницы" на рис. 1.7, в основании которой находятся координаты ЭНТП, отражающие процессы ЭНТП, БП, а вершиной является обобщенный критерий. Между вершиной и основанием находится множество комплексных и единичных критериев, являющихся, с одной стороны, декомпозицией обобщенного показателя, а с другой — системой синтеза координат. Критерии, заполняющие иерархическую структуру, обеспечивают последовательную свертку единичных координат в комплексные и т. д. Декомпозиция обобщенного критерия, т. е. вывод частных комплексных критериев для различных элементов АСЦУ,

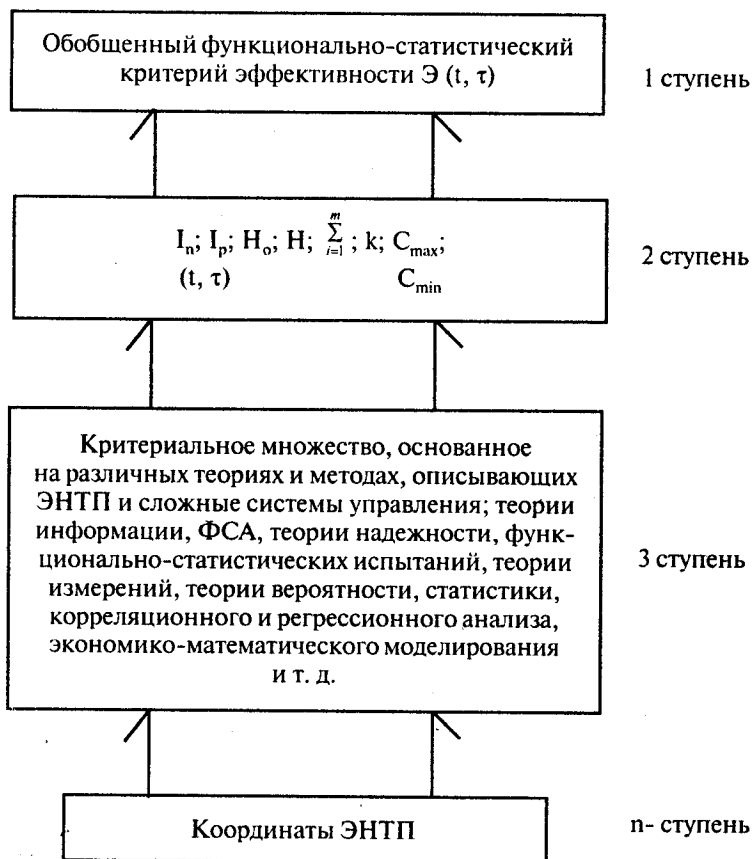


Рис. 1.7. Иерархия критерия эффективности

БП позволяет получить составляющие вплоть до координат ЭНТП.

Использование приведенной структуры критериев позволит включать в АСЦУ, БП подсистемы с различным характером деятельности, производить оценку по различным частным и комплексным показателям эффективности, отражающим различные теоретические направления изучения особенностей и причин скачков ЭНТП [22, 56].

Реализация задач АСЦУ, БП предусматривает обеспечение:

- технико-экономического развития предприятия;
- социального характера;
- совершенствования хозяйственного механизма;

- оптимального использования трудовых ресурсов;
- охраны окружающей среды.

На решение перечисленных задач и нацелена настоящая книга. Разрабатываемая АСЦУ ЭНТП, БП является открытой развивающейся системой, что предусматривает возможность включения по мере надобности новых задач и исключения тех, в которых отпала необходимость. Методология построения функционирования, информационное, математическое, программное и техническое обеспечения предусматривает такую возможность.

Одной из принципиальных особенностей АСЦУ ЭНТП, БП является высокая информационная неопределенность как исходных данных, так и отдаленных последствий принимаемых управленческих решений, что предопределяет главенствующую роль бизнесмена и предпринимателя, лица, принимающего решение (ЛПР), в этой системе. Для этого может использоваться накопленный опыт, интуитивные соображения, экспертные оценки, принимаемые нестандартные, трудно формализуемые решения.

На ЭВМ ложатся функции сбора, хранения и переработки больших объемов информации, реализация прогнозных моделей, трудоемких многовариантных оптимизационных расчетов, имитационных моделей, позволяющих получить ответы на вопросы типа "что будет, если...", "что нужно, чтобы ...".

Таким образом, ЭВМ и соответствующие математическое, информационное, программное обеспечения АСЦУ ЭНТП, БП представляют собой инструментарий, с помощью которого ЛПР готовит и принимает управляющие решения.

Разработка указанного инструментария базируется на теоретических основах кибернетики, теории построения АСУ и при создании специализированных систем многие решения могут быть просто тиражированы. Вместе с тем, накопленный опыт создания АСУ различных классов позволяет утверждать, что неизбежно возникает проблема создания проблемно-ориентированного инструментария, учитывающего особенности объекта управления, условия функционирования АСУ и т. д. В целом создание проблемно-ориентированного инструментария АСЦУ ЭНТП, БП является крайне трудоемкой многоаспектной задачей.

Настоящая книга посвящена разработке методологии, моделей и алгоритмов АСЦУ, БП на основе обобщенного функционально-статистического критерия оценки эффективности. При этом решаются следующие задачи:

1. Разрабатывается методологическая основа оценки эффективности и построения АСЦУ ЭНТП, БП, в частности, обосновывается:
  - методология принципа управления;
  - выбор структуры АСЦУ и описание объекта управления;
  - критериальная методология построения АСЦУ, БП и ее элементов;

— многокритериальная оптимизация координат ЭНТП.

2. Строится система моделей и алгоритмов управления БП, ЭНТП, включающая:

— разработку принципа управления координатами ЭНТП с учетом влияния внешних факторов и динамики производства;

— разработку моделей универсального планирования ЭНТП.

#### **1.4. АЛГОРИТМ РАБОТЫ БИЗНЕСМЕНА И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ПАРАДИГМ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ АСЦУ**

Алгоритм работы бизнесмена и предпринимателя можно представить в виде шагов и структурной схемы [1, 179] (Рис. 1.8).

**Первый шаг.** Определение направления деятельности, при этом надо решить "кем хочешь стать?", бизнесменом, предпринимателем, конструктором, рабочим, артистом, путешественником и т. д. Это решение принимается после получения, как правило, среднего образования на основе первичных знаний о законах природы и общества под влиянием среды, родных и близких с учетом природных данных. При этом необходимо также решить на каком жизненном уровне хочешь жить, быть богатым, жить на среднем или низком уровне, содержать семью или быть одиноким, жить без риска и прожить долго или с большим риском и прожить сколько получится, без учета или с учетом обстоятельств, соотнеся решение со своим личным представлением счастья и смысла жизни. Необходимо посоветоваться со специалистами, работниками АСЦУ и, конечно, с родителями, чтобы совершить меньшую ошибку, не ошибиться на всю жизнь и добиться наивысшего успеха. Все надо как следует обдумать, все возникшие мысли зафиксировать на бумаге, "загнать" их в подкорку мозга и в дальнейшем стремиться к выбранному всеми силами в пределах высокой нравственности.

Предположим, в результате всего сказанного и не сказанного, принято решение стать бизнесменом или предпринимателем. Все надо снова хорошо обдумать и составить план на бумаге, помня о том, что мысль — это гостья, которая приходит вдруг и может исчезнуть навсегда. Хорошие мысли можно материализовать, овестивить, превратить в деньги. Как писал Н. Хилл, «Мысль — это вещь!». С момента принятия решения Вы посвятили себя полностью этому делу и превратили его в свою будущность, которое несомненно победит "судьбу".

**Второй шаг.** Подготовка к бурной деятельности в стремлении к успеху. Первое, что надо сделать, получить соответствующее образование, соответствующее направлению деятельности, оговоренных в таблице 1.1, помня о том, что можно достичь больших успехов на стыке направлений, что образование без применения его на практике не даст успеха.

Кроме получения специального образования, необходимо подготовить

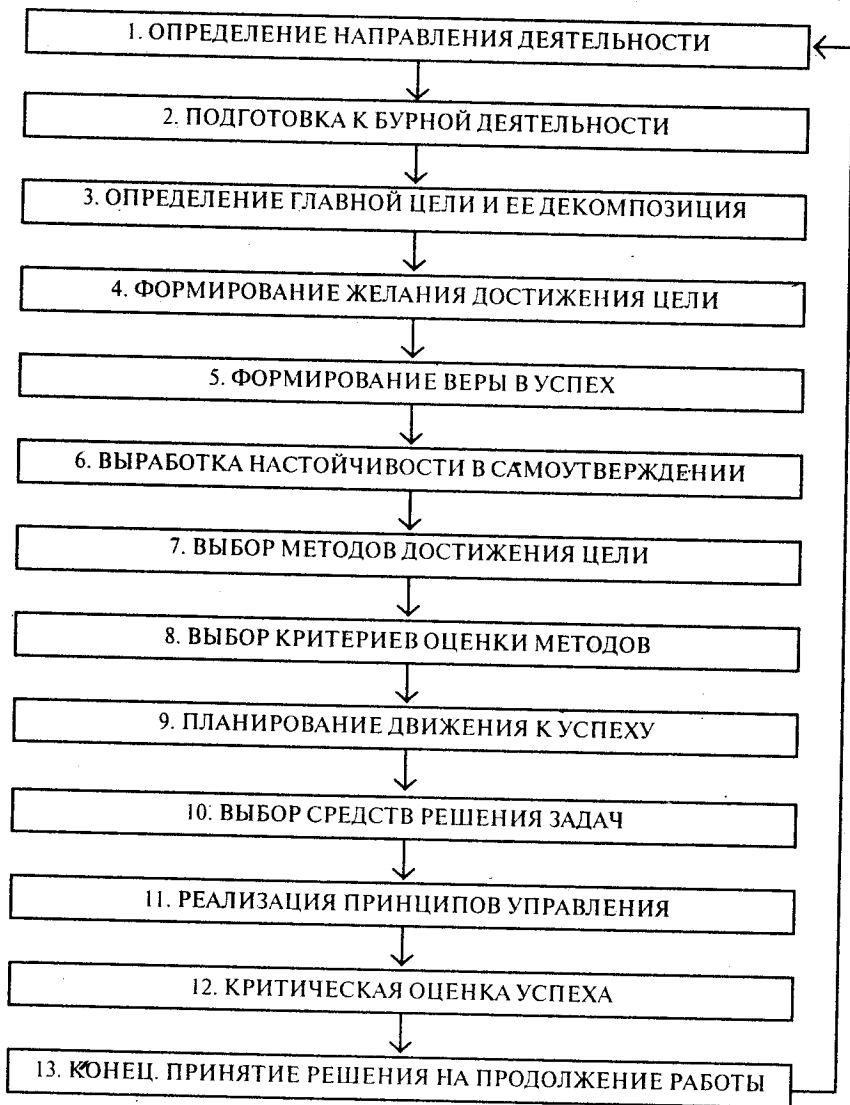


Рис. 1.8. Структурная схема алгоритма работы бизнесмена и предпринимателя

себя по общеобразовательным дисциплинам: математике, философии, психологии, юриспруденции, управлению, бизнесу и предпринимательству в условиях применения АСЦУ, статистике и др. При этом глубокое изучение дисциплин может не потребоваться на практике, а потребуются знания о том, где можно о чем-то прочитать или воспользоваться консультациями отдельных специалистов, группой экспертов, использующих различные методы решений, включая метод "мозгового штурма". Эффективность и успех в бизнесе — случайные явления, они могут придти в конце длительной, напряженной работы, "за шаг до поражения", надо психологически подготовиться ко всему, главное — "Начал — не бросай". Надо научиться много работать, независимо от обстоятельств, состояния здоровья и настроения, делать добро, ибо "добро возмратится добром, зло — злом", любить всех, включая врагов, и для мужчин, конечно женщину. Надо всегда уяснить себе главные положения для достижения успеха:

для успеха достаточно одной глубокой идеи, которую надо "добыть", взростить, выбрать по определенным критериям из множества идей;

когда идешь к успеху, его составляющие приходят быстро и в таком количестве, что приводит к удивлению, где они раньше все хранились;

не стоит считать, что к успеху приходят только талантливые и те, кто много и упорно работает без устал;

когда начинаете думать об успехе, надо научиться "погружать" сознание в состояние, притягивающее успех, решительность намерений;

необходимо научиться наблюдать за тем, что при использовании философии успеха каждый шаг в жизни приближает к успеху; надо уметь уйти от философии "невозможно", надо постичь как "из невозможного сделать возможное";

успех приходит к тем, кто мыслит категориями успеха, поражение — кто мыслит категориями поражения; надо научиться искусству преобразования сознания от пораженческого к сознанию успеха; надо все глубоко обдумать на нравственном уровне, исключая насилие;

что задумано, о чем сказано, то должно быть обязательно сделано;

к успеху надо стремиться до тех пор, пока не будет результата, сколько бы времени и сил для этого ни потребовалось;

в достижении успеха надо твердо знать чего хочешь достигнуть;

надо твердо знать, что мысли, доминирующие в сознании, магнетизируют его, эти "магниты" притягивают силы, людей, обстоятельства, приводя их в гармонию, в "резонанс" с доминирующими мыслями; если хочешь стать богатым, то надо магнетизировать сознание желанием богатства, надо мыслить категориями денег, пока жажда денег не приведет к составлению конкретных планов по приобретению денег; "успеха добивается только тот, кто стремится";

надо найти соответствующий стартовый капитал;

не важно в каком вы состоянии, но чем дольше вы идете к успеху, тем он

становится ближе; многие бросают дело за шаг до победы; запомните: этот шаг сделают другие.

Целеустремленность — пробный камень любого достижения, большого или малого; измените представления о своем предназначении — вы достигнете того, что вам кажется неосуществимым;

вложите вашу веру в настойчивость других, в том числе работающих на АСЦУ, и вы добьетесь осуществления невозможного.

**Третий шаг.** Определение главной (глобальной) цели и ее декомпозиция на локальные цели (подцели).

Цели можно подразделить на пока недостижимые, в определенном смысле фантастические, на труднодостижимые и легкодостижимые. Недостижимые цели со временем могут стать достижимыми, примеров в практике человеческой деятельности и особенно в науке и технике достаточно. Цель — это декларация желания, мечты, стремлений, она конкретна по формулировке, должна аккумулировать всю энергию, всю силу воли, все эмоции, аналитическую и эвристическую способность мозга. Для получения успеха цель должна стать навязчивой идеей жизни и, в конечном итоге, всей жизни. Правильно выбранная цель не дает путей к отступлению. Ученые, бизнесмены и предприниматели по целям и решаемым задачам могут подразделяться на тех, которые выбирают недостижимые цели и нерешаемые задачи, которые выбирают труднодостижимые цели и решаемые задачи и научные проблемы с неизвестным заранее результатом, которые выбирают достижимые цели и решаемые задачи и проблемы. Все это обуславливается эрудицией и степенью образования человека или группы людей, однако, все уровни классификации на практике нужны. Более подробно о целях и их декомпозиции было сказано в предыдущих разделах книги, где описан метод построения графа—дерева и графа—леса целей.

"Мечты сбываются, когда желание становится действием с соблюдением честности и законности. Просите у жизни многого, и жизнь многое вам даст". При определении цели и выборе проблемы надо выходить на границу: победить или погибнуть. Только в этом случае данная природой жизнь может быть оправдана. АСЦУ поможет оценить значимость целей.

**Четвертый шаг.** Формирование желания достижения цели.

Желание, влечение, стремление к чему-нибудь, к осуществлению мечты, к овладению чем-либо. Желание должно быть заветным, к нему надо стремиться всеми силами, им надо гореть. Желание — это чувство наибольшей целесообразности, необходимости, интересности, участности.

Желающий достичь определенной цели, успеха "должен сжечь за собой мосты, отсечь все пути к отступлению", сформировать жгучее желание победы. «Только страстное желание богатства, переходящее в идею фикс, только планирование конкретных путей и средств его достижения, только реализация планов с настойчивостью, не признающей поражения, в один прекрасный день сделают вас богатым».

Существует шесть принципов управления желанием:

определить точное количество (цифру) успеха (денег), которое вы хотели бы иметь с жесткой педантичностью;

честно скажите себе, что вы готовы за успех (богатство) заплатить, бесплатно ничего не дается;

наметьте срок, за который вы планируете придти к успеху;

составьте конкретный план выполнения желаний при достижении успеха, действуйте немедленно, независимо от того, готовы реализовать план или нет;

запишите начальные данные (время, количество средств, чем готовы пожертвовать и др.);

каждый день перед сном и утром читайте вслух свои записи, читайте с чувством, что вы уже знаете как достигнуть или достигли успеха.

Желание достичь успеха заразит вас, станет хорошим помощником, силой внушения желания перейдут в действительность. Вы никогда не достигнете успеха, если не доведете страсть к успеху до кипения. Желание и стремление к успеху сделают вас непобедимым, никто не побежден, пока не признает себя побежденным. Импульс же страсти никогда не признает слова "невозможно", не желает знать "неудач". Желание превращает неудачу в победу.

**Пятый шаг.** Формирование веры в успех. Управляемая вера заставляет всякую мысль "вибрировать" от напряжения и позволяет подняться на недостижимую высоту, укрепить уверенность в себе. Вера — особое состояние ума, катализатор всех умственных способностей, которое можно развить в волю с помощью тринадцати принципов:

фиксация мысли об успехе, успех — это одна глубокая идея;

формирование страстного желания, рождающего заветную мечту;

ясное осознание веры, любая мысль без ясной веры мертва;

вдохновение необходимо перевести в подсознание самовнушением;

получение необходимого образования, учитывая то, что образование — это освоение различных теорий и умения на основе них решать практические задачи;

развитие воображения, составление плана стремления к успеху;

принятие решения с учетом мнений экспертов и специалистов;

выработка настойчивости в достижении успеха;

использование движущейся силы поля (секса) и сублимации;

использование согласованного хора умов, "мозгового центра";

использование шестого чувства, эвристических методов, "невидимых советчиков";

после поражения надо начинать снова с большей энергией;

никогда не впадать в состояние страха, ничего не бояться, даже смерти, разум и высокая нравственность помогут победить все.

Единственный известный метод осознанного совершенствования чувства



веры — вводить его в подсознание, используя при этом положительные и отрицательные эмоции, являющиеся чувственным началом в мысли. Человек — творец своего счастья и несчастья. Необходимо уметь слушать подсознание, которое даст инструкции по укреплению веры, в поощрении положительных эмоций и подавлении отрицательных, в уходе от ситуации "незевение". Необходимо также в совершенствовании чувства веры учитывать следующие принципы:

верьте в себя: вера — это категория в Бесконечном;

вера — "эликсир вечности", дающий жизненную силу порыву мысли;

вера — это точка опоры при стремлении к успеху;

вера — это основание чудес и всех тех тайн, которые не могут быть открыты и объяснены с помощью науки;

вера — единственное противоядие от всех неудач;

вера — это "химический элемент", соединяющий с Высшим Разумом;

вера — это элемент, трансформирующий обычное движение мысли в трепет сознания;

мысли — диктаторы, но без веры они мертвы.

Мысли в соединении с каким-нибудь волнующим чувством и верой обладают своего рода "магнетизмом", притягивающим родственные мысли, начинают немедленно материализоваться.

**Шестой шаг.** Выработка настойчивости в самоутверждении. Самоутверждение можно подразделить на следующие основные этапы:

при вполне понятной цели необходимо потребовать от себя настойчивости сделать все, что в силах, при стремлении к успеху;

мысли — хозяева сознания, руководящие внешними поступками, необходимо воспитать в себе личность, соответствующую воображению четкого мысленного образа;

любое желание, которое культивируется в сознании, в конечном итоге обретает практические средства для его осуществления, поэтому необходимо хотя бы десять минут посвящать ежедневно самоутверждению;

после четкой формулировки главной цели необходимо приложить максимум стараний, чтобы добиться уверенности в себе;

надо быть во всем правдивым и справедливым, не связывать совесть со сделками, которые не принесут выгод всем ее участникам, необходимо подавить в себе ненависть, подозрительность, зависть, черствость и цинизм, совершенствуя свою любовь к людям и коммуникабельность, помня о том, что плохое отношение к окружающим никогда не принесет успеха; не даст уверенности в себе, что кто страдает от нищеты и всевозможных несчастий, попали в неблагоприятную ситуацию вследствие внушения отрицательных эмоций, так как любые мысли материализуются; нищим и богатым человек себя делает сам в зависимости от уровня нравственности; не накликайте на себя беду, самовнушение может привести к благополучию и процветанию, но также легко может свергнуть в юдоль страданий, несчастий и даже смерти,

в зависимости от уровня нравственного понимания и применения его; самовнушение может укрепить уверенность, но и усилить дух неверия.

В каждом человеке зреет зерно поступка, созревши, оно вас может поднять на такую высоту, которой вы никогда не надеялись достичь. Важную роль в этом может сыграть любовь к женщине. Взаимная любовь может сыграть важнейшую роль в самоутверждении. В активном бизнесе не обойтись без веры, уверенности и доверия, а также для того, чтобы получить, надо уметь прежде что-то отдавать.

Любой успех и богатство приходит в мир мыслями, а затем они реализуются внутренней самоуверенностью, самоутверждением. Бизнес и предпринимательство должны работать вместе с обществом и на общество.

**Седьмой шаг.** Выбор методов достижения успеха. Самовнушение.

При стремлении к успеху бизнесмен и предприниматель может использовать различные методы из разных отраслей наук, все зависит от его эрудиции и от эрудиции его консультантов. По парадигмам управления, как уже говорилось, все методы подразделяются на насильственные (ненравственные) и нравственные (ненасильственные).

Эти методы пока слабо разработаны, хотя используются на практике со времен появления человека. Психологи утверждают, что ненасильственные методы при управлении людьми на 30—50% эффективнее насильственных.

При решении задач поиска кратчайшего пути к успеху можно использовать метод Крушевского, метод "ветвь — предел" и метод "коммивояжера" [40].

При решении оптимизационных задач используются методы линейного и нелинейного динамического программирования, принцип максимума Понтрягина и другие методы, реализуемые с помощью ЭВМ и АСЦУ (методы Лагранжа, Зейделя, градиента )

Главным методом при достижении успеха необходимо уметь заставить работать на себя глубины сознания при определенной помощи подсознанию чувствами, самовнушением.

Самовнушение — это внушение, позволяющее получить самоуправляемое возбуждение сознания посредством чувств, это центр управления связью между сознательным и подсознательным мышлением. При помощи самовнушения доминирующие мысли, доминирующие тенденции проникают в подкорку и влияют на ее работу, при которой идеи, "прорастают" как семена. Самовнушение — центр контроля, через который индивидум по своей воле может "засевать" желательными для него мыслями свое подсознание, используя принципы:

подсознание принимает как руководство к действию только желаемые мысли, "замешанные" на чувстве;

повторение — мать учения, непонимание является основной причиной неудач при самовнушении;

слова, не подкрепленные чувством, не воздействуют на подсознание;

необходимо проявлять постоянство и настойчивость, не падать духом, если

вначале не удастся контролировать и направлять чувства в подсознание; зафиксируйте точнее в сознании какой желаете уметь успех, поверьте этому, ибо подсознание воспринимает отдаваемые ему приказы только тогда, когда они базируются на абсолютной вере;

поняв желание, необходимо быть наготове, когда идея придет в голову как "вспышка", как вдохновение, после чего надо немедленно действовать, приступать к реализации составленного плана.

После того, как заработает подсознание необходимо:

ежедневным повторением в спокойном месте утвердить веру в реальность плана идти к успеху, поместить план на самом видном месте и читать его утром и вечером;

человек — хозяин своей судьбы, может стать господином над собой и своим окружением, потому что он обладает силой влияния на свое подсознание;

у каждого человека есть шестое чувство, но для контроля за подсознанием достаточно пяти чувств, фиксирующих состояние координат движения к успеху;

действуйте, не ждите удачного времени, "в каждой напасти ищите благо".

**Восьмой шаг.** Выбор критериев оценки методов движения к цели.

Оценку эффективности методов движения к успеху необходимо производить по критериям с помощью ЭВМ и АСЦУ.

Воображение — способность воображать, фантазировать, домысливать в направлении стремления к успеху; это мастерская ума, способная интеллектуальную энергию преобразовать в свершения и успех, мастерская, в которой выковываются человеческие планы и желания. Человек способен создать все, что способен вообразить.

Критерии — это мера, позволяющая произвести качественные или количественные оценки явлений природы и общества, выбрать наиболее предпочтительные варианты альтернатив из множества. Критерии могут выражаться (объективный характер) и воображаться (субъективный характер) на различных уровнях абстракции:

лингвистическом (язык народа или машинный язык);

графическом (чертежи, графики, рисунки, фотографии и др.);

математическом (различные теории, входящие в математику);

эвристическом.

Критерии являются основой при анализе и синтезе методов и систем, при разработке различных теорий.

Все критерии можно подразделить на частные (локальные) и обобщенные (глобальные), аддитивные и мультипликативные, а также смешанные — адитивно-мультипликативные. Кроме того существуют матричные критерии, критериальные решетки и кортежи.

Общие требования к критериям оценки эффективности, качества и оптимальности являются следующие:

критерий должен быть объективным, отражать объективную реальность;

критерий должен действительно оценивать эффективность, качество и оптимальность лучше прямо, чем косвенно, лучше аналитически, чем эвристически;

критерии должны легко общественно и физически толковаться, должны быть простыми, легко вычисляться, хотя бы с применением ЭВМ;

критерии должны быть нормированными, это позволяет преодолеть трудности размерности и определить крайние состояния системы и пределы применения метода;

критерии должны обладать определенной общностью, позволять оценивать в любые этапы жизненного цикла, элементы и в общем;

критерий должен легко формироваться из частных критериев и наоборот, декомпозироваться на частные критерии;

критерий должен обладать оптимальностью, либо МАКС, либо МИНИ, лучше, если он будет иметь аналитический оптимум;

критерий должен обладать определенной теоретичностью, должен позволять на основе его разрабатывать новую теорию;

критерий должен обладать эвристичностью, т. е. накапливать опыт и формировать интуицию.

Если хотя бы одному требованию критерий не удовлетворяет, он не достаточно полный, имеет недостатки, надо выводить другой.

Алгоритм выбора критерия эффективности, качества и оптимизации можно представить таблицей 1.2. [185].

В основу выбора критерия полагается главная цель оценки успешного функционирования метода или системы во времени и пространстве, адекватность, точность и реализуемость.

Альтернативы критериев выбираются на основе априорных первичных критериев, положенных в основу разработанных теорий: алгебры логики ( $F(Z)$ ), теории статистики ( $f(t, \tau, x), R, \sigma, \gamma, \beta$ )), корреляционной теории ( $f, R, \sigma$ ), теории вероятностей ( $P(t, \tau, X)$ ), теории принятия решений с определенным риском (теории риска ( $L(t, \tau, X)$ ), теории информации ( $I(t, \tau, X)$ ), теории обобщенного функционально-статистического критерия ( $\Theta_{ic}(t, \tau, X)$ ), эвристики ( $\Theta$ ), и других теорий.

В таблице по оси абсцисс откладываются возможные критерии, положенные в основу перечисленных теорий; по оси ординат названы возможные задачи, которые необходимо решать при стремлении к успеху. При этом, если задача не решается критерием, то проставляется 0, если решается — 1, если решается неполностью — 1-. В последней строке указывается число оценок по критерию.

При построении таблицы использовано синтетическое воображение, которое позволяет обобщить известные концепции, идеи и замыслы при решении новых задач. Синтетическое воображение можно трансформировать в творческое воображение, посредством которого ограниченный разум человека выходит на Мировой Разум, воспринимает и преобразует все

Таблица 1.2

№ № п/п	КРИТЕРИИ		Алгебра логики $F(Z)$	Статистика $f(t, X),$ $R, \sigma, \gamma, \beta$	Корреля- ционная теория $f -$ норм. $R, \sigma$	Теория ве- роятности $P(t, X)$	Риск $L(t, \tau, X)$	ОФСК $\Theta_k(t, \tau)$	Эвристика $\Theta_j(t, \tau)$
	ЗАДАЧИ								
1	Построение модели цели	0	1-	0	1-	0	0	1	1
2	Построение модели процесса	0	1-	0	1-	0	0	1	1
3	Анализ и синтез управления	1-	0	1-	0	1-	1-	1	1
4	Анализ и синтез системы успеха	0	0	0	0	1-	1-	1	1
5	Оценка эффективности, качества и оптимальности методов и системы успеха	0	0	0	0	1-	1-	1	1
Количество оценок по критерию									
		2	5	3	1	1	1	1	2?

основные и новые идеи, входит в контакт с подсознанием других людей. Творческое воображение возбуждается сильным желанием, работает автоматически, как в нашем случае алгоритм сравнения возможных критериев сведен к таблице.

Желание — только мысль, импульс, если оно синтетическим воображением и творческим воображением не будет переведено в реальные очертания эквивалента успеха, то оно будет бесплодным, абстрактным и эфемерным.

Отсутствие воображения — причина многих неудач; его наличие обеспечит успех.

Из таблицы 1.2 видно, наиболее подходящим критерием для оценки методов и систем бизнеса и предпринимательства есть обобщенный функционально-статистический критерий.

**Девятый шаг.** Планирование движения к успеху. В "мастерских воображения" составляют планы по претворению желания успеха в действительность.

Формирование четкого, реально выполнимого плана, посредством которого можно осуществить задуманное сводится к следующему:

успех — отклик на настойчивое желание, оно не приходит случайно;

возьмите в союзники столько людей, сколько нужно для осуществления плана, используйте принцип "мозгового центра", не пренебрегайте рекомендациями;

определите, какие выгоды получит каждый член интеллектуальной группы, без компенсации за свой труд никто не будет работать;

встречайтесь с членами "мозговой группы" не реже двух раз в неделю;

сохраняйте гармонию в отношениях с членами интеллектуальной группы, готовьтесь к неудаче, которая может наступить в любой момент;

вы занимаетесь делом огромной для вас важности, для того, чтобы быть уверенным и достигнуть успеха, необходимо иметь безошибочный план действия;

для достижения успеха необходимо использовать опыт, образование, природные способности и воображение других людей.

План достижения успеха составляется на основе теории "Планирование экспериментов", сущность которой изложена в следующей главе.

Если составленный план не осуществляется, то замените его другим, нельзя напрасно расстраиваться, другой план, а может быть третий и четвертый должны быть более реальными. Не следует бояться неудач, сдаваться, лениться, лентяй никогда не победит, победитель не может быть лентяем. Надо быть всегда готовым начать все сначала.

**Десятый шаг.** Выбор средств решения задач. При стремлении к успеху бизнесмен и предприниматель должны решать целый ряд сложных задач, в том числе с применением ЭВМ и АСЦУ, т. е. человеко-машинной системой (ЧМС). В этом случае возникает необходимость предварительно класси-

фицировать задачи по сложности, и в зависимости от сложности выбирать средства решения задач [41]. Существенным является также то, какие задачи может решать человек (Ч), какие — машина (М), какие — человек—машина (Ч—М). Формальной программы классификации задач до работы автора [42], не существовало. При решении очень сложных задач один человек может быть заменен "мозговым центром".

При решении научных проблем в человеко-машинных системах наиболее сложными и практически не формализованными процедурами являются классификации научных задач и выбор средств для их решения.

В работе [42] формулируются принципы одного из подходов классификации научных задач и выбора средств решения.

Все задачи управления можно подразделить на традиционно-старые и новые задачи, решаемые системами человек — ЭВМ.

Новые — это такие сложные задачи, которые в принципе в информационном смысле не могут быть решены без применения ЭВМ.

Для новых задач характерна переработка, передача и хранение больших массивов информации в определенное время, сложные закономерности и алгоритмы переработки информации, большая сложность и строгость методов исследования и динамического моделирования, большая универсальность и надежность, малая стоимость.

Проблемы, характеризующиеся большими числами, которые могут быть решены только большим перебором, останутся за пределами возможности машины на сколь угодно высокой ступени развития техники и культуры.

Человеко-машинная система — это синтез "того особенно сложного куска материи, который называется мозгом человека" и ЭВМ [42], это система, объединяющая возможности человеческого разума и ЭВМ в проблемах отражения.

Автомат—ЭВМ имеет свои, только ему присущие, особенности, очень большое множество дискретных (математических) в ЭВМ элементов, действующих чисто "арифметически", которые могут дать качественно новые свойства.

Если принять за основу мыслящей системы функциональную способность, например, обсуждать проблемы управления, науки, литературы, то в принципе можно создать мыслящий существенно искусственный интеллект;

автомат практически безгранично может применяться для исследования и творчества, он способен производить сколь угодно сложные формальные выкладки;

автомат, как и человек, способен выполнять подходящий отбор на основе полученной в достаточном количестве информации;

машина способна работать в любой (не только в трехмерной) метрике, которая может показаться безумной и недоступной человеку;

машина — это продукт общественно-трудовой деятельности человека;

машина может и не работать, не теряя своей структуры, тогда как живой

организм, чтобы не погибнуть, должен всегда функционировать.

Человек в своей деятельности способен:

выполнять подходящий отбор и принимать решения эвристически в сколь угодно сложной ситуации, при сколь угодно большом количестве получаемой информации; формулировать цели;

мыслить, прикладывать усилия воли, генерировать эмоции, впадать в стресс;

в мозгу человека протекают целенаправленные и стохастические процессы;

мозг человека приспособлен именно к земным условиям (распределение объектов в пространстве, подчиняющимся трехмерной евклидовой метрике; исключительность непрерывных процессов, тенденция к локализации эффектов, повторяемость некоторых свойств в различных местах), за плечами человека 5 миллиардов лет эволюции, сформировавших представления о трехмерном пространстве;

человек является продуктом естественной эволюции.

Все задачи можно классифицировать по объему информации на входе и выходе, объему перебора, простоте и сложности среды, а также по наличию алгоритма решения (табл. 1.3).

Всякую сложную задачу можно разделить на несколько простых, решение

Таблица 1.3

Класс задач по объему информации и наличию алгоритма решения					Средства решения
Вход	Среда	Алгоритм	Выход	Перебор	
М	П	Есть	М	М	Ч
М	П	—«—	М	Б	М
М	П	Нет	М	М	Ч
М	П	—«—	М	Б	Ч—М
М	П	Есть	Б	Б	М
М	П	—«—	Б	ОБ	Ч—М
М	С	—«—	Б	Б	М
М	ОС	—«—	Б	Б	Ч—М
Б	С	—«—	Б	Б	М
ОБ	П	—«—	Б	Б	Ч—М
ОБ	ОС	Нет	ОБ	ОБ	Ч—М

Примечания: Ч — человек или группа людей в состоянии решить задачу в приемлемые сроки;

Б — большой;

ОБ — очень большой;

П — простая;

С — сложная;

ОС — очень сложная среда;

М — машина, малый  $vx_1$ ,  $vyx_2$



которых в Ч—М системе можно осуществлять последовательно, параллельно или параллельно-последовательно — с соответствующим резервированием и без него. Поэтому наиболее общим случаем оказывается сложная система с ветвящейся структурой.

Кроме того, человеко-машинная система является информационной и поэтому ее эффективность и качество работы целесообразно оценивать информационными критериями, наиболее интересным из которых является обобщенно-функционально статистический критерий. Теория этого критерия более подробно изложена в монографии [56], а сущность показана в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Название критерия	Вид критерия
Вероятность выполнения задачи	$P(\lambda, P_{до}, P_{но}, I, \tau)$
Энтропия состояния	$H(P)$
Информационная способность	$I(H)$
Эффективность	$\mathcal{E}(I)$
Обобщенные затраты	$C(I, \tau)$
Обобщенный критерий эффективности	$\mathcal{E}_{IC} = \frac{I}{C}$
Обобщенный критерий эффективности с учетом реальной и потенциальной систем	$\mathcal{E}_{IC} = \frac{I_p C_p}{I_n C_n}$

Примечание:  $\lambda$  — частота отказов;

$P_{до}$  — вероятность ошибок I рода

$P_{но}$  — вероятность ошибок II рода

Таким образом, при детальном изучении решаемых задач, всегда возможно для получения нужного эффекта и качества вначале отнести задачу к определенному классу по объему информации и затем по классу выбрать соответствующие средства решения.

**Одиннадцатый шаг.** Реализация принципов управления при стремлении к успеху.

Все человечество делится на два типа людей: лидеров и исполнителей. Кроме того, лидеры и исполнители подразделяются на: человека привычек, человека воли и нравственного человека. При начале бизнеса и предпринимательства необходимо определить к какому типу тот или иной человек относится, ибо нельзя добиться успеха, если человек берется не за свое дело.

Нравственный лидер принимает самостоятельные решения и без насилия (нравственно) их исполняет не только над собой, но и своими исполнителями. Благодаря этому он достигает наивысшего успеха. Нравственный исполнитель (умный исполнитель) имеет ряд преимуществ, он набирается ума—разума у лидера, работает и живет без конфликтов, не считает, что с ним поступают несправедливо, со временем он может стать хорошим руководителем.

При стремлении к успеху необходимо уметь эффективно контролировать, управлять, восстанавливать и устаревшее, неэффективное разрушать, отбрасывать, отрицать нравственными методами. Применение насильственных методов может существенно снизить эффект и качество контроля, управления, восстановления и отрицания.

Важнейшими особенностями управления являются:

смелость, решительность и уверенность, базирующиеся на знании самого себя и дела, которому посвящается вся жизнь лидера;

самоконтроль и контроль за другими, самоконтроль прекрасное свойство исполнителей, человек, не контролирующий себя, не может контролировать других: в этом случае исполнители стремятся подражать руководителю;

острое чувство справедливости, несправедливый руководитель быстро теряет авторитет и лишается морального права руководить;

четкость решений, колеблющийся в своих решениях лидер неуверен в себе, не может успешно руководить;

ясность планов, нельзя действовать на авось, плыть по течению;

привычка работать "сверхурочно" — готовность работать больше, чем требуется от подчиненных;

привлекательность личности, небрежность и неряшливость никогда не приведут к успеху, надо уважать себя, следить за своей репутацией;

сочувствие и понимание своим подчиненным, умение понимания их проблем;

совершенное владение предметом и ситуацией, знание дела как свои пять пальцев;

готовность взять всю ответственность на себя за ошибки и упущения подчиненных;

сотрудничество, использование принципа совместных усилий, для управления нужна энергия, а ее дает сотрудничество и высокая нравственность.

Управление нравственное, на основе всеобщего согласия — единственный источник света, на который может еще надеяться человечество. К общим недостаткам лидеров относится: неспособность учесть все детали, расписка в своем бессилии; неготовность к взаимозаменяемости, переложить часть работы на других и строго спросить с них; ожидание вознаграждения просто за знание вместо использования своего знания для дела; боязнь конкуренции со стороны исполнителей; отсутствие воображения, беззащитность перед непредвиденными обстоятельствами; эгоизм, неготовность поделиться

славой; невоздержанность, неверность своим обязательствам; авторитарность и насилие в управлении; шеголяние званиями, чопорность и хвастливость.

Любая из этих ошибок управления может привести карьеру к печальному концу.

Если бизнесмен и предприниматель выбрал работу по душе, если они рассчитывают на помощь общественности, если они способны к критической самооценке, если они человеколюбивы, готовы перенести любые несчастья, способны создать сами себе рекламу, критически оценивать успех, способны сформировать команду интеллектуалов и сказанное выше другое, то успех гарантирован.

Главным из этих положений является умение критически оценить успех.

**Двенадцатый шаг.** Критическая оценка успеха.

Успех — удача в достижении цели, общественное признание, хорошие результаты в работе и в учебе и в других направлениях. Для бизнесмена и предпринимателя главными являются первые два направления, успех в которых можно оценить по приведенным ранее критериям: эффективности, качеству и оптимальности в стремлении к цели, при этом необходимо учитывать следующие принципы, сформулированные Н. Хиллом:

каждый человек должен уметь продавать свои услуги на постоянной, эффективной и качественной основе; по качеству, количеству и силе духа в сотрудничестве (ККС);

качество услуг — это совершенство в деталях и мелочах, достигаемое, когда все мысли направлены на улучшение результатов работы;

количество услуг — число услуг, оказываемых в наиболее полном объеме в любое время с привычкой увеличивать их ассортимент;

сила духа — вдохновение от сотрудничества — полное и доброе — нравственное взаимопонимание с коллегами, побуждение их собственным примером к достойному поведению и работе; надо быть человеком умным и достойным успеха;

услуги — такой же товар, как и предметы потребления, их надо продавать с большой ответственностью, с большим человеколюбием без самых ничтожных элементов эгоизма.

Таким образом, бизнесмен и предприниматель при стремлении к успеху и оценке успеха в услугах должен быть человеком привычки, человеком воли и высоконравственным человеком.

Н. Хилл в своей книге дал описание тридцати трех несчастий в стремлении к успеху, основными из которых являются:

отсутствие ясных целей, отсутствие честолюбия, неумение использовать образование, сделать его усилителем в движении к успеху, отсутствие силы воли и настойчивости, отрицательные черты характера, неиспользование сублимации, неумение принимать твердые решения, страх, боязнь риска, нетерпимость, бесчестность, сомнение и тщеславие, отсутствие денег, веская или катастрофическая причина (болезнь и др.).

Контроль движения к успеху необходимо вести систематически. Критическую, полную оценку и анализ надо делать раз в год (в конце года) по плану, отвечая при этом на главные вопросы:

добился ли целей, поставленных на год? Насколько они реальны?

Оказаны ли услуги с максимальной эффективностью и качеством?

Было ли поведение безупречным при сотрудничестве? В ком сомневался? Был ли достаточно разумным и волевым при принятии и исполнении решений? Кто и что мешало? Как улучшить свои качества и рейтинг?

Был ли энергичным, невоздержанным, самонадеянным, преодолевал ли боязнь и страх при риске?

Вошло ли в привычку подсчитывать время, доходы, затраты, экономичность? К чему приучил себя, к чему надо приучить, привыкнуть?

Был ли в чем-то виноват, какие совершались ошибки, как они устранялись, правильно ли выбрал профессию?

Достаточно ли разумен, волевой, какие сформировал привычки и какой рейтинг в движении к успеху? Что кружило голову, что "бросало" в пессимизм?

При ответах на эти и другие вопросы, обусловленные направлением деятельности, необходимо лучше пользоваться количественными оценками или, хотя бы, конкретными качественными, анализировать оценки и намечать пути их улучшения, максимум при этом используя свои способности и разумно привлекая "мозговой центр" и ЭВМ.

«Успех в оправдании не нуждается, у неудачи нет никаких оправданий».

При неудаче один ищет ее причину, другой — средство ее преодоления.

В результате критического анализа успеха можно получить успех и неуспех, цель достигнута и недостигнута, хотя на протяжении исполнения всего алгоритма оценки велись, велся прогноз успеха, непрерывно велось управление движением к успеху и все-таки в конце пути получают две оценки крайние "ДА" или "НЕТ", промежуточные оценки лишь можно как-то учитывать. В этом случае надо быть готовым ко всему.

**Тринадцатый шаг.** Конец алгоритма, принятие решения на продолжение работы.

В случае успеха необходимо разработать план реализации успеха и план развития успеха в будущей работе, жизни, в случае полной или частичной неудачи — неуспеха, надо разумно начинать все сначала, учитывая прошлый опыт, больше думать, более разумно делать каждый шаг, более полно учитывать обстановку движения к успеху, творчески оценивать успехи и неудачи на каждом шагу. Творческий подход необходим всем бизнесменам и предпринимателям в науке, экономике и любых других направлениях, но главное "не вешать головы", не терять надежду на успех.

Предварительно заметим, что этот алгоритм проверен на практике за рубежом и в СССР и СНГ. Он может творчески обобщаться в меньшее или большее число шагов в зависимости от направления работы, однако в таком изложении он является основой мышления при движении к цели.

Авторы обобщили опыт творческой работы конструкторов космических, авиационных и радиоэлектронных больших автоматизированных систем, опыт работы в науке и системе подготовки кадров. Первый автор долгие годы работал консультантом по созданию автоматических и автоматизированных космических и авиационных систем, был руководителем многих успешно завершённых НИР и ОКР в указанных отраслях и радиоэлектронике, защитил кандидатскую и докторскую диссертации, в своей школе подготовил больше ста кандидатов и около сорока докторов наук, имеет больше пятисот научных трудов, из них около тридцати книг и около ста изобретений. Наиболее мощный вклад был сделан в строительство новых высших учебных заведений в Харькове и в Виннице, в какие-то 10—15 лет без целевого финансирования построено более шести учебных корпусов, два завода, пять студенческих общежитий, пять жилых домов для сотрудников, создана наука двух институтов и др.

Второй автор — сравнительно молодой человек, работающий в бизнесе, до последних лет он исполнил несколько НИР, защитил кандидатскую и подготовил докторскую диссертации.

Все это было сделано как стремление к великой цели, выполнить свой долг перед народом с применением бизнеса и предпринимательства. При этом авторы не стремились к личному богатству, тогда это было не принято, они делали вклад в богатство своей Родины. История распорядилась со многими, подобными авторам, жестоко и сделала их бедными, однако с большими надеждами по применению их знаний и опыта.

## **Глава 2. МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В АСЦУ ЭНТП, БП**

В основу функционирования АСЦУЭНТП, БП положена структурная схема, описанная в разделе 1.2. Особенности ЭНТП как объекта (бизнесмен или предприниматель называются далее лицом, принимающим решения) бизнеса и предпринимательства предопределяют ведущую роль (ЛПР) в реализации всех процессов управления. Однако успешно реализовать свои функции ЛПР может только при условии широкого использования ЭВМ для сбора, переработки информации, подготовки многовариантного анализа управленческих решений. Практика подтверждает, чем крупнее дело, тем опаснее нерешительность. Для этого необходимы проблемно-ориентированные математические модели, методы и алгоритмы. Описанию элементов таких проблемно-ориентированных методов и алгоритмов, учитывающих особенности ЭНТП как объекта управления, посвящена настоящая глава.

В главе рассмотрены:

- модель принятия эффективных решений в условиях многокритериальности;
- метод и алгоритм отбора значимых координат (факторов) ЭНТП, БП;
- аналитическая оценка вероятности достижения целей управления;
- метод и алгоритм прогноза развития координат ЭНТП, БП;
- основные требования к ЛПР.

### **2.1 МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ И КООРДИНАТ ЭНТП, БП**

Проблема многокритериальной оптимизации решений является одной из центральных в АСЦУ ЭНТП, БП. Разработка эффективной проблемно-ориентированной методологии ее решения является крайне важной задачей. Проблемная ориентация методов оптимизации предусматривает глубокий учет особенностей целей управления и условий, в которых оно реализуется.

Анализ особенностей ЭНТП, БП как объекта управления позволяет выделить два класса характерных целей:

- максимизация вероятности достижения при определенной точности

цели ЭНТП, БП при действии возмущающих факторов;

- максимизация скорости движения к цели;
- минимизация затрачиваемых ресурсов.

В соответствии с этим, цель управления формируется в первом случае как обеспечение требуемой точности достижения цели управления при минимизации затрачиваемых ресурсов, а во втором — как минимизация времени достижения конечного состояния с учетом ограниченности ресурсов. Формализованные выражения имеют вид:

$$C_1 = \min_{\Delta X \in \Delta q} R, \quad (2.1)$$

$$C_2 = \min_{X \in X_k} (t_k \setminus R = \text{fics}), \quad (2.2)$$

где  $R$  — множество разнородных ресурсов, выраженных в координатах ЭНТП, БП, затрачиваемых на достижение цели;  $\Delta X_k$  — изохронная вариация вектора состояния характеристик ЭНТП, БП:

$$\Delta X_k = X_k(t) - X(t), \quad (2.3)$$

$X(t)$  — фактическое состояние характеристик ЭНТП, БП;  $\Delta q$  — допустимая точность управления.

Общим критерием эффективности достижения целей (2.1), (2.2) является

$$K_k = \min \theta[R_k(X_0, X_k)], \quad (2.4)$$

где  $R_k\{r_i\}$  — множество разнородных ресурсных координат, влияющих на достижение заданного конечного состояния.

Для некоторых характеристик ЭНТП, БП самым важным ресурсом является время достижения конечного заданного состояния. В этом случае критерий (2.4) примет вид

$$K_k = \min_{R \in R_q} [t_k(X_0, X_k)], \quad (2.5)$$

где  $R_q$  — допустимое множество ресурсов, которое соответствует оптимизации траектории по быстродействию. Именно такой критерий вытекает из предыдущего и, следовательно, является критерием оптимизации траектории ЭНТП, БП.

Решение оптимизационных задач (2.4), (2.5) обусловлено рядом особенностей, главными из которых являются [34, 94]:

- наличие сложной структуры управления;
- высокий динамизм, неопределенность поведения ЭНТП, БП;
- наличие внутренних и внешних факторов развития;
- наличие единого центра координирования;
- многокоординатность и противодействие отдельных координат;
- трудность алгоритмизации процессов управления и принципиальная необходимость использования эвристических процедур;
- широкое участие коллектива в процессе управления.

С учетом этих особенностей будет разрабатываться метод оптимизации. Современные методы исследования сложных организационных систем

требуют нахождения оптимальных решений, которые могут базироваться на нескольких противоречивых критериях эффективности, в данном случае — координат эффективности ЭНТП; оптимальные по одному из критериев могут оказаться неоптимальными по остальной группе критериев. Проблема выбора оптимального решения имеет четкий математический смысл:

— в теоретико-множественном отношении — задача упорядочивания ограниченных векторных множеств на основе теории множеств;

— в теории приближений — задача приближения к точке в матричном пространстве;

— в общей теории эффективности [56] — задача снятия неопределенности с цели, сравнение с потенциальными характеристиками и упорядочение по количеству информации.

В данной книге реализуется подход, основанный на теориях приближений и общей эффективности полезности, как наиболее полно отвечающий особенностям объекта управления. В рамках подхода модель многокритериальной оптимизации имеет вид [93]:

$$U_{opt} = opt \Theta [K(U), \Lambda], \quad (2.6)$$

где  $U_{opt}$  — значение оптимального решения;  $opt \Theta$  — оператор оптимизации;  $K(U)$  — множество частных критериев эффективности ЭНТП, БП;  $\Lambda$  — вектор весовых коэффициентов;  $U$  — координаты управления ЭНТП, БП. Кроме того, предполагается известной функциональная зависимость всех частных критериев от координат ЭНТП, БП т.е.

$$k_i = f_i(u).$$

Наиболее общим является случай нестрогого противоречия частных координат, при этом множество возможных решений состоит из двух подмножеств [37]:

$$X = X^S \cup X^C, \quad (2.7)$$

где  $X^S$  — область согласия, в которой все частные критерии изменяются согласованно;  $X^C$  — область компромиссов, в которой хотя бы пара частных критериев строго противоречивы.

Таким образом, область компромиссов, известная еще как область Парето, представляет собой множество решений, из которых ни одно не может быть улучшено ни по одному из частных критериев без снижения качества хотя бы по одному другому критерию. Так, если  $(x_1, x_2) \in X^C$  и в случае двух частных критериев  $k_1(x_1) > k_1(x_2)$ , то  $k_2(x_1) < k_2(x_2)$  или наоборот.

Выделение области Парето является первым этапом векторной задачи. Любое решение, принадлежащее области согласия  $x \in X^S$  может быть улучшено по крайней мере по одной частной координате без снижения качества по всем остальным. Очевидно, что область согласия по определению не содержит оптимальное решение и условие  $x \in X^C$  является только необходимым условием оптимальности решения.



Определение точной области компромиссов является крайне трудоемкой задачей. Для непрерывной области  $X$  целесообразно определить приближенную область компромиссов  $X^p$ .

Условием корректности такой процедуры является требование выделения области  $X^p$ , не пересекающейся с областью компромиссов, а включающей ее в себя:

$$X^c \in X^p \in X. \quad (2.8)$$

Рассмотрим один из возможных методов решения этой задачи [8, 70].

В области допустимых решений  $X$  проводится оптимизация по каждому из частных критериев  $k_1, k_2, \dots, k_n$ . Полученные результаты заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

$k_i, i = \overline{1, n}$	$k_1$	$k_2$	...	$k_n$
$x_1$	$k_{11 \text{экст}}$	$k_{12}$	...	$k_{1n}$
$x_2$	$k_{21}$	$k_{22 \text{экст}}$	...	$k_{2n}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$x_n$	$k_{n1}$	$k_{n2}$	...	$k_{nn \text{экст}}$

В строки  $k_i$  заносятся значения всех частных критериев, полученных при оптимизации системы по  $i$ -му критерию, т. е. значения частных критериев в точке  $i$ -го частного оптимума. Столбец представляет собой набор значений  $i$ -й частной координаты в точках оптимума по всем частным критериям. При этом экстремальные значения критериев достигаются на главной диагонали. В каждом столбце табл. 2.1 значения координат изменяются от наилучшего ( $x_{i \text{нл}}$ ) до наихудшего ( $x_{i \text{нх}}$ ). Этот интервал включает в себя точки экстремумов всех критериев. Таким образом, множество значений  $x_{i \text{нл}}$  и  $x_{i \text{нх}}$ ,  $i = \overline{1, n}$  является границами отображения приближенной области компромиссов  $X^p$  на пространство критериев

$$X^p \rightarrow K^p. \quad (2.9)$$

Область  $K^p$  включает в себя область компромиссов

$$K^c \subset K^p, \quad (2.10)$$

так как для нее выполняется необходимое условие области компромиссов — включение глобальных экстремумов всех частных критериев  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ , в свою очередь полностью характеризующих ЭНТП, БП как объект управления.

Значения  $x_{i \text{нл}}$ ,  $x_{i \text{нх}}$  каждой частной координаты могут назначаться ЛПР, исходя из неформальных соображений, или вычисляться в условиях большой неопределенности. В этом случае указанные значения являются оценками соответствующих величин, поэтому в дальнейшем в общем случае будем их обозначать  $x_{i \text{sup}}$ ,  $x_{i \text{int}}$ .

Следующий этап состоит в выборе единственного эффективного решения из области компромиссов. Этот этап предусматривает наличие обобщенного

скалярного критерия эффективности. Методологической основой, принятого в книге подхода, является предположение, что эффективность любой системы является некоторой функцией локальных полезностей, количественно оцениваемых координатами. При этом генеральной идеей является сравнение текущего решения, характеризуемого множеством реальных критериев (координат)  $K_p = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$  с некоторым идеальным, характеризуемым  $K_u = \{k_{1u}, k_{2u}, \dots, k_{mu}\}$ . Поэтому синтез правила принятия решения о выборе единственного решения в условиях многокритериальности основывается на функции полезности

$$J_{k_i} = F(k_i). \quad (2.11)$$

При этом функция  $J_{k_i}$  должна позволять аппроксимировать в общем случае любую, в том числе и нелинейную зависимость [70].

Полная эффективность описывается выражением обобщенного функционально-статистического критерия [56,93]

$$\Theta(x_i; t) = \frac{k_{ip}(t, \tau)}{k_{in}(t, \tau)}. \quad (2.12)$$

Таким образом, полезность от  $i$ -го критерия должна зависеть от двух оценок:

реальности

$$k_{ip} = f_i(k_i, t), \quad (2.13)$$

и потенциальной

$$k_{in} = f_i(k_{max}), \quad (2.14)$$

Учитывая вышеперечисленные требования, принимаем функцию полезности частного критерия в виде

$$J(k_i) = \left( \frac{k_i - k_{i\min}}{k_{i\max} - k_{i\min}} \right)^{\alpha_i}, \quad (2.15)$$

где  $k_i$  — текущее значение  $i$ -го частного критерия оценки ЭНТП, БП;  $\alpha_i$  — коэффициент нелинейности функции полезности  $i$ -го критерия. При  $\alpha_i = 1$  получаем линейные зависимости, при  $\alpha_i > 1$  и  $\alpha_i < 1$  соответственно выпуклые вниз и вверх функции (рис. 2.1).

Рациональность использования формы (2.15) для оценивания эффективности показана в работе [89].

Функция полезности (2.15) в отличие от традиционных, позволяющих реализовать только линейные зависимости полезности от значения критерия, более глубоко отражает реальные процессы, так как в большинстве случаев эта зависимость носит нелинейный характер. В качестве примера можно указать функции полезности таких частных критериев, как надежность продукции, автоматизация производственных процессов и т. д.

Эффект, характеризуемый (2.15), отражает полезность  $i$ -го критерия и изменяется в пределах, которые задаются на основе выполнения требуемого

качества ЭНТП, БП в виде интервалов:

$$k_{i \min} \leq k_i \leq k_{i \max},$$

$$\alpha_{i \min} \leq \alpha_i \leq \alpha_{i \max}.$$

(2.16)

Задание в виде интервала параметров нелинейности  $\alpha_i$  связано с высокой неопределенностью ЭНТП, БП как объекта управления и связанной с этим неопределенностью функций полезности частных критериев. Значение  $\alpha_i$  определяются ЛПР.

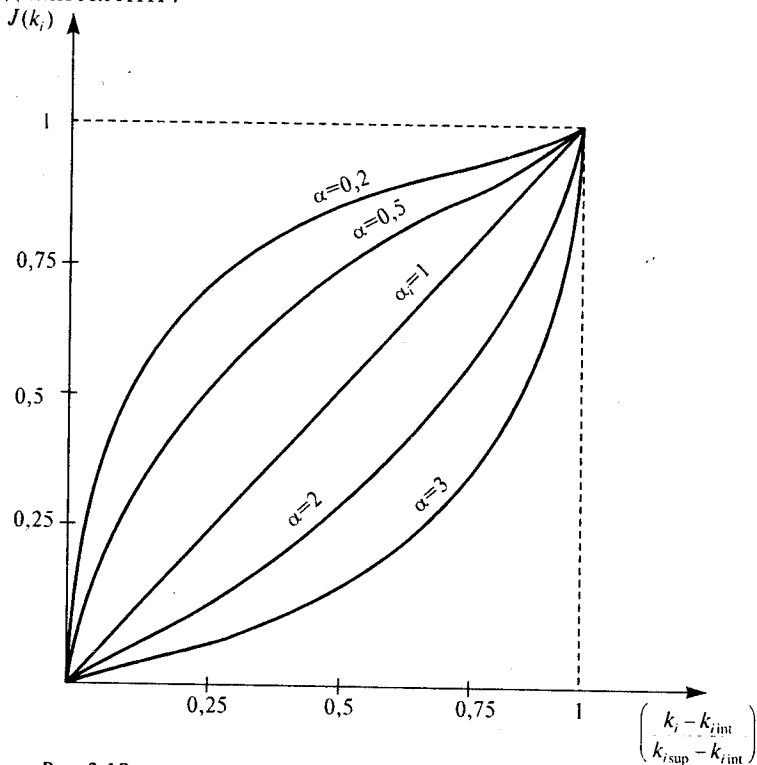


Рис. 2.1 Зависимость полезности частного критерия от параметра  $\alpha_i$

Перейдем к обоснованию формы обобщенного критерия оценки эффективности. Исходя из особенностей ЭНТП, БП как объекта управления, такой критерий должен удовлетворять следующим требованиям:

- позволять реализовывать различные схемы компромиссов в зависимости от информационной определенности постановки задачи;
- хорошо адаптироваться к реализации эвристических соображений ЛПР;
- позволять компенсировать одни свойства критерии системы другими.

В наибольшей степени перечисленным требованиям отвечает форма

обобщенного критерия [92]

$$J(K) = \left\{ \sum_{i=1}^m a_i [J_{k_i}(k_i)]^\beta \right\}^{\frac{1}{\beta}}. \quad (2.17)$$

Достоинством этой формы является то, что в зависимости от значения параметра  $\beta$  реализуется широкий класс принципов компромисса. Кроме того, параметр  $\beta$  имеет легко интерпретируемый функциональный смысл, что облегчает эвристический выбор его конкретных значений в зависимости от особенностей целей системы.

При  $\beta=1$  эти правила принимают вид:

$$J_{\max} = \max_{x \in X^n} \sum_{i=1}^m a_i J_{k_i}(k_i); \quad (2.18)$$

$$J_{\min} = \min_{x \in X^n} \sum_{i=1}^m a_i \overline{J_{k_i}}(k_i); \quad (2.19)$$

$$\overline{J_{k_i}}(k_i) = 1 - J_{k_i}(k_i),$$

соответствующий принципу абсолютной уступки, максимизирующей сумму значений частных критериев, полученной на основе адаптивной теории полезности

$$J_{\Sigma} = \max_{x \in X^n} \sum_{i=1}^m a_i k_i(x_i). \quad (2.20)$$

При  $|\beta| \rightarrow \infty$  формула (2.17) реализует максимальную минимаксальную схемы компромиссов, обеспечивающую выравнивание качеств по всем частным критериям

$$J_{\max \min} = \max \min a_i J_{k_i}(k_i), \quad \beta < -1 \quad (2.21)$$

$$J_{\min \max} = \min \max a_i \overline{J_{k_i}}(k_i), \quad \beta > 1. \quad (2.22)$$

Рассмотрим эвристические соображения, аргументирующие выбор значения коэффициента  $\beta$ . Решения, принимаемые по правилам (2.18), (2.19) при  $\beta=1$ , являются самыми эффективными, так как максимизируют суммарную полезность [4]. При  $|\beta| > 1$  реализуются схемы (2.21), (2.22), обеспечивающие выравнивание качества по частным критериям.

Конкретные значения  $\beta$  можно определить по формуле

$$\beta = \frac{\log m}{\log [1 + (m-1)\eta]}, \quad (2.23)$$

где  $m$ —числа частных критериев;  $\eta$ —коэффициент, изменяющийся в пределах от 0 до 1 и учитывающий соотношение между требованием грубости и эффективности системы. При увеличении неопределенности постановки задачи увеличивается требование и грубости решения, т. е.  $\eta \rightarrow 0$ . Конкретное значение параметра или непосредственно  $\beta$  назначается ЛПР.

Очень важно, что критерий (2.17) может быть использован для принятия решений при интервальном задании весовых коэффициентов

$$a_i \in [a_{i \min}, a_{i \max}] \text{ и } \alpha_i \in [\alpha_{i \min}, \alpha_{i \max}].$$

В этом случае модель принятия решения имеет следующий вид:

$$x_i^{(j)} = \operatorname{arg\,max}_{x \in X} \left\{ [a_{i,\max} \xi(k_i)]^n + \sum_{j=1}^n [a_j \xi(k_i)]^n \right\}^{\frac{1}{n}},$$

$$a_j \in [a_{j,\max}, a_{j,\min}];$$

$$j = \overline{1, n}; i = \overline{1, n}; i \neq j.$$

Эта модель может быть легко реализована на ЭВМ.

## 2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМЫХ КООРДИНАТ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Разработанная в разделе 2.1 методология оптимизации управляющих решений в АСЦУ ЭНТП, БП предполагает, что функциональная зависимость частных критериев  $k_i$  от факторов, характеризующих научно-технический уровень предприятия

$$k_i = f_i(x), \quad (2.24)$$

известна. Вместе с этим, установление такой зависимости является нетривиальной задачей. Это связано с тем, что в настоящее время практически отсутствуют математические модели, устанавливающие взаимосвязь между показателями эффективности функционирования производства, которые в большинстве своем выступают как частные критерии и факторы научно-технического уровня предприятия.

Для установления зависимости (2.24) могут быть использованы экспертные оценки, опыт специалистов. Однако, такие оценки могут оказаться необъективными, а реализация их затруднена. Зависимость (2.24) можно получить в виде уравнения регрессии

$$k_i(x) = \beta_{i0} + \beta_{i1}x_1 + \beta_{i2}x_2 + \dots + \beta_{im}x_m, \quad (2.25)$$

где  $\beta_{ij}, j = \overline{1, m}$  — коэффициенты регрессии;  $x_j$  — факторы, характеризующие научно-технический уровень предприятия. В том случае, если имеются экспериментальные временные ряды, описывающие процесс развития анализируемого критерия и соответствующие значения входных факторов, определение численных значений коэффициентов регрессии и значимость каждого фактора не представляют принципиальных трудностей.

Для этого могут быть использованы методы регрессивного анализа, группового учета аргументов (МГУА) и т. д.

Однако решение этих задач приходится проводить на ограниченной экспериментальной выборке, с большим количеством возмущающих факторов, в условиях неопределенности множества факторов, влияющих на исследуемый критерий. В этих условиях могут оказаться плодотворными методы прогнозирования и планирования эксперимента [31].

Метод планирования эксперимента на ЭВМ:

— получение математических моделей, обладающих некоторыми оптимальными свойствами, уменьшенным числом опытов, дающих необходимую точность и эффективность результатов управления;

— обработку результатов эксперимента наилучшим способом и принятие решения по полученным обработанным результатам на основе четких формализованных правил.

Планирование эксперимента — это последовательность постановки исследований и опытов определения координат АСЦУ по некоторому заранее разработанному алгоритму. Основная цель планирования — получить максимум информации при наименьших материальных и временных затратах ресурсов и необходимой точности получаемых результатов.

Любой эксперимент может быть разбит на четыре основных этапа:

— 1-й этап — постановка задачи эксперимента (его цель), которая вытекает из принятой рабочей гипотезы;

— 2-й этап — планирование эксперимента, т. е. определение последовательности теоретических исследований и постановки опытов с определением их количества;

— 3-й этап — подготовка и проведение машинного эксперимента, включающего подбор испытываемого оборудования, его подготовку к работе, проведение опытов, проверка полученных промежуточных результатов;

— 4-й этап — обработка и анализ результатов эксперимента и принятие решений на основе этого анализа.

Рассмотрим более подробно одну из важнейших задач — отбор значимых факторов для частных критериев.

Факторы бывают трех типов: управляющие, контролируемые и возмущающие (неконтролируемые).

Управляющие факторы, полученные на основе теоретического исследования или выбранные после анализа поставленной задачи, считаются заданными, если указаны их наименования (коэффициент автоматизации, объем ОКР и т. д.) и количественные значения, которые они могут принимать.

Выбор управляющих факторов должен выполняться с учетом следующих требований:

— измеримость фактора, т. е. возможность его измерения имеющимися средствами измерительной техники или оценкой «мозговым центром» с необходимой степенью точности;

— управляемость, т. е. возможность поддерживать данный фактор на нескольких заранее заданных уровнях;

— независимость фактора, т. е. отсутствие зависимости от других факторов;

— совместимость факторов, т. е. возможность практического осуществления намеченных комбинаций двух или нескольких факторов;

— некоррелированность факторов, т. е. так как существует положение о том, что наличие линейной корреляции между выбранными факторами не

допускает планирования эксперимента.

Пределы изменения оценки факторов определяются исходя из конкретных условий задачи. Интервалы варьирования должны выбираться из условий различимости, относительной точности измерений при разных значениях факторов и предполагаемого характера исследуемой функции.

Различимость заключается в том, что интервал уровней фактора должен быть не меньше, чем удвоенное среднеквадратическое отклонение измерения этого фактора, так как в противном случае невозможно будет различить полученные результаты.

Относительная точность измерений в точках изменения фактора может быть различной.

К группе контролируемых факторов в научном эксперименте обычно относят факторы внешней и внутренней среды, которые могут влиять на изменения функций цели.

Возмущающие факторы полностью неконтролируемы и совершенно случайны как по времени своего появления, так и по силе влияния на функцию цели. Чаще всего возмущающие факторы, являются причиной грубых ошибок, вынуждающих исключить их из опытных данных.

В рандомизированном плане эксперимента уровни факторов чередуются не в строгой последовательности: от нижнего или верхнего уровней, а в чисто случайном порядке. Именно этот план больше подходит к решению задачи выбора координат целевого управления.

Как это было сказано раньше,  $X(x_1, x_2, \dots, x_m)$  есть вектор выходных координат факторов продукции бизнеса и производства.

Задача состоит в том, чтобы выбрать такие координаты управления  $x_i$ , которые позволили бы достичь АСЦУ определенной цели с максимальной эффективностью. Таким образом, максимальная эффективность работы  $\Theta_{\text{пmax}}$  определяется оптимальным вектором  $X_{\text{опт}}$ , а  $X_{\text{опт}}$  определяется оптимальными координатами вектора  $x_{1\text{опт}}, x_{2\text{опт}}, \dots, x_{m\text{опт}}$ , т. е.

$$\Theta_{\text{пmax}}(t, \tau, X_{\text{опт}}) \xrightarrow{\leftarrow} X_{\text{опт}}(x_{1\text{опт}}, x_{2\text{опт}}, \dots, x_{m\text{опт}}) \quad (2.26)$$

Математическое определение  $x_{i\text{опт}}$  может быть сведено к решению системы уравнений

$$\frac{\partial \Theta_0(t, \tau, x_i)}{\partial x_i} = 0 \quad (2.27)$$

относительно  $x_i$ , иногда с дополнением

$$\frac{\partial \Theta_n(t, \tau, x_k)}{\partial x_k} \text{ — не существует,} \quad (2.28)$$

где  $\Theta_n(t, \tau, x_i)$  — частная эффективность, формируемая координатой управления.

Графически процедуру выбора координат  $x_{i\text{опт}}$  можно представить рис. 2.2, на котором по оси ординат отложены значения частной эффективности

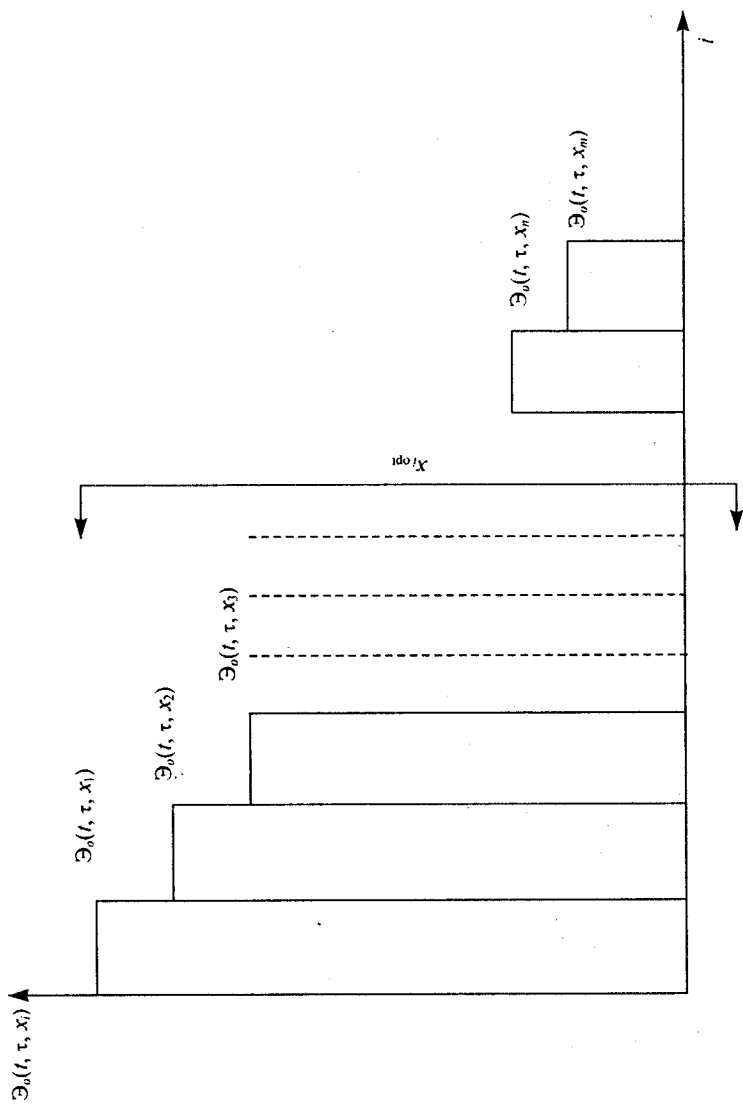


Рис. 2.2. Процедура выбора координат  $x_{opt}$



$\Delta_n(i, t, x_i)$ , по оси абсцисс  $i$ , имеющих значения координат, слабо влияющих на общую  $\Delta_n$ .

Выбор координат управления также можно произвести с использованием рассмотренных логических связей, экспертных оценок и т. д. [38, 61, 75, 129].

Экономический и научно-технический прогресс рассматривается как одно из решающих направлений организации бизнеса и интенсификации производства. Он оказывает определяющее воздействие на все основные факторы интенсивного развития экономики, материальные и финансовые ресурсы.

Ускорение экономического и научно-технического прогресса — внедрение научных методов и новых технологий, всемерная механизация и автоматизация труда имеют первостепенное значение в обеспечении высоких темпов развития общественного производства и роста благосостояния людей.

Состояние ускорения ЭНТП с учетом его особенностей может характеризоваться тремя группами:

- общими показателями;
- координатами по науке и технике;
- социальными координатами.

К общим показателям можно отнести:

- процент выполнения плана по поставкам в установленные сроки ( $x_1$ );
- объем реализованной продукции в % ( $x_2$ );
- выполнение плана по номенклатуре в % ( $x_3$ );
- общий объем научной части производства в % (НЧП) ( $x_4$ );
- фонды производства фондовооруженность по годам за 5 лет ( $x_5$ );
- техническое перевооружение (удельный вес оборудования в % до 1 года, до 5 лет, до 10 лет и старше) ( $x_6$ );
- рост производительности труда по годам за 5 лет в % ( $x_7$ );
- удельный вес продукции со знаком качества в % ( $x_8$ );
- удельный вес продукции на экспорт в % ( $x_9$ );
- объем НИР в % к общему объему выпускаемой продукции ( $x_{10}$ );
- объем ОКР в % к общему объему выпускаемой продукции ( $x_{11}$ );
- коэффициент использования материалов на рубль товарного производства ( $x_{12}$ );
- удельный вес вновь осваиваемой продукции к общему объему в % ( $x_{13}$ );
- количество наименований новой продукции в % ( $x_{14}$ );
- рентабельность производства в % ( $x_{15}$ );
- удельный вес продукции высшей категории в % ( $x_{16}$ );
- удельный вес первой категории качества в % ( $x_{17}$ );
- удельный вес механизации труда в % ( $x_{18}$ );
- коэффициент автоматизации и роботизации труда в % ( $x_{19}$ );
- наличие систем САПР, АСУТП, АСУП, АСНИ, ГАП, ГАЛ, ГАЧ, ГАЗ в единицах ( $x_{20}$ );

- коэффициент загрузки прогрессивного оборудования в % ( $x_{21}$ );
- затраты на создание систем АСУ к общему объему выпускаемой продукции ( $x_{22}$ );
- экономический эффект от внедрения АСУ на рубль затрат ( $x_{23}$ );
- активная производственная мощность предприятия в % (введено в действие основных фондов, отнесенных к существующим по годам за 5 лет) ( $x_{24}$ );
- объем продукции, изготовленной из отходов производства ( $x_{25}$ );
- объем продукции безотходных технологий в % ( $x_{26}$ ).

К показателям по экономике, науке и технике можно отнести:

- объем НИР к объему продукции ( $x_{27}$ );
- наличие в единицах НИИ, СКБ, НИЛ ( $x_{28}$ );
- число изобретений (авторских свидетельств) на 100 инженеров ( $x_{29}$ );
- эффективность НИР на 1 рубль затрат ( $x_{30}$ );
- число внедренных авторских свидетельств и полученная эффективность на 100 инженеров ( $x_{31}$ );
- число полученных патентов на 100 изобретателей ( $x_{32}$ );
- число проданных лицензий на 10 патентов ( $x_{33}$ );
- количество внедренных рацпредложений на 100 инженеров ( $x_{34}$ );
- экономический эффект от внедрения рацпредложений ( $x_{35}$ );
- повышение производительности труда за счет НИР в % ( $x_{36}$ );
- экономия электроэнергии в % ( $x_{37}$ );
- экономия сырья и материалов в % ( $x_{38}$ );

К социальным параметрам можно отнести:

- наличие очереди, выделение квартир на 100 очередников ( $x_{39}$ );
- укомплектованность кадрами (число вакансий в % к работающим) ( $x_{40}$ );
- профессиональный и общественный уровень (число инженерных должностей занятых специалистами без соответствующего образования %) ( $x_{41}$ );
- подготовка и переподготовка кадров (% охвата переподготовки за 5 лет) ( $x_{42}$ );
- обеспеченность столовыми в % от нормы ( $x_{43}$ );
- наличие дворца и клуба ( $x_{44}$ );
- число участников художественной самодеятельности в % ( $x_{45}$ );
- наличие стадиона и спортивных сооружений ( $x_{46}$ );
- наличие базы отдыха ( $x_{47}$ );
- наличие подсобного хозяйства ( $x_{48}$ );
- эстетическое оформление производства ( $x_{49}$ );
- текучесть кадров в % за год ( $x_{50}$ );
- наличие медицинского обслуживания, санитарных постов, поликлиник ( $x_{51}$ );
- наличие библиотеки и других видов информационно-культурного обслуживания ( $x_{52}$ ).

Параметры, характеризующие эффективность работы и уровень ЭНТП, могут быть уточнены на основе корреляционной связи с учетом весов.

Оценка важности параметров эффективности и уровня ЭНТП производилась в пятибалльной системе, включая 0.

При этом каждому параметру проставлялся балл по важности. Самый важный — 5, важный — 4, и т. д. не важный — 0.

Анализ состояния уровня целевого управления ЭНТП на винницких предприятиях показал, что при управлении, несмотря на важность, многие координаты вообще не учитываются.

### 2.3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД И АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ КООРДИНАТ АСЦУ

АСЦУ относятся к классу больших или сложных систем, характерными особенностями которых являются:

— функционирование и функциональные связи в них описываются набором большого числа уравнений и неравенств с большим числом непрерывных и дискретных переменных;

— всегда возможно расчленение полной системы уравнений и неравенств на подсистемы меньшей размерности.

Для анализа и синтеза оптимальных АСЦУ можно использовать линейное целочисленное программирование (ЛЦП) и ЭВМ [139].

При оптимизации АСЦУ существенным является групповая минимизация множества координат и законов управления, координат распределения ресурса на ЭНТП и др.

Предположим, что величины коэффициентов матрицы и столбца ограничений исходной модели по модулю ограничены полиномом фиксированной степени: от числа переменных  $n$ , полиномом фиксированной степени от  $n$ , ограничена величина положительного числа  $k$ , где  $k$  определяет гиперплотность

$\sum_{i=1}^n x_i = k$ , ограничивающую область допустимых линейных целочисленных значений исходной модели (МЛЦП). Тогда точный алгоритм решения групповой минимизации и исходной МЛЦП имеет верхнюю оценку числа операций, представляющую собой полином фиксированной степени от  $n$ .

Задачи групповой минимизации при оптимизации АСЦУ чаще всего можно свести к задаче о «РЮКЗАКЕ», то есть к задаче о наилучшем выборе координат из общего числа координат  $x_j$  таким образом, чтобы суммарный вес (ресурс, объем, габариты и пр.) выбранных координат не превышал указанного предела  $b$ , а их суммарная полезность (эффективность) была максимальной. Будем считать, что каждая из координат имеет вес  $a_j$  и характеризуется коэффициентом полезности  $C_j$ . Пусть  $x_j$  равно единице, если  $j$ -я координата выбирается, и равно нулю в противном случае. Тогда задача может быть сведена к ЛЦП, заключающуюся в нахождении целых  $x_j$ , которые максимизируют

$$\max_x \sum_{j=1}^n C_j x_j, \quad (2.28)$$

при условиях

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad m \gg n, \quad b_i \neq 0, \quad \forall_j x_j \equiv 0 \pmod{1}.$$

Вектор коэффициентов МЛЦП (2.28) представим в виде:

$$C^T A^{-1}, \quad (2.29)$$

где  $A^{-1}$  — матрица линейных ограничений модели (2.28), а  $C^T$  — транспонированная матрица коэффициентов в канонической форме.

Решением МЛЦП (2.28) является

$$x = A^{-1}b_2 - A^{-1}Z, \quad (2.30)$$

где  $Z$  — вектор свободных переменных модели (2.28).

В работе [139] показано, что решения, полученные применением асимптотического алгоритма, совпадают с решением (2.30).

### Алгоритм решения задачи ЛЦП «О РАНЦЕ»

На первом этапе МЛЦП с прямоугольной матрицей ограничений неравенств

$$\max_x \sum_{j=1}^n C_j x_j; \quad (2.31)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (2.32)$$

$$x_j; \quad (2.33)$$

где  $x_j, a_{ij}, b_i, c_j > 0$  — целые числа, которые дополняются вспомогательным ограничением

$$\sum_{j=1}^n x_j \leq k; \quad (2.34)$$

где  $k$  — некоторая константа, определяемая практическим содержанием задачи, преобразуется к МЛЦП с квадратичной матрицей ограниченных неравенств

$$\max_x \sum_{j=1}^n C_j x_j + M_0 x_{n+1} + M \sum_{j=n+2}^{n+m+1} x_j; \quad (2.35)$$

$$x_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}; \quad (2.36)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j + P_0 x_{n+1} \leq k; \quad (2.37)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - f_i x_{n+1} + p_i x_{n+i} \leq b_i; \quad (2.38)$$

$$i = \overline{1, m} \quad x \equiv (\text{mod } 1), \quad j = \overline{1, n+m+1}, \quad (2.39)$$



Так как матрица  $A_1$  унимодальная целочисленная, то вектор  $x$  является целочисленным только тогда, когда является целочисленным вектор  $\xi$ .

После замены переменных в (2.42) получаем

$$\begin{aligned} \max \sum_{j=1}^{n+m+1} \hat{C}_j \xi_j, \quad \xi_i \leq 0, \quad i = \overline{1, n}; \\ \sum_{j=1}^{n+m+1} \hat{f}_j \xi_j \leq k, \\ \xi_i \leq b_i, \quad i = \overline{n+2, n+m+1}, \quad j = i - n - 1. \end{aligned} \quad (2.46)$$

МЛЦП введением замены переменных

$$z_j = \begin{cases} -\xi_j, & j = \overline{1, n}; \\ \xi_j, & j = n+1; \\ b_i - \xi_j, & j = \overline{n+2, n+m+1}, \quad i = j - n - 1, \end{cases} \quad (2.47)$$

сводится к задаче «о рюкзаке»

$$\begin{aligned} \max \sum_{j=1}^{n+m+1} \hat{C}_j z_j, \quad z_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n}; \\ \sum_{j=1}^{n+m+1} \hat{f}_j z_j \leq k_1 = k - \sum_{i=1}^m \hat{f}_{n+1+i} b_i, \\ z_{n+2} \geq 0, \dots, z_{n+m+1} \geq 0. \end{aligned} \quad (2.48)$$

Нижняя граница функционала МЛЦП (2.48), определяющая допустимое решение для МЛЦП (2.31)-(2.33) согласно (2.41) и проведенным заменам переменных (2.42)-(2.47)

$$L_1 = Lk - \sum_{j=1}^m \hat{C}_{n+1+j} b_j. \quad (2.49)$$

Затем МЛЦП (2.48) сводится к задаче «о рюкзаке» с положительными коэффициентами ограничения и функционала и неотрицательными ограниченными переменными.

После переобозначения переменных, переставления незнакоопределенной переменной

$$z'_j = z_j, \quad j = \overline{1, n}; \quad z'_j = z_{j+1}, \quad j = \overline{n+1, n+m}; \quad z'_{n+m+1} = z_{n+1}, \quad (2.50)$$

и соответствующей перестановки среди коэффициентов ограничений и функционала произведем замену переменных

$$\overline{Z}^i = P\overline{W}, \quad (2.51)$$

где  $P$  — унимодальная целочисленная матрица

$$P = \begin{bmatrix} 1 & & & & & \\ 0 & 1 & & & & \\ \vdots & & \ddots & & & \\ \lambda_1 & \lambda_2 & \dots & \lambda_{n+m-1} & \lambda_{n+m} & 1 \end{bmatrix} \quad (2.52)$$

где  $\lambda_j, j = \overline{1, n+m}$  выбирается из условия

$$0 \leq l'_j + \lambda_j l'_{n+m+1} \leq |l'_{n+m+1}| \quad (2.53)$$

В результате замены (2.51) получаем

$$\begin{aligned} \max \sum_{j=1}^{n+m+1} d_j W_j, \quad W_j \geq 0, \quad j = \overline{1, n+m}, \\ \sum_{j=1}^{n+m+1} S_j W_j \leq k, \end{aligned} \quad (2.54)$$

где

$$\begin{aligned} 0 \leq S_j \leq |S_{n+m+1}| = |l'_{n+m+1}| = \prod_{i=0}^m p_i, \quad j = \overline{1, n+m}, \\ 0 \leq d_j \leq |d_{n+m+1}| = |\hat{C}_{n+m+1}|, \quad j = \overline{1, n+m}. \end{aligned}$$

Согласно [139] переменная  $W_{n+m+1}$  изменяется в пределах

$$\beta_1 \leq W_{n+m+1} \leq \beta_2, \quad (2.55)$$

и с учетом знака  $S_{n+m+1}$  заменяем

$$\begin{cases} S_{n+m+1} > 0 \Rightarrow y_{n+m+1} = W_{n+m+1} - \beta_1, \\ S_{n+m+1} < 0 \Rightarrow y_{n+m+1} = \beta_2 - W_{n+m+1} \end{cases} \quad (2.56)$$

Следовательно

$$0 \leq y_{n+m+1} \leq \beta_2 - \beta_1, \quad (2.57)$$

Задача (2.54) примет вид

$$\begin{aligned} \max \sum_{j=1}^{n+m} d_j W_j + |d_{n+m+1}| y_{n+m+1}, \quad j = \overline{1, n+m}, \\ \sum_{j=1}^{n+m} S_j W_j + |S_{n+m+1}| y_{n+m+1} \leq B, \quad W_j \geq 0, \quad y_{n+m+1} \geq 0, \end{aligned} \quad (2.58)$$

где, согласно (2.56)

$$B = \begin{cases} k_1 - S_{n+m+1} \beta_1, \\ k_1 - S_{n+m+1} \beta_2, \end{cases} \quad (2.59)$$

или

$$\begin{aligned} & \max \sum_{j=1}^{n+m+1} f_j y_j; \\ & \sum_{j=1}^{n+m+1} A_j y_j \leq B, \quad y_j \geq 0, \quad y_j \equiv 0 \pmod{1}, \quad j = \overline{1, n+m+1} \end{aligned} \quad (2.60)$$

Нижняя граница функционала (2.60) с учетом соответствующих преобразований (2.54) и (2.56) будет иметь вид

$$L_k = \begin{cases} L_1 - d_{n+m+1} \beta_1; \\ L_1 - D_{n+m+1} \beta_2, \end{cases} \quad (2.61)$$

т. е. для всякого решения  $y^* = (y)_1^{n+m+1}$ , удовлетворяющего ограничения задачи (2.60), при котором при возврате к переменным (2.35)-(2.39) будут выполняться условия

$$x_j = 0, \quad j = \overline{n+1, n+m+1},$$

а  $x_j = y_j$  для  $j = \overline{1, n}$ .

Справедливо и обратное. Любому решению задачи (2.31)-(2.34) соответствует решение задачи (2.60) со значением показателя выше значения  $L_k$ .

Переменные с индексом  $j = \overline{1, n}$  будем называть основными, а с индексом  $j = \overline{n+1, n+m+1}$  — дополнительными.

Существенными аналитическими зависимостями между основными и дополнительными переменными являются

$$\begin{aligned} y_{n+1} &= b_1 - \sum_{j=1}^n a_{1j} y_j, \quad i = \overline{1, m}; \\ \sum_{j=1}^n y_j &\leq k; \\ y_{n+m+1} &= \begin{cases} \sum_{j=1}^n y_j - \sum_{j=1}^{n+m} \lambda_j y_j - \beta_1, \\ \beta_2 = \sum_{j=1}^n y_j - \sum_{j=1}^{n+m} \lambda_j y_j. \end{cases} \end{aligned} \quad (2.62)$$

Для улучшения конструктивности алгоритма введем новые понятия и положения [139] без доказательства.

Прямым приоритетом  $p_j$  переменной  $y_j$  в задаче (2.60) является отношение  $f_j$  к  $A_j$ :

$$p_j = \frac{f_j}{A_j}, \quad j = \overline{1, n+m+1}.$$



Наибольший прямой приоритет в задаче (2.60) имеет переменная  $y_{n+m+1}$ .

Если:  $z^*$  — значение функционала на оптимальном решении задачи (2.60), тогда верхняя граница максимального значения функционала исходной задачи (2.31)-(2.33) при данном  $z^*$  может быть получена на одной основной и одной дополнительной переменной.

Пусть  $S_{j_1} \geq S_{j_2} \geq \dots \geq S_{j_n}$  — последовательность, полученная по положению 2. Обозначим порядок  $\{j_1, j_2, \dots, j_n\}$  через  $I_\sigma$ .

Тогда последовательность  $I_\sigma$  может быть получена при любом  $z < p.B$ .

Значение основной переменной в оптимальном решении задачи (2.60) не превышает величины

$$y_j \leq \frac{p.B - L_A}{p.A_j - f_j}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.63)$$

Если имеется последовательность  $I_\sigma = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$  и соответствующее значение  $\sigma_{ji}, i = \overline{1, n}$ , тогда справедливы следующие утверждения:

оптимальное значение функционала (2.31)-(2.34) не превышает  $\sigma_{j_1}$  или

$$k C_{\max}^i, \text{ где } C_{\max}^i = \max_{1 \leq j \leq n} C_j;$$

оптимальное значение функционала (2.31)-(2.34) не превышает  $\sigma_{j_i}$  или

$$k C_{\max}^i, \text{ если в оптимальном решении переменные } x_{j_k} = 0, \quad i = \overline{2, n}, \quad k = \overline{1, i-1}, \text{ где}$$

$$C_{\max}^i = \max_{1 \leq j \leq n} C_{j_i}.$$

Из этого утверждения вытекает, что, если получено допустимое решение МЛЦП (2.31)-(2.34) со значением функционала  $z$ , то невозможно получить допустимое решение с более высоким значением функционала только на комбинациях переменных, у которых максимальное  $\sigma_{j_i}$  меньше  $z$ .

Предположим, что по модели (2.31)-(2.34) получена эквивалентная модель «о рюкзаке» (2.60), а также последовательность  $I_\sigma$  и значение  $\sigma_{j_i}, i = \overline{1, n}$ .

Алгоритм представляется в виде направленного перебора, организованного в соответствии с третьим утверждением. Ограничение области перебора производится после получения каждого допустимого решения в соответствии с пятым положением.

Для улучшения показателя качества и снижения трудоемкости этого улучшения, управляет процессом счета ЛПР.

Содержание алгоритма.

Начальные установки и обозначения:

$k^t = k, \quad b_i^t = b_i, \quad i = \overline{1, m}$  — текущее значение ограничений;

$j_i = j_1$  — индекс текущей анализируемой переменной;

$j_0 = j_1$  — индекс первой ненулевой переменной;

$J_C = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$  — множество «свободных» переменных;

$j_k = n+1$  — первый индекс множества «отсекаемых» переменных;

$I_\Phi = \{0\}$  — множество зафиксированных переменных;  
 $z^* = -\infty$  — значение функционала при лучшем решении.

1. Выбрать индекс переменной  $j_i$  из  $I_\sigma$ :

$$I_\Phi = I_\Phi \cup j_i, \quad I_c = I_c / j_i.$$

2. Определить максимальные допустимые значения  $x_j^{(i)}$ , исходя из следующих оценок:

$$- a_{j_i} > 0, \quad b_i^T \geq 0.$$

$$- \text{Найти } R = \min(\min_{l \in I_c} a_{il}, 0),$$

$$x_{j_i}^{(i)} = \begin{bmatrix} b_i^T - Rk^T \\ a_{j_i} - R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_i^T - |R|k^T \\ |R| + a_{j_i} \end{bmatrix};$$

$$a_{j_i} > 0, \quad b_i^T < 0.$$

Найти  $R = \min(\min_{l \in I_c} a_{il}, 0)$ , если  $R = 0$ , то перейдем к п. 6, если  $R < 0$ , то

$$x_{j_i}^{(i)} = \begin{bmatrix} b_i^T - Rk^T \\ a_{j_i} - R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |R|k^T - |b_i^T| \\ |R| + a_{j_i} \end{bmatrix},$$

если  $x_{j_i}^{(i)} < 0$ , то перейти к п. 6.

$$- a_{j_i} < 0, \quad b_i^T \geq 0 \Rightarrow x_{j_i}^{(i)} = k^T;$$

$$- a_{j_i} < 0, \quad b_i^T < 0,$$

если  $a_{j_i}k^T \leq b_i^T$ , то  $x_{j_i}^{(i)} = k^T$ , иначе найти

$$R = \{ \min_{l \in I_c} a_{il} / a_{il} < a_{ik}, l \in I_c \},$$

если такой коэффициент найден, то

$$x_{j_i}^{(i)} = \begin{bmatrix} b_i^T - Rk^T \\ a_{j_i} - R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |R|k^T - b_i^T \\ |R| - |a_{j_i}| \end{bmatrix},$$

иначе перейти к п. 6, если  $x_{j_i}^{(i)} < 0$ , то перейти к п. 6.

$$- a_{j_i} = 0, \quad x_{j_i}^{(i)} = k^T.$$

$$3. x_{j_i} = \min_{1 \leq i \leq m} x_{j_i}^{(i)};$$

$$b_i^T = b_i^T - a_{j_i}x_{j_i}, \quad i = \overline{1, m}, \quad k^T = k^T - x_{j_i},$$

если  $j_i = j_0$  и  $x_{j_i} = 0$ , то  $j_0 = j_{i+1}$  и если  $j_0 = k$ , то решение не улучшаемо, перейти к п. 10.

4. Если  $I_c = \{0\}$ , то  $f_i = j_{i+1}$ , если  $C_{j_i} \leq 0$ , то когда  $3b_i^T \leq 0$ ,  $i = \overline{1, m}$ , то перейти к п. 1, иначе  $x_{j_i} = 0$ ,  $i = \overline{1, n}$  и перейти к п. 7.

Если  $I_c = \{0\}$ , то, если  $3b_i^T \leq 0$ ,  $i = \overline{1, m}$ , то перейти к п. 5, если получено допустимое решение  $x$  перейти к п. 7.

$$5. b_i^T = b_i^T + x_{j_n} a_{j_n}, \quad k^T = k^T + x_{j_n}.$$

6. Найти  $j_r = \{\max j_i / x_{j_i} \neq 0, j_i \in \{j_1, \dots, j_{i-1}\}\}$ , если такого индекса нет, то больше допустимых решений нет и перейти к п. 10.

$$\begin{aligned} x_{j_r} &= x_{j_r} - 1, \\ b_i^T &= b_i^T + a_{j_r}, \quad i = \overline{1, m}, \\ k^T &= k^T + 1, \end{aligned}$$

если  $j_r = j_0$  и  $x_{j_r} = 0$ , то  $j_0 = j_{r+1}$  если  $j_0 = j_k$ , то решение не улучшено и надо перейти к п. 10.

$$\begin{aligned} I_\Phi &= I_\Phi / j_{r+2} / \dots / j_1, \\ I_c &= I_c U_{j_{r+2}} U \dots U_{j_1}, \\ j_i &= j_{r+1}, \end{aligned}$$

перейти к п. 2.

7.  $z = \sum_{i=1}^n C_{j_i} x_{j_i}$ . Если  $z > z^*$ , то  $x^* = x$ ,  $z^* = z$ , решение улучшено и надо перейти к п. 8, иначе перейти к п. 5.

8. Максимально возможное улучшение функционала не превышает величины  $\sigma_{j_0} - z^*$ .

Найти  $j_k = \{\min j_i < z^*, j_i \in I_\sigma\}$ , т. е. необходима еще «ветвь» переменных.

9. Если решение  $x^*$  удовлетворяет, то надо перейти к п. 10, если нет — к п. 5.

10. Конец.

В результате направленного перебора по алгоритму может быть получено оптимальное решение. Для этого необходимо проверить справедливость производимых в п. 2 алгоритма оценок.

Во всех случаях решается задача с двумя ограничениями

$$\begin{aligned} \max x_{j_i}^{(i)}, \\ \sum_{j \in I_c} x_j^{(i)} + x_j^{(i)} \leq k^T, \quad \sum_{j \in I_c} a_{j_i} x_j^{(i)} + a_{j_i} x_{j_i}^{(i)} \leq b_i^T, \end{aligned} \quad (2.64)$$

$x_j \geq 0$  — целые,  $j \in \{I_c U_{j_i}\}$ .

Если данная задача неразрешима, то необходимо изменить значения переменных из множества  $\{I_\Phi / j_i\}$ , а именно последнюю ненулевую зафиксированную переменную, что и делается в п. 6.

Исследуем модель (2.64).

—  $(a_{ji} > 0, b_j \geq 0)$ .

$x_j^{(i)}$  примет максимальное значение с переменной, у которой самый большой по модулю отрицательный коэффициент.

Предположим, что такой переменной является  $j_r$ , тогда необходимо решить систему:

$$\begin{aligned} a_{j_r} x_{j_r}^{(i)} + a_{j_i} x_{j_i}^{(i)} &= b_i^T, \\ x_{j_r}^{(i)} + x_{j_i}^{(i)} &= k^T. \end{aligned}$$

Ее решение

$$x_{j_i}^{(i)} = \frac{b_i^T - a_{j_i} k^T}{a_{j_i} - a_{j_r}}.$$

Так как интересно целочисленное решение, то

$$x_{j_i}^{(i)} = \left\lceil \frac{b_i^T - a_{j_i} k^T}{a_{j_i} - a_{j_r}} \right\rceil.$$

Если в ограничении нет отрицательных коэффициентов, то

$$x_{j_i}^{(i)} = \frac{b_i^*}{a_{j_i}}.$$

Задача 2.64 неразрешима, если среди коэффициентов  $a_{ji}, j \in I_c$  нет отрицательных.

Предположим, что наибольший по модулю коэффициент  $a_{j_r}$ , тогда наибольшее значение переменная  $x_{j_r}^{(i)}$  примет в комбинации с переменной  $x_{j_i}^{(i)}$ . Решим систему

$$\begin{aligned} a_{j_r} x_{j_r}^{(i)} + a_{j_i} x_{j_i}^{(i)} &= b_i^T, \\ x_{j_r}^{(i)} + x_{j_i}^{(i)} &= k^T. \end{aligned}$$

Округленное решение

$$x_{j_i}^{(i)} = \left\lceil \frac{b_i^T - a_{j_i} k^T}{a_{j_i} - a_{j_r}} \right\rceil$$

является решение задачи (2.64), если  $x_{j_i}^{(i)} \geq 0$ , а это возможно, если  $b_i^T \geq a_{j_i} k^T$ .

—  $(a_{j_i} < 0, b_i^T \geq 0)$  и случай  $(a_{j_i} = 0)$ .

Решение задачи очевидно:  $x_{j_i}^{(i)} = k^T$ .

—  $(a_{j_i} < 0, b_i^T < 0)$ .

Переменная  $x_{j_i}^{(i)}$  примет максимально возможное значение, равное  $k^T$ , при выполнении неравенства  $a_{j_i} k^T \leq b_i^T$ . Если последнее неравенство не выполняется, то задача (2.64) разрешима, если существуют такие коэф-

коэффициенты  $a_{ij}, j \in I_c$ , что  $a_{ij}k^T \leq b_i^T$ . При этом  $a_{ij} < a_{ji}$ . Тогда переменная  $x_j^{(i)}$  примет максимальное значение в «смеси» с переменной, у которой наибольший по модулю отрицательный коэффициент.

Пусть этот коэффициент  $a_{ji}$ , тогда

$$x_j^{(i)} = \left[ \frac{b_i^T - a_{ij}k^T}{a_{ji} - a_{ij}} \right].$$

#### Оценка памяти ЭВМ при решении задачи по описанному алгоритму

Для решения задачи, кроме исходных данных, необходимо хранить в памяти следующие информационные векторы:

$x$  и  $x^*$  размерностью  $n$  чисел, определяющих текущее решение и наилучшее допустимое решение;

$\sigma$  размерностью  $n$  чисел, определяющих величины оценок для проведения отсечений по положению 5;

$I_c$  последовательность индексов обратных приоритетов размерностью  $n$ ;

$b^T$  текущий вектор ресурсов размерностью  $m$ , характеризующей число связанных ограничений исходной модели.

Для проведения отсечений необходимо хранить также в памяти коэффициенты ограничения и функционала в задаче «о рюкзаке» при основных переменных и наиболее приоритетной дополнительной переменной.

Разработанный алгоритм не требует дополнительной памяти по сравнению с классическими методами решения МЛЦП общего вида, т. е. методом ветвей и границ и методом Гомори.

Алгоритм имеет экспоненциальную оценку сложности вычислений, как и методы ветвей и границ и Гомори, однако он отличается эффективной направленностью вычисления решений.

## 2.4. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ АСЦУ, БП

Как указано в разделе 2.1, одной из целей управления ЭНТП является обеспечение высокой заданной вероятности достижения заданного конечного состояния развития экономических и научно-технических характеристик. Эффективный, желательно аналитический, метод оценки вероятности достижения цели должен входить в инструментарий АСЦУ ЭНТП.

Для аналитического описания рассмотренных выше математических моделей функционирования с целью определения вероятности выполнения задачи, являющийся главным показателем эффективности и качества работы АСЦУ, могут быть использованы различные методы, которым посвящены работы многих авторов [13, 63, 80, 122, 123, 131, 132].

При рандомизированном планировании эксперимента координаты управления (факторы) рассматриваются некоторыми событиями, происходящими с определенными вероятностями. В этом случае наиболее подходящим является матричный метод исследования эффективности и качества АСЦУ.

Матричный метод исследования вероятности выполнения задачи и эффективности систем разработан Васильевым Б. В. [13] и основан на использовании теоремы о полной вероятности.

Матрица несовместных состояний системы в общем случае может быть представлена в виде таблицы 2.2.

Таблица 2.2.

Состояние координат								Состояние системы	
$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	...	...	...	...	$x_m$	$x_0$
$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	...	...	...	...	$x_m$	$x_1$
$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	...	...	...	...	$x_m$	$x_2$
$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	...	...	...	...	$x_m$	$x_3$
$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$\overline{x}_\alpha$	...	$\overline{x}_\beta$	...	$x_m$	$x_{\alpha\beta}$
$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$\overline{x}_\alpha$	...	$\overline{x}_\beta$	...	$x_m$	$x_{1-m}$

Здесь  $\overline{x}_i$  — состояние невыполнения задачи по  $i$ -й координате,  $X_i$  — гипотеза, соответствующая при  $\overline{x}_i$  состоянию всей системы.

Если число благоприятных гипотез равно  $S$ , то вероятность выполнения задачи за некоторое заданное время определится их суммой.

$$P(t) = \sum_{i=1}^S P(X_i). \quad (2.65)$$

Определение вероятностей гипотез представляет наиболее трудоемкую часть расчета, особенно для сложных устройств. При определении вероятности  $i$ -й благоприятной гипотезы учитывается возможность совместного наступления двух событий: невыполнение задачи по  $i$ -ой координате в момент наступления времени  $\tau$  ( $0 \leq \tau \leq t$ ) и выполнение задачи по остальным координатам в течение времени  $t$ .

В этом случае по формуле полной вероятности

$$P(X_i) = \int_0^t P(A/\overline{X}_i) f_i(\tau) d\tau, \quad (2.66)$$

где  $f_i(\tau)$  — частота невыполнения задачи по  $i$ -й координате системы;  $P(A/X_i)$  — условная вероятность выполнения задачи по остальным  $(m-1)$  координатам за время  $t$ .

Формула (2.66) для вероятности гипотезы  $X_0$ , т. е. вероятности того, что за время  $t$  не возникает невыполнение задачи имеет вид:

$$P(X_0) = \prod_{i=1}^m p_i(x_i), \quad (2.67)$$

где  $p_i$  — вероятность выполнения задачи по  $i$ -й координате.

При экспоненциальном законе

$$P(X_0) = e^{-t \sum_{i=1}^m \lambda_i}, \quad (2.68)$$

где  $\lambda_i$  — интенсивность невыполнение задачи по  $i$ -й координате, оцениваемая по множеству или по времени.

Из (2.66) получаем выражения для вероятности гипотезы

$$P(X_1) = \int P(A/X_1) f_1(\tau) d\tau. \quad (2.69)$$

При экспоненциальном законе

$$f_1(\tau) = \lambda_1 e^{-\lambda_1 \tau}, \quad (2.70)$$

$$P(A/X_1) = \exp(-\tau \sum_{i=2}^m \lambda_i) \exp\left[-(t-\tau) \sum_{i=2}^m \lambda_i^{(1)}\right]. \quad (2.71)$$

Подставляя (2.70) и (2.71) в (2.69) и производя интегрирование получим

$$P(X_1) = \frac{\lambda_1}{\sum_{i=1}^m \lambda_i - \sum_{j=2}^m \lambda_j^{(1)}} \left[ \exp(-t \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(1)}) - \exp(-t \sum_{i=1}^m \lambda_i) \right], \quad (2.72)$$

где  $\lambda_j$  — интенсивность невыполнения задачи по вертикальной координате;  $\lambda_j^{(1)}$  — измеренная интенсивность невыполнения задачи вследствие невыполнения задачи по первой координате.

В общем случае при невыполнении задачи по координате вероятность гипотезы определяется выражением

$$P(X_\alpha) = \frac{\lambda_\alpha}{\sum_{i=1}^m \lambda_i - \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(\alpha)}} \left[ \exp(-t \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(\alpha)}) - \exp(-t \sum_{i=1}^m \lambda_i) \right], \quad (2.73)$$

где  $j \neq \alpha$ ,  $\lambda_j^{(\alpha)}$  — измеренная интенсивность невыполнения задачи по  $j$ -ой координате вследствие невыполнения задачи по  $\alpha$ -ой координате.

Через условные вероятности частных событий определяются и вероятности остальных гипотез, имеющие более сложные выражения. Так, при невыполнении задачи по двум координатам  $\bar{X}_\alpha$  и  $X_\beta$  вероятность гипотезы  $X_{\alpha\beta}$

$$P(X_{\alpha\beta}) = \frac{\lambda_{\alpha\beta} \lambda_\beta^{(\alpha)} \left[ \exp(-t \sum_{s=1}^m \lambda_s^{(\alpha+\beta)}) - \exp(-t \sum_{i=1}^m \lambda_i) \right]}{\left( \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(\alpha)} - \sum_{s=1}^m \lambda_s^{(\alpha+\beta)} \right) \left( \sum_{i=1}^m \lambda_i^{(\alpha)} - \sum_{s=1}^m \lambda_s^{(\alpha+\beta)} \right)} \cdot \frac{\lambda_{\alpha\beta} \lambda_\beta^{(\alpha)} \left[ \exp(-t \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(\alpha)}) - \exp(-t \sum_{i=1}^m \lambda_i) \right]}{\left( \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(\alpha)} - \sum_{s=1}^m \lambda_s^{(\alpha+\beta)} \right) \left( \sum_{i=1}^m \lambda_i^{(\alpha)} - \sum_{s=1}^m \lambda_s^{(\alpha+\beta)} \right)} \quad (2.74)$$

В этом выражении  $j \neq \beta$ ,  $s \neq \alpha$ ,  $s \neq \beta$ .

При невыполнении задачи по большому числу координат трудность вычисления вероятностей гипотез возрастает. Для облегчения этих операций сложную систему расчлениют на простые подсистемы.

Поскольку матричный метод позволяет определить вероятность выполнения задачи системы  $P(t)$ , то исходя из этого, можно найти наработку системы на невыполненные задачи

$$T_0 = \int_0^\infty P(t) dt = \sum_{i=1}^n \int_0^\infty P(X_i) dt. \quad (2.75)$$

Из выражения (2.75) следует, что наработка системы на невыполненные задачи определяется суммой наработок на невыполненные задачи для каждой из благоприятных гипотез

$$T_0 = T_1 + T_2 + \dots + T_n.$$

Матричный метод наиболее просто реализуется при экспоненциальном законе вероятностей невыполнения задачи, который характеризуется единственным параметром  $\lambda_i$ . В этом случае для расчета вероятности выполнения задачи и эффективности с помощью этого метода необходимо располагать информацией об интенсивностях в нормальном режиме и в изменении интенсивностей, вызванных режимом различных координат. Если законы отличны от экспоненциального, то неизбежно применение численных методов решения. Следует также отметить, что для применения метода необходима очень большая исходная информация. Структурная схема алгоритма  $P(X)$  представлена на рис 2.3.

В процессе функционирования системы вектор состояния и положения НТП производства в пространстве и времени  $X$  непрерывно изменяется. вследствие чего изменяется вероятность достижения цели  $P(X)$ .



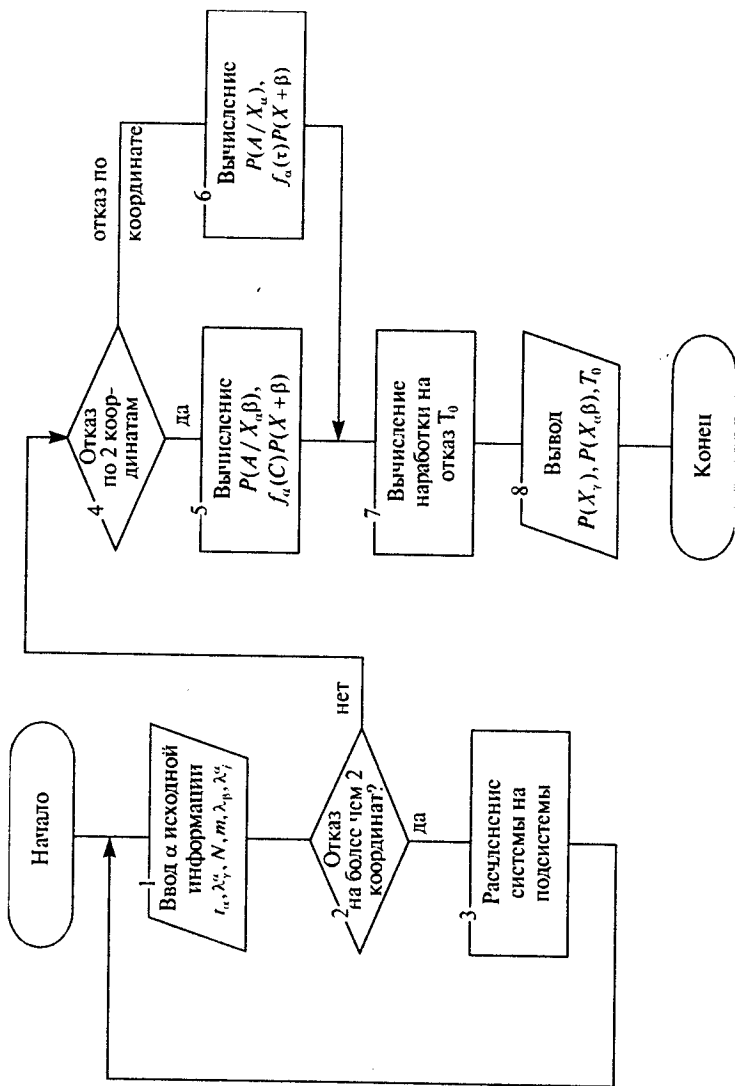


Рис. 2.3. Структурная схема алгоритма определения вероятности выполнения задачи АСЦУ для заданной  $i$ -й координаты

Это обуславливает необходимость включения управления вектором  $X$  и поддержания эффективности  $\Xi(X)$  и вероятности  $P(X)$  на определенном уровне.

Процесс управления может быть непрерывным и дискретным. Наиболее актуальным является дискретный процесс с периодом управления  $T_y$ , соответствующим частоте управления  $F_y$ , связанными между собой выражением

$$F_y(t, \tau) = \frac{1}{T_y(t, \tau)}. \quad (2.76)$$

Для определения частоты управления  $F_y(t, \tau)$  необходимо разрешать относительно периода управления  $T_y(t, \tau)$  уравнение

$$\frac{\partial \Xi_x(t, \tau, T_y)}{\partial T_y(t, \tau)} = 0, \quad (2.77)$$

или

$$\frac{\partial P(X, T_y)}{\partial T_y(t, \tau)} = 0. \quad (2.78)$$

Для отдельных координат можно записать

$$\frac{\partial \Xi_i(t, \tau, T_{y_i})}{\partial T_{y_i}(t, \tau)} = 0, \quad (2.79)$$

или

$$\frac{\partial P(x_i, T_{y_i}, t, \tau)}{\partial T_{y_i}(t, \tau)} = 0. \quad (2.80)$$

Графическая модель решения задачи показана на рис. 2.4.

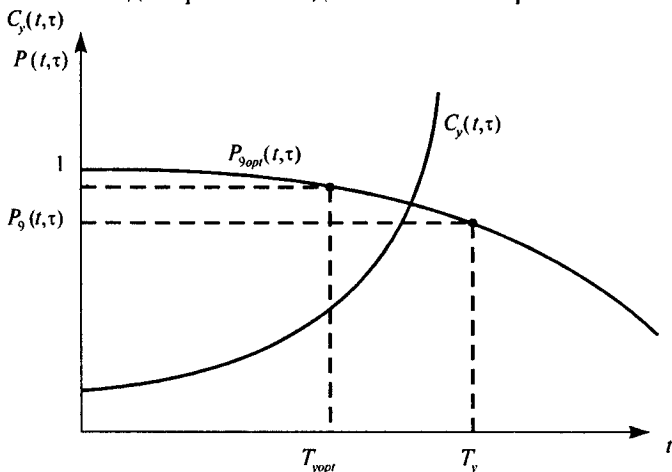


Рис. 2. 4. Графическая модель решения задачи управления

Из рисунка видно, что управление необходимо начинать при снижении вероятности задачи до  $P_0(t, \tau)$ .

На практике, с учетом затрат на управление  $C_y(t, \tau)$ , можно получить  $T_{y \text{ опт}}(t, \tau)$  и  $P_{y \text{ опт}}(t, \tau)$ , при которых затраты на управление окажутся приемлемыми.

Структурная схема алгоритма выбора  $F_{\text{опт}}$  представлена на рис. 2. 5.

## 2.5. МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КООРДИНАТ ЭНТП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУБИЧЕСКИХ СПЛАЙНОВ

Характерными особенностями ЭНТП как объекта управления является запаздывание отклика на управляющие воздействия, большая протяженность во времени реализации самих управляющих воздействий. В этих условиях принятие эффективных управляющих решений без прогноза их последствий практически невозможно. В связи с этим, возникает необходимость разработки адекватного метода прогноза. Трудность решения этой задачи заключается в том, что для рассматриваемого процесса характерны сравнительно короткие однородные временные ряды факторов, характеризующих экономическими и научно-технический уровень предприятия, так как их однородность нарушается скачкообразными изменениями, обусловленными ЭНТП, управляющими решениями по изменению тенденции их развития и т. д. В этих условиях большинство известных и хорошо разработанных методов прогноза оказываются неработоспособными, что обуславливает необходимость разработки проблемно-ориентированного метода.

Существуют различные подходы к прогнозированию в организационных системах, основанных на экспертном прогнозе, методах экстраполяции и экономико-математического моделирования. Рассматривая задачу прогнозирования координат ЭНТП, можно выделить три типа прогноза, связанных со структурой управления ЭНТП [105].

Экспертно-нормативный прогноз входит в перечень функций блока ПДНТР и определяет инвестиционную политику с заданием контрольных показателей развития.

Функциональный прогноз входит в перечень блока функций АДНТР и через комплекс взаимосвязанных показателей анализирует деятельность на основе экономико-математических моделей.

Координатный прогноз входит в перечень функций блока АСЦУ и, путем моделирования случайный процесс развития координат, позволит произвести оптимизацию и применить универсальный метод управления. При этом прогноз содержит в своей основе широкий набор методов прогнозирования относящихся к следующим основным классам [2, 3, 16, 32, 42, 103, 125, 127, 133, 134]:

- трендовые и комбинированные модели прогнозирования;
- модели, учитывающие адаптивное сглаживание и экстраполяцию случайных процессов.

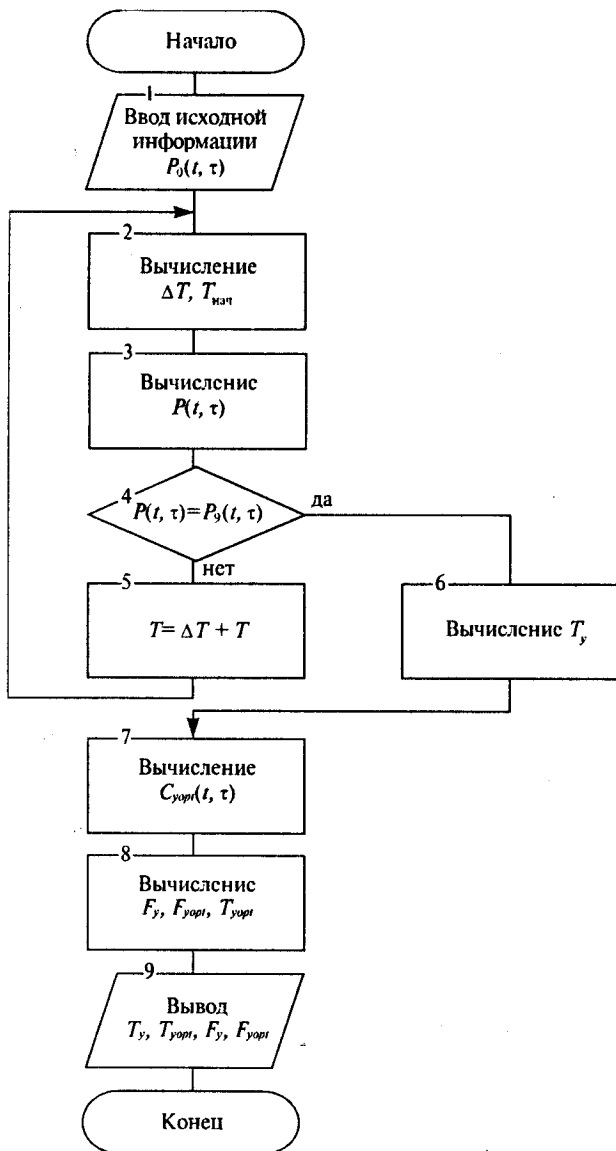


Рис. 2. 5. Блок-схема алгоритма определения оптимальной частоты управления  $F_{\text{опт}}$

Координатное прогнозирование, как составная часть функции АСЦУ, предназначено для формирования плана ЭНТП. С учетом сказанного можно описать общую постановку прогнозирования ЭНТП в АСЦУ на основе экстраполяции координат.

Построение прогнозирующей модели основано на применении принципа снятия неопределенности с процесса развития предприятия и может характеризоваться глобальным критерием эффективности АСЦУ, однако, на практике широко применяется принцип обеспечения минимума рассогласования между выходом модели и объекта. Сопоставление данных принципов приводит к необходимости оценки неопределенности цели ЭНТР.

Кроме того, в силу сложности существующих закономерностей в исследуемом процессе, не удастся построить адекватную модель управления, так как характер изменения координат ЭНТП имеет различную качественную интерпретацию развития предприятия и измеряется в различных несравнимых шкалах. В последнее время появилось большое количество работ по выработке управляющих воздействий на основе прогнозных моделей, обладающих свойствами:

- универсальности;
- учета принципов системного анализа ЭНТП и подхода к прогнозу координат;
- способности реализации нормативного метода прогнозирования и адаптации к различного рода координатам ЭНТП.

Применение в АСЦУ прогнозирования определяется условиями высокого качества прогноза и квалификацией разработчика, типом машин, характером расчетов и информационной способностью метода.

Общей моделью прогноза является функция вида

$$x = K^T \varphi(t), \quad (2.81)$$

где  $x$  — прогнозное значение,  $K^T = \{K_0, K_1, \dots, K_N\}$  — вектор коэффициентов;  $\varphi$  — вектор линейно-независимых функций.

В данном параграфе ставится задача синтеза и исследования модели прогнозирования с использованием кубических сплайнов [33, 49]. Этот метод прогнозирования с помощью простого алгоритма реализации на ЭВМ позволяет получить достаточно большую выборку оценочных значений, используемых в различного рода исследованиях, полную информацию за ретроспективный промежуток времени для построения прогнозной модели [114, 118].

Рассмотрим изменение координат и их модели, для которых существуют производные  $n$ -го порядка. Тогда, используя разложение в ряд Тейлора в окрестности точки  $t_i$  на интервале  $[t_1, t_m]$ , запишем возможные

прогнозируемые изменения координат ЭНТП и их модели [114].

$$x_0(t+t_m) = x_0(t) + x_0'(t)t_m + \frac{x_0''(t)t_m^2}{2!} + \dots + \frac{x_0^{(n)}(t)t_m^n}{n!} + R_0^n, \quad (2.82)$$

$$x_M(t+t_m) = x_M(t) + x_M'(t)t_m + \frac{x_M''(t)t_m^2}{2!} + \dots + \frac{x_M^{(n)}(t)t_m^n}{n!} + R_M^n, \quad (2.83)$$

где  $R_n$  — остаточный член разложения в ряд Тейлора.

В более простой форме прогнозирующую модель можно представить в виде [59]

$$x_M(t) = C^T \varphi(t), \quad (2.81)$$

где  $C^T = [C_0, C_1, \dots, C_M]$  — вектор коэффициентов модели координат;  
 $\varphi(t) = [\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots, \varphi_K(t)]^T$  — вектор линейно независимых функций;  
 $T$  — знак транспортирования.

Вектор функции  $\varphi(t)$  выбирается заранее из анализа априорной информации о характере координаты и зависимости получения ее производных [30].

Для синтеза прогнозирующих моделей запишем функционал, характеризующий близость изменения координат и модели прогнозной точки  $(t+t_M)$ :

$$J = M\{[x_0(t+t_M) - x_M(t+t_M)]\}, \quad (2.85)$$

где  $M$  — математическое ожидание.

С учетом (2.82) и (2.83) при выборе квадратичной  $F$

$$J = \sum_{k=0}^N \left\{ [x_0(t_k) - x_M(t_k)]^2 + \dots + [x_0^n(t_k) - x_M^n(t_k)]^2 + \right. \\ \left. + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} [x_0^i(t_k) - x_M^i(t_k)] [x_0^j(t_k) - x_M^j(t_k)] \frac{T^{i+j}}{i!j!} \right\}. \quad (2.86)$$

Так как изменения в АСЦУ происходят в дискретные моменты времени  $t_k$  на конечном интервале  $[0; t]$ ,  $k = \overline{1, N}$ ,

$$J = \sum_{k=0}^N \left\{ [x_0(t_k) - x_M(t_k)]^2 + \dots + [x_0^n(t_k) - x_M^n(t_k)]^2 + \right. \\ \left. + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} [x_0^i(t_k) - x_M^i(t_k)] [x_0^j(t_k) - x_M^j(t_k)] \frac{T^{i+j}}{i!j!} \right\}. \quad (2.87)$$

Формула (2.87) является основным функционалом, отражающим качество метода прогнозирования. Нахождение производных, требуемых для оценки качества, невозможно без адекватной аппроксимации измерений в дискретные моменты времени.

Сплайны обладают хорошими аппроксимирующими и интерполяционными свойствами, что дает возможность получить эффективные алгоритмы численного дифференцирования [37, 49, 59].

Полиномиальным сплайном степени  $n$  называется составленная из частей многочленов, которая сама и все ее производные до порядка  $n-1$  непрерывны.

Построение сплайна основывается на апостериорной информации и измерении координат.

Разбиваем ретроспективный период на равные дискретные промежутки времени

$$a = t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_N = b. \quad (2.88)$$

Каждому  $t_j \forall j \in (0, N)$  соответствует конкретное значение координаты (на примере  $x$  выходной координаты ЭНТП)  $x_j$ , что соответствует построению сетки  $\Delta$ . Тогда, согласно определению [99], кубический сплайн

$$S_3(t) = M_{j-1} \frac{(t_j - t)^3}{6h_j} + M_j \frac{(t - t_{j-1})^3}{6h_j} + \left( x_{j-1} - \frac{M_{j-1}h_j^2}{6} \right) \frac{t_j - t}{h_j} + \left( x_j - \frac{M_j h_j^2}{6} \right) \frac{t - t_{j-1}}{h_j}, \quad (2.89)$$

где  $h_j = t_j - t_{j-1}$  — шаг дискретизации по времени;

$t \in [t_{j-1}; t_j]$ ;  $M_j = S_3''(t)$  — момент сплайна.

Для получения условий непрерывности первой производной найдем

$$S_3'(t) = -M_{j-1} \frac{(t_j - t)^2}{2h_j} + M_j \frac{(t - t_{j-1})}{2h_j} + \frac{x_j - x_{j-1}}{h_j} - \frac{M_j - M_{j-1}}{6} h_j. \quad (2.90)$$

Вторая производная кубического сплайна

$$S_3''(t) = -M_{j-1} \frac{t_j - t}{h_j} + M_j \frac{t - t_{j-1}}{h_j}. \quad (2.91)$$

которая является линейной функцией  $t$ .

Из уравнений (2.89)-(2.91) можно сделать вывод, что кубический сплайн будет задан, если будут известны значения коэффициентов

$$M_j \forall j \in [0, N].$$

Можно записать систему уравнений для получения коэффициентов из условия непрерывности  $S_3'(t_j)$  в точках  $t_j \forall j \in [1, N-1]$

$$\frac{h_j}{6} M_{j-1} + \frac{h_j + h_{j-1}}{3} M_j + \frac{h_{j+1}}{6} M_{j+1} = \frac{x_{j+1} - x_j}{h_{j+1}} - \frac{x_j - x_{j-1}}{h_j} \quad (2.92)$$

и граничных условий, задаваемых в виде [59]

$$\begin{aligned} 2M_0 + \lambda_0 M_1 &= d_0, \\ (1 - \lambda_N) M_{N-1} + 2M_N &= d_N, \end{aligned} \quad (2.93)$$

где

$$\lambda_j = \frac{h_{j-1}}{h_j + h_{j+1}}, \quad j = \overline{1, N-1}.$$

Уравнение (2.92) с учетом (2.93) можно записать в матричной форме [59, 99]

$$AM = BX, \quad (2.94)$$

где  $A$  и  $B$  — трехдиагональные матрицы размерности

$$A = \begin{bmatrix} 2 & \lambda_0 & 0 & \dots & 0 \\ 1-\lambda_1 & 2 & \lambda_1 & & 0 \\ 0 & 1-\lambda_2 & 2 & & 0 \\ \vdots & & & 2 & \lambda_{N-2} & 0 \\ 0 & \dots & 1-\lambda_{N-1} & 2 & \lambda_{N-1} & 2 \end{bmatrix}. \quad (2.95)$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{0}{6} & \frac{0}{6} & 0 & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \frac{h_1(h_1+h_2)}{6} & \frac{h_1 h_2}{6} & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \frac{6}{h_{N-2}h_{N-1}} & \frac{6}{h_{N-1}(h_{N-1}+h_{N-2})} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \frac{6}{h_{N-1}(h_{N-1}+h_N)} & \frac{6}{h_{N-1}h_N} & \frac{6}{h_N(h_{N-1}+h_N)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (2.96)$$

$M = \{M_0, M_1, \dots, M_N\}^T$ , а  $X = \{x_0, x_1, \dots, x_N\}^T$  — вектор измеренных координат ЭНТП.

Система уравнений (2.94) решается методом прогонки [109, 124], который является наиболее эффективным с точки зрения устойчивости к вычислительным ошибкам и простоте реализации на ЭВМ.

Обозначим  $BX = d$ , где  $d = \{d_0, d_1, \dots, d_N\}^T$ , запишем алгоритм прогонки

$$M_j = F_j M_{j+1} + Q_j, \quad \forall j \in [0, N-1], \quad (2.97)$$

где

$$F_j = \frac{\lambda_j}{2 + (1 - \lambda_j)F_{j-1}}, \quad Q_j = \frac{d_j - (1 - \lambda_j)Q_{j-1}}{2 + (1 - \lambda_j)F}$$

прогоночные коэффициенты.

Таким образом, получение вектора  $M = [M_0, M_1, \dots, M_j, \dots, M_N]^T$  определяет сплайн-функцию на ретроспективном интервале  $[t_0, t_N]$  и позволяет вычислить оценки первой и второй производной функции. Изменения координаты



ЭНТП и получение сплайн-функции в период, предшествующий прогнозу, позволяет оценить рассогласование значений координаты с моделью прогноза.

Введем обозначения рассогласования сплайн, аппроксимированных значений координаты и математической модели прогноза соответствующими значениями первых двух производных

$$\begin{aligned} e_0(t) &= S_3(t) - x_M(t); \\ e_1(t) &= S_3'(t) - x_M'(t); \\ e_2(t) &= S_3''(t) - x_M''(t), \end{aligned} \quad (2.98)$$

тогда (2.86) с учетом (2.98) примет вид

$$J = M[e^T(t)\Lambda e(t)], \quad (2.99)$$

где  $e(t) = [e_0(t), e_1(t), e_2(t)]^T$  — обобщенный вектор рассогласования;  $\Lambda$  — весовая матрица.

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \Lambda_{00} & \Lambda_{01} & \Lambda_{02} \\ \Lambda_{10} & \Lambda_{11} & \Lambda_{12} \\ \Lambda_{20} & \Lambda_{21} & \Lambda_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Lambda_{ss} & \Lambda_{s's'} & \Lambda_{s's''} \\ \Lambda_{s'y'} & \Lambda_{y'y'} & \Lambda_{y'y''} \\ \Lambda_{s'y''} & \Lambda_{y'y''} & \Lambda_{y''y''} \end{bmatrix}. \quad (2.100)$$

Весовая матрица связана с корреляционной матрицей, заданной с точностью до некоторых постоянных множителей, соответствием [29]

$$\Lambda = K_e^{-1}, \quad (2.101)$$

где

$$K_e = M[e(t)e^T(t)] = G^2 \tilde{K}_e, \quad (2.102)$$

корреляционная матрица ошибок измерения значений координаты и оценок ее первых двух производных. В случае, когда ошибка измерений и оценок не коррелированы между собой, матрицы  $\Lambda$  и  $K_e$  имеют диагональный вид.

В зависимости от размерности вектора неизвестных координат, прогнозирующей и математической модели, выбранного шага  $\Delta t$  дискретизации, определяем значением вектора  $X_0, X_1, X_2$

$$X_0 = \{S_3(t_0), S_3(t_0 + \tau_0), \dots, S_3(t_0 + n_0 \tau_0)\}^T; \quad (2.103)$$

$$X_1 = \{S_3'(t_0), S_3'(t_0 + \tau_1), \dots, S_3'(t_0 + n_1 \tau_1)\}^T; \quad (2.104)$$

$$X_2 = \{S_3''(t_0), S_3''(t_0 + \tau_2), \dots, S_3''(t_0 + n_2 \tau_2)\}^T; \quad (2.105)$$

значения первой и второй производных вектора оценок координат соответственно за ретроспективный интервал времени:

$$[t_0, t_N] = [t_0, n_0 + n_0 \tau_0] = [t_0, n_1 \tau_1] = [t_0, n_2 \tau_2]. \quad (2.106)$$

Условие (2.106) отражает качество применения сплайн-функций и

получение различной выборки для консультативного и функционального типов прогноза, исходной информации, требуемой в процессе построения более адекватной модели прогноза, выраженной в форме (2.86). В соответствии с выбранной структурой математической модели прогнозирования сформируем матрицы из значений векторов  $\varphi(t), \varphi'(t), \varphi''(t)$  в соответствующие моменты времени, определенные на интервалах (2.106)

$$A_0 = \begin{bmatrix} \varphi_1(t_0) & \cdots & \varphi_k(t_0) \\ \varphi_1(t_0 + \tau_0) & \cdots & \varphi_k(t_0 + \tau_0) \\ \vdots & & \vdots \\ \varphi_1(t_0 + n_0 \tau_0) & \cdots & \varphi_k(t_0 + n_0 \tau_0) \end{bmatrix}, \quad (2.107)$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} \varphi_1'(t_0) & \cdots & \varphi_k'(t_0) \\ \varphi_1'(t_0 + \tau_1) & \cdots & \varphi_k'(t_0 + \tau_1) \\ \vdots & & \vdots \\ \varphi_1'(t_0 + n_0 \tau_1) & \cdots & \varphi_k'(t_0 + n_0 \tau_1) \end{bmatrix}, \quad (2.108)$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} \varphi_1''(t_0) & \cdots & \varphi_k''(t_0) \\ \varphi_1''(t_0 + \tau_2) & \cdots & \varphi_k''(t_0 + \tau_2) \\ \vdots & & \vdots \\ \varphi_1''(t_0 + n_0 \tau_2) & \cdots & \varphi_k''(t_0 + n_0 \tau_2) \end{bmatrix}. \quad (2.109)$$

В случае  $n_0 = n_1 = n_2$  и, следовательно  $\tau_0 = \tau_1 = \tau_2$ , матрицы  $A_0, A_1, A_2$  имеют одинаковую размерность. С учетом (2.103-2.105) и (2.106-2.109) введем обобщенный вектор состояния координат

$$Z = [X_0^T : X_1^T : X_2^T]^T, \quad (2.110)$$

и обобщенную матрицу из матриц  $A_0, A_1, A_2$

$$\Phi = [A_0^T : A_1^T : A_2^T]^T. \quad (2.111)$$

Полученные вектор состояния  $Z$  и обобщенная матрица  $\Phi$  позволяют прийти к эквивалентной записи функционала (2.101) в виде

$$J = (Z - \Phi C)^T \Lambda (Z - \Phi C), \quad (2.112)$$

где  $\Lambda$  — весовая матрица вида (2.100).

С помощью обобщенного метода наименьших квадратов находим вектор неизвестных параметров математической модели прогноза (2.84)

$$\tilde{C} = (\Phi^T \Lambda \Phi)^{-1} \Phi^T \Lambda Z. \quad (2.113)$$

Нахождение коэффициента  $\tilde{C}$  позволяет вывести общую модель прогноза координаты ЭНТП [49]

$$x(t) = [(\Phi^T \Lambda \Phi)^{-1} \Phi^T \Lambda Z]^T \varphi(t) = Z^T \Lambda \Phi (\Phi^T \Lambda \Phi)^{-1} \varphi(t). \quad (2.114)$$

Структурная схема алгоритма прогнозирования представлена на рис. 2. 6.



Рис. 2. 6. Структурная схема алгоритма определения значения координат ЭНТП на заданном прогнозном интервале времени

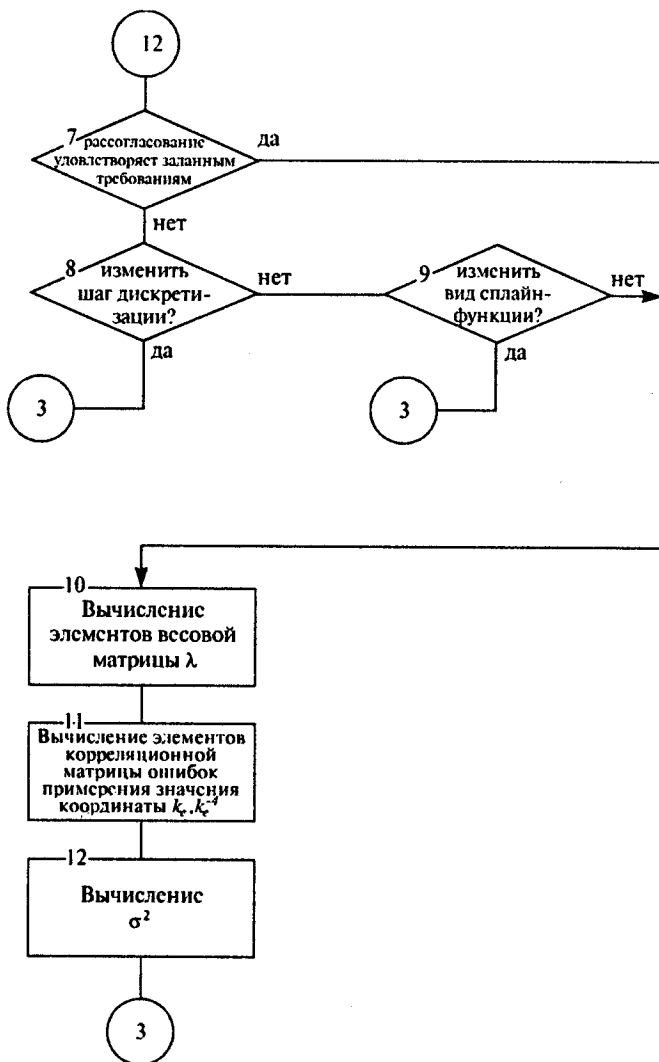


Рис. 2. 6. Структурная схема алгоритма определения значения координат ЭНТП на заданном прогнозном интервале времени (продолжение)

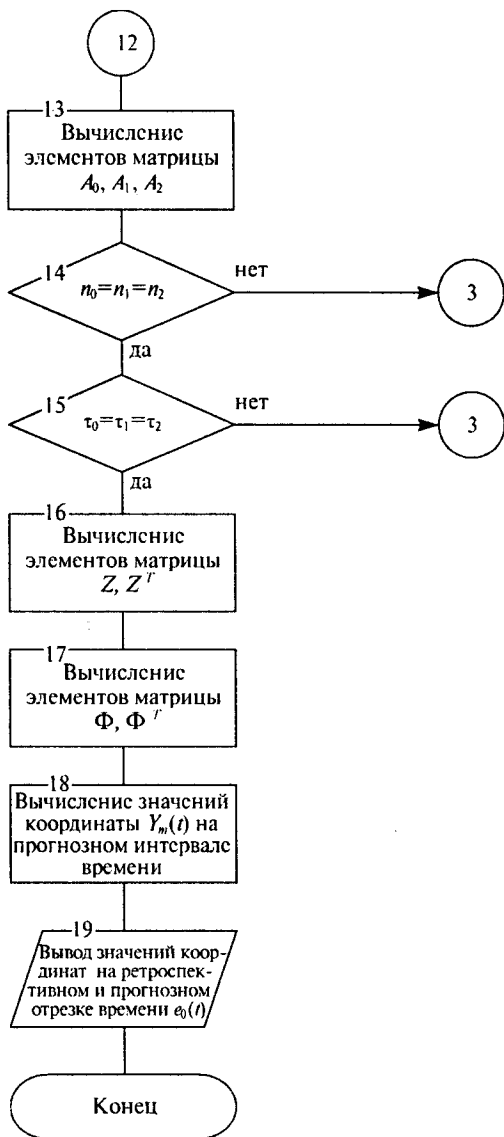


Рис. 2. 6. Структурная схема алгоритма определения значения координат ЭНТП на заданном прогножном интервале времени (окончание)

## 2.6. МОДЕЛИ НЕКОТОРЫХ КООРДИНАТ ЭНТП, БП

### Прирост национального дохода

При планировании ЭНТП должны прежде всего определяться ключевые экономические показатели, отражающие его цель: рост производительности труда, повышение фондоотдачи, снижение материалоемкости продукции и рост национального дохода, т. е. чистой продукции и прибыли.

При известных ресурсах рабочей силы и фонда производственного накопления долю прироста национального дохода за счет ЭНТП [76]

$$Y = \alpha k + (\alpha - 1)l + r, \quad (2.115)$$

где  $\alpha$  — показатель, характеризующий прирост национального дохода за счет основных фондов;  $k$  — темп прироста основных фондов;  $l$  — темп прироста численности рабочей силы;  $r$  — темп прироста национального дохода за счет ЭНТП.

Уравнение (2.115) представляет собой производственную функцию, позволяющую применить факторный анализ [140].

В настоящее время уже разработаны методы оценки экономической эффективности по типовой методике определения экономической эффективности капиталовложений.

Важно конкретизировать положение этой методики с учетом специфики производства, расчета повышения производительности труда, снижение материалоемкости и фондоемкости выпускаемой продукции. Эти показатели оказывают решающее влияние на снижение себестоимости продукции и коэффициента эффективности новой техники, а также позволяют выбрать направления ЭНТП, экономящие затраты живого труда и материальные ресурсы.

Имеется также другой подход, при котором вначале оценивается экономическая эффективность задела разработок ЭНТП, а затем выбираются наиболее эффективные варианты и включаются в план работы предприятия. Затем оценивается величина прироста национального дохода, получаемого за счет внедрения этих вариантов.

Такой подход называется подходом «от ресурсов» в отличие от выше рассмотренного подхода «от потребностей».

Оба подхода дополняют друг друга.

В годовые планы должны включаться научно-технические разработки, доведенные до высокой степени готовности, разработки, требующие дополнительных исследований, также включаются в пятилетние планы.

В этом деле предприятиям и объединениям предоставлена полная самостоятельность и творческая инициатива в учете прогноза ЭНТП.

Прогнозирование ЭНТП должно проводиться в двух аспектах:

— общее прогнозирование развития науки и техники, основанное на закономерностях их развития;

— экономическое прогнозирование ЭНТП.

Экономическое прогнозирование решает две задачи:

— задачу определения необходимых путей развития ЭНТП;

— задачу определения капитальных и эксплуатационных затрат на ЭНТП будущего с учетом вероятностного характера затрат.

### Эффективность ЭНТП

Влияние ЭНТП на эффективность производства можно оценить показателем роста общей рентабельности производственных фондов после капитальных вложений в % [76]

$$E_p = \left( \frac{\Pi_2 + H - E_{pn} \Phi_2 \pm \Pi_1}{\Phi_2} \right). \quad (2.116)$$

где  $E_{pn}$  — нормативный коэффициент рентабельности капиталовложений до осуществления мероприятий по техническому развитию производства;  $\Pi_2$  — балансовая прибыль после осуществления мероприятий развития;  $H$  — годовая сумма расходов на рост зарплаты и улучшения условий труда после осуществления мероприятий по развитию;  $\Phi_2$  — среднегодовая стоимость производственных фондов после осуществления мероприятий по развитию;  $\Pi_1$  — прибыль или убытки, возникшие под воздействием других факторов: изменение цен, структуры продукции, смены поставщика и др.

Для определения суммы экономии при осуществлении мероприятий по развитию ЭНТП используется

$$C_s = \Pi_2 + H - E_{pn} \Phi_2 \pm \Pi_1 \quad (2.117)$$

Темпы роста расширенного производства определяются формулой

$$T_p = \frac{Q - Z - \Delta Z}{FB}, \quad (2.118)$$

где  $Q$  — прибыль;  $Z$  — часть прибыли, идущая на общественные расходы, управление, подготовка кадров и др.;  $\Delta Z$  — приращение общественных расходов за год;  $F$  — коэффициент капиталоемкости продукции;  $B$  — объем выпускаемой продукции в базовый период.

Средний уровень рентабельности действующих производственных фондов

$$P_c = P_1 - \frac{\varphi(n-1)}{2}, \quad (2.119)$$

где  $P_1$  — рентабельность новых производственных фондов в первом году

их эксплуатации, %;  $\phi$  — темпы снижения рентабельности внедряемой новейшей техники;  $n$  — нормативный амортизационный срок эксплуатации новой техники.

Главным показателем ЭНТП служит рост общественной производительности труда.

Общее число условно высвобожденных работников в результате ЭНТП

$$T_y = \frac{P_2 + H - E_m \Phi_2 \pm P_1}{S}, \quad (2.120)$$

где  $S$  — сумма национального дохода (сумма чистой продукции) на одного работника до осуществления мероприятий по ЭНТП.

Показатель  $T_y$  отражает рост общественной производительности труда за счет экономии живого общественного труда.

Другим объемным показателем развития ЭНТП может быть годовой объем капитальных вложений

$$K_T = VT_y I, \quad (2.121)$$

где  $V$  — среднегодовая заработная плата одного работающего;  $I$  — нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений в ЭНТП.

Максимальная прибыль  $P$  на каждый рубль капитальных вложений

$$\frac{P}{K} = \max. \quad (2.122)$$

Уровень механизации производственных процессов определяется отношением объема работ (в физическом или стоимостном исчислении), выполненном машинами  $B_M$  к общему объему работ

$$C_M = \frac{B_M}{B}. \quad (2.123)$$

Коэффициент автоматизации может быть оценен по формуле

$$K_a = \frac{K_a}{K_a + K}, \quad (2.124)$$

где  $K_a$  — количество автоматического оборудования или его стоимость;  $K$  — количество неавтоматического оборудования или его стоимость.

Коэффициент относительного повышения производительности общественного труда

$$K_{HT} = \frac{C^\sigma \alpha_K'' + I^\sigma (\alpha_K'' - 1)}{C^\sigma - \Delta C}, \quad (2.125)$$

где  $C^\sigma$  — цена базовой машины, как функция числа лет ее выпуска;  $\alpha_K''$  — коэффициент относительного роста производительности оборудования как функции времени;  $I^\sigma$  — суммарные издержки, связанные с использованием базовой машины, как функция числа лет ее выпуска;



$\Delta C$  — дополнительное увеличение приведенных затрат на производство новой, более производительной машины.

Относительный частный показатель качества изделий может быть определен по формуле [141]

$$K_{ki} = \frac{q_{ki}}{q_{kni}}, \quad (2.126)$$

где  $q_{ki}$  — частный показатель качества изделий, достигаемый за счет мероприятий по ЭНТП;  $q_{kni}$  — некоторый потенциальный показатель качества изделий.

Относительный комплексный показатель качества изделий

$$K = \frac{Q_k}{Q_{nk}}, \quad (2.127)$$

где  $Q_k = F(q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$  — комплексный показатель качества изделия, полученный методом среднего взвешенного, экспертными оценками или факторным анализом;  $Q_{nk} = F(q_{nk1}, q_{nk2}, \dots, q_{nkn})$  — комплексный потенциальный показатель качества изделий, полученный теми же методами.

Кроме показателей качества критериев, входящих в обобщенный функционально-статистический критерий, в производстве часто используется [77]:

- удельный вес изделий, аттестованных на внутризаводской Знак качества;
- удельный вес изделий высшей категории качества;
- процент сдачи продукции с первого предъявления;
- удельный вес продукции, по которой получены рекламации;
- удельный вес потерь от брака;
- удельный вес затрат рабочего времени на изготовление забракованной продукции.

### Эффект новой технологии

Снижение себестоимости выпускаемой продукции зависит главным образом от внедрения прогрессивной технологии, базирующейся на достижениях ЭНТП, требующих определенных капитальных вложений. Для оценки эффекта новой технологии используется нормативный коэффициент эффективности [76]

$$K_{MT} = \frac{\sum \Delta C}{K_d + K_M}, \quad (2.127)$$

где  $\sum \Delta C$  — снижение себестоимости за ряд лет;  $K_d$  — дополнительные

затраты на внедрение новой технологии;  $K_M$  — затраты на модернизацию.

Комплексная прогрессивная технология оказывает влияние на развитие предприятия в следующих направлениях:

- меняется структура капитальных вложений на строительство новых комплексов, возрастает доля затрат на приобретение оборудования;
- увеличиваются межотраслевые производственные связи;
- расширяются возможности специализации и кооперирования;
- изменяется профессиональная структура рабочих, снижается доля малоквалифицированного и тяжелого физического труда.

### Эффект новой техники

Народнохозяйственный эффект от новой техники [76]

$$\mathcal{E}_{HT} = \mathcal{E}_H - K_{n1} - K_{n2}, \quad (2.128)$$

где  $\mathcal{E}_{HT}$  — эффект новой техники за весь срок службы;  $K_{n1}$  — дополнительные текущие затраты изготовителей новой техники за весь период до момента начала производства;  $K_{n2}$  — дополнительные капитальные затраты изготовителей новой техники за весь период до момента начала производства.

Экономический эффект новой техники может быть получен за счет:

- повышения производительности труда в течение года ( $\Pi_i$ );
- повышения календарной долговечности или срока службы техники ( $D$ );
- снижения эксплуатационных расходов ( $A$ );
- снижения расходов на текущий ремонт техники ( $P$ );
- сокращения транспортных расходов ( $T$ ).

Эффект от повышения производительности

$$\mathcal{E}_{III} = \frac{C(Z_1 + Z_2)}{Z_2}, \quad (2.129)$$

где  $C$  — цена единицы техники, руб.;  $Z_1$  — количество единиц базовой техники;  $Z_2$  — количество единиц новой техники.

В свою очередь

$$Z_1 = \frac{Q_p}{R_1}, \quad Z_2 = \frac{Q_p}{R_2}, \quad (2.130)$$

где  $Q_p$  — годовой объем работ потребителя техники;  $R_1$  — годовая производительность базовой техники;  $R_2$  — годовая производительность новой техники.

Экономический эффект за счет долговечности новой техники за весь период

$$\mathcal{E}_{III, D} = \frac{C Z_1}{Z_2} \left[ \frac{(1 - E_{III})^{T-t_0} - 1}{(1 + E_{III})^T - (1 + E_{III})^{T-t_0}} \right], \quad (2.131)$$

где  $E_{нп}$  — норматив приведения разновременных затрат к определенному моменту времени  $\tau_0$  ( $E_{нп} = 0,12$ );  $\tau$  — срок службы базового варианта техники.

Экономический эффект от снижения эксплуатационных расходов за весь период

$$\mathcal{E}_{нл} = [(A_M + A_0 + A_B + A_{BM} + A_3 + A_T) + A_{II} + A_6] \left[ \frac{(1 + E_{нп}) - 1}{E_{нп}(1 + E_{нп})} \right], \quad (2.132)$$

где  $A_M$  — экономический эффект от уменьшения удельного расхода сырья и материалов за год на единицу работы;  $A_0$  — экономический эффект за счет изменения трудоемкости;  $A_B$  — экономический эффект за счет изменения числа вспомогательных рабочих;  $A_{BM}$  — экономический эффект за счет изменения вспомогательных материалов;  $A_3$  — экономический эффект за счет изменения удельного расхода электроэнергии;  $A_T$  — экономический эффект за счет изменения удельного топлива;  $A_{II}$  — экономический эффект за счет изменения производственных площадей на единицу техники;  $A_6$  — экономический эффект за счет изменения брака.

Экономический эффект от снижения расходов на текущий и капитальный ремонт за весь срок службы

$$\mathcal{E}_{лр} = P_M + P_3, \quad (2.133)$$

где  $P_M$  — экономический эффект от снижения расходов на ремонт механической части;  $P_3$  — экономический эффект от снижения расходов на ремонт электрической и электронной части.

Экономический эффект от сокращения транспортных расходов за весь срок службы новой техники

$$\mathcal{E}_{лт} = \frac{[(1 + E_{нп})^{\tau + \tau_0} - (1 + E_{нп})^{\tau_0}]}{[(1 + E_{нп})^{\tau + \tau_0} - (1 + E_{нп})^{\tau}]} (T_1 + T_2), \quad (2.134)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  — транспортные расходы по доставке от изготовителя до потребителя базовой и новой техники.

Дополнительные текущие затраты

$$K_{дл} = \sum_{j=1}^{\Theta} \Delta K_{дл} N_j B_{lj}, \quad (2.135)$$

где  $\Theta$  — период серийного производства новой техники, годы;  $\Delta K_{дл}$  — дополнительные текущие затраты на единицу новой техники в  $j$ -м году;  $N_j$  — объем производства новой техники в  $j$ -м году;  $B_{lj}$  — коэффициент приведения эффекта потребителя от начала эксплуатации новой техники к моменту начала ее серийного производства

$$B_{lj} = \frac{1}{(1 + E_{нп})^j}.$$

Дополнительные капитальные затраты изготовителя новой техники

$$K_{д2} = \sum_{r=1}^{l-1} \Delta K_{дr} B_{or},$$

где  $l$  — период времени от начала подготовки производства новой техники до начала ее серийного изготовления;  $\Delta K_{дr}$  — дополнительные капитальные затраты изготовителя новой техники в  $r$ -м году от момента начала подготовки ее производства;  $B_{or}$  — коэффициент приведения дополнительных капитальных затрат у изготовителя новой техники к моменту начала ее серийного производства

$$B_{or} = (1 + E_{HM})^{l-r}.$$

### Себестоимость АСЦУ ЭНТП

Для исследования зависимости себестоимости единичной АСЦУ от масштаба производства [142] все расходы можно разбить на две группы:

- условно-постоянные  $l$ ;
- пропорциональные  $k$ .

В первую отнесем затраты на исследования, проектирование, конструирование, внутризаводские затраты на работы по планированию территории, заработную плату научных сотрудников, ИТР и т. д. Эти затраты практически не зависят от масштаба выпуска АСЦУ.

Во вторую группу войдут затраты на сырье, материалы, комплектующие изделия, электроэнергию, заработную плату производственных рабочих и т. д. Эта группа растет пропорционально объему выпускаемых АСЦУ.

В общем случае себестоимость одной АСЦУ, в зависимости от роста масштаба производства, можно выразить формулой

$$C = \varphi(x) = \frac{C_1}{x + C_2} + C_3, \quad (2.137)$$

где  $x$  — масштаб производства;  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  — коэффициенты, зависящие от конкретных видов АСЦУ и конкретных условий производства.

Результирующая кривая представляет собой дробно-степенную функцию с отрицательным показателем по виду близкую к гиперболе. Подобные функциональные зависимости можно рассчитать лишь для конкретного вида организации производства. При общем анализе эти зависимости представляют собой  $(n+1)$ -мерные поверхности для  $n$  типов и условий производства, их аналитическое выражение очень сложно и требует много информации.

Для определения значений коэффициентов  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  требуется знать не менее 3-4 значений масштабов производства  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  и соответственно

столько же значений себестоимости единицы, продукции  $y_1, y_2, y_3$ . Масштабы производства берутся со значительным удалением друг от друга  $x_i$  от  $x_{i+1}$  с учетом себестоимости единицы изделия при имеющемся масштабе выпуска, уровня технического проекта предприятия, технико-экономических показателей производства.

Математическую модель изменения стоимости единицы АСЦУ от изменения масштаба производства можно представить в следующем виде

$$F(x, y, C_1, C_2, C_3) = 0, \quad (2.138)$$

где:  $y = \varphi(x)$  — функции второго порядка;  $x$  — масштаб производства;  $C_1, C_2, C_3$  — коэффициенты.

Предположим, что даны три точки  $(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2)$ . Подставляя значения  $x_i$  и  $y_i$  в равенство (2.138), получим три уравнения с тремя неизвестными

$$\begin{cases} F(x_0, y_0, C_1, C_2, C_3) = 0, \\ F(x_1, y_1, C_1, C_2, C_3) = 0, \\ F(x_2, y_2, C_1, C_2, C_3) = 0. \end{cases}$$

Решение подобных уравнений находится по правилу Крамера (2.138). Общая себестоимость выпускаемых АСЦУ определяется суммой

$$C_{\Sigma x} = \sum_{i=1}^n \varphi_i(x_i) x_i \pm d[\varphi_1(x_1), \dots, \varphi_n(x_n)], \quad (2.139)$$

где  $\varphi_i(x_i)$  — функция себестоимости единицы  $i$ -х АСЦУ;  $\alpha$  — величина экономии перерасхода, вызываемая характером выпуска различных комплектующих узлов и блоков.

При этом исследованию подлежит несуммарная себестоимость  $C_{\Sigma x}$ , а функция

$$\varphi_{\Sigma x} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i(x_i)}{n} \approx \frac{C_{\Sigma x}}{N_y},$$

где  $N_y$  — выпуск предприятия в условных единицах.

## 2.7. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЛПР, БИЗНЕСМЕНУ И ПРЕДПРИНЕМАТЕЛЮ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Решение-заключение, вывод из чего-нибудь, постановление, ответ или искомое выражение к задаче и вопросу. Решения должны приниматься эффективные, быстро и конкретно. При принятии решений необходимо учитывать следующие основные принципы [1, 179]:

необходимо учитывать чужое мнение, включать при сложности «мозговую группу», не посвящая никогда в основной секрет своего дела; по принципам: «кто много говорит — мало делает», умеете сосредоточенно молчать, «что можешь расскажи, но прежде покажи», «Человек ценится не по словам, а по своим делам»;

необходимо обладать мужеством и не бояться рисковать, если даже риск может стоить жизни, не стоит искать чудес, их нет, надо ясно понимать к чему решение приведет, быть при решении решительным и настойчивым, страстным в желании к успеху, «В основе могущества лежит могущество личности»;

настойчивость, основанная на силе воли, преобразуется в уверенность, опыт и страсть, гарантирующие достижение поставленной цели, отсутствие настойчивости — самая распространенная причина поражения, приводит к слабости, к ослаблению мечтательности и желаний; настойчивость самовнушением необходимо перевести в подсознание, сделать привычкой; настойчивость — лучшая страховка от неприятностей;

надо мыслить категориями успеха, ради него много трудиться, помня о том, что лень да потеха не дадут успеха, «не попотеешь — не разбогатеешь», когда сознание тяготеет к успеху — его достигнешь, когда к поражению, к нищете другого не случится;

«нет худа без добра», «каждая неудача несет в себе зерно благоприятного в будущем хода вещей», «поражение — это ненадолго», если ясно видна цель, и к ней настойчиво надо стремиться;

настойчивость — это состояние сознания и его можно культивировать, настойчивым при желании может стать каждый, если будет соблюдать принципы: ясность намерений, страстное желание, уверенность в себе, определенность планов, тщательный анализ возможностей, синтез сотрудничества, силы воли, настойчивости и привычек, а также смелости;

при принятии решений необходимо преодолеть определенные слабости, недопонимание своих желаний, промедление, отсутствие желания учиться, нерешительность, привычку ссылаться на разные обстоятельства, самовлюбленность, равнодушие или безразличие, привычку винить в своих ошибках других, отсутствие страсти и смелости, наличие страха, отсутствие четкого плана действий, привычку к неуспеху, к нищете, привычку размениваться на мелочи, страх перед мнениями других, перед критикой, «критиковать — дело нехитрое»;

не упускайте свой шанс, надо знать, как шанс превратить в закономерность, при этом необходимо сделать всего четыре шага: ясно представлять цель и страстно желать достичь результата; составить четкий план, описывающий последовательность действий; сформировать

независимое сознание, свободное от влияния родственников, друзей и знакомых; создать дружественный союз сотрудничества с одним или несколькими людьми, поддерживающими ваше стремление идти к цели, в этом случае можно рассчитывать на поддержку Высшего разума.

Настойчивость переплавляет человека так же, как уголь превращает руду в высококачественную сталь. Всего четыре простых вышеназванных шага ведут к привычке быть настойчивым. Если гора не идет к Магомету — Магомет идет к горе.

Существенное влияние на правильность принятия решений оказывает знание формальных лингвистических, графических и математических моделей, изложенных в предыдущих и последующих разделах книги. Они могут использоваться как при программировании работы АСЦУ, так и при накоплении опыта для принятия эвристических решений, поэтому ЛПР должен детально изучить описанные модели и ввести их в подсознание, в подкорку головного мозга.

ЛПР должен свободно ориентироваться в необходимости и степени использования результатов работы АСЦУ, «мозгового центра» и собственно своих, только комплексируя все возможные средства, можно добиться определенной степени правильности принятия решений и добиться успеха.

В главе описаны проблемно-ориентированный инструментарий подготовки и принятия эффективных управляющих решений по развитию научно-технических параметров предприятия. Проблемная ориентация предложенных математических моделей заключается в ориентации на принятие решений в условиях неопределенности исходной информации, высокого уровня помех и случайных воздействий, большой протяженности всех процессов во времени. В этих условиях особенно велика роль ЛПР, как элемента, снижающего на основе информационных процедур исходную информационную неопределенность. Разработанный инструментарий ориентирован на адаптацию к условиям принятия решений, простую формализацию, учет эвристических соображений ЛПР и включает в себя:

адаптивную модель принятия оптимальных решений в условиях многокритериальности, позволяющую реализовать широкий класс схем компромисса, начиная от аддитивной, реализуемой в условиях полной информационной определенности о значениях весовых коэффициентов, до минимаксной максиминной, обеспечивающей принятие «грубого» решения в условиях неопределенности.

Обобщенный критерий построен на основе теории полезности, для чего использованы оригинальные функции полезности частных критериев, позволяющие реализовать нелинейные зависимости, что более полно отражает реальные процессы.

Методику отбора значимых факторов уровня ЭНТП предприятия, влияющих на выходные параметры производственного процесса, выступающие в качестве частных критериев эффективности управления НТП предприятия.

Аналитический метод оценки вероятности достижения цели управления в условиях действия случайных помех.

Метод прогнозирования развития координат ЭНТП, основанный на использовании кубических сплайнов. Использование сплайнов позволяет производить прогноз на совокупность коротких однородных временных рядов, учитывая тенденции «скачков» ЭНТП и реализуемых управляющих решений.

Результаты разработки математических моделей составляют основу хозяйственного расчета ЭНТП предприятия в условиях перехода к рынку.



### Глава 3. МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В АСЦУ ЭНТП, БП

При всем многообразии задач управления экономическими и научно-техническими характеристиками предприятия большинство из них могут быть интерпретированы как задачи распределения ресурсов. При этом многообразии исходных функциональных задач, таких как распределение дефицитного оборудования и приборов, новейших материалов и комплектующих изделий, дефицитных ресурсов, денежных средств, трудовых ресурсов, научного потенциала, высококвалифицированных специалистов и т. д. предопределяют необходимость разработки единого математического описания и методов решения этого широкого класса задач распределения ресурсов. Для этого модели должны учитывать нелинейность функций отклика производных функций элементов системы предприятия, невыпуклость функции эффекта предприятия в целом, различного вида неопределенности и многокритериальность задачи. Математические модели решения задачи в такой постановке рассмотрены в настоящей главе.

#### 3.1. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Представим предприятие в виде иерархической двухуровневой системы: управляющий центр — комплекс подразделений цехов, участков, лабораторий, служб и т. д.  $A = \{a_\xi\}$ ,  $\xi = \overline{1, n}$ . В текущий момент времени  $t$  управляющий центр располагает некоторым количеством однокачественного ресурса  $R(t)$ . Каждому подразделению предприятия для нормального функционирования необходимо  $r_\xi(t)_{\min}$ , а для экстремального, по заданному критерию,  $r_\xi(t)_{\max}$  — количество ресурса для некоторых подразделений потребность в рассматриваемом ресурсе отсутствует, т. е.  $r_\xi(t)_{\min} = r_\xi(t) = 0$ , но это не нарушает общность дальнейших рассуждений. В общем случае

$$\sum_{\xi=1}^n r_{\xi}(t)_{\min} < R(t) < \sum_{\xi=1}^n r_{\xi}(t)_{\max}. \quad (3.1)$$

Получая ресурс, каждое подразделение предприятия генерирует некоторое множество разнокачественных эффектов  $\mathcal{E}_{\xi}(t)$ , связанных с совершенствованием экономических и научно-технических характеристик, количественные значения элементов которого определяются оператором  $H_{\xi}'$ :

$$\mathcal{E}_{\xi}(t) = H_{\xi}'(r_{\xi}(t), t). \quad (3.2)$$

а предприятие в целом "генерирует" множество эффектов

$$\mathcal{E}(t) = U_{\xi} \mathcal{E}_{\xi}(t). \quad (3.3)$$

В зависимости от экономических и научно-технических эффектов предприятие в целом получает некоторое множество разнокачественных доходов  $\mathcal{E}_c(t)$  (увеличение производительности труда, повышение качества, снижение материалоемкости, увеличение фондоотдачи, улучшение техники безопасности, условий труда и т. д.). Количественные значения элементов этого множества определяются оператором  $H_c'$

$$\mathcal{E}_c(t) = H_c'(\mathcal{E}(t), t). \quad (3.4)$$

Предположим, что существуют обобщенные скалярные оценки характеристик научно-технического прогресса подразделений  $\bar{\mathcal{E}}_{\xi}(t)$  и дохода предприятия в целом  $\bar{\mathcal{E}}_c(t)$ .

Управляющий центр распределяет ресурс  $R$  между подразделениями предприятия по некоторому правилу

$$r_{\xi}(t) = F[\bar{\mathcal{E}}_{\xi}(t), t], \quad (3.5)$$

при условиях

$$\sum_{\xi=1}^n r_{\xi}(t) = R(t), \quad (3.6)$$

$$r_{\xi}(t)_{\min} \leq r_{\xi}(t) \leq r_{\xi}(t)_{\max}. \quad (3.7)$$

Сформулированная выше задача не отличается принципиально от классической задачи распределения ресурсов. Ее конкретные особенности, определяющие проблемную ориентированность, зависят от вида операторов  $H_{\xi}'(t)$ ,  $H_c'(t)$  вида обобщенной оценки множества разнокачественных ресурсов, эффектов и доходов, т. е. от вида функций

$$\bar{\mathcal{E}}_{\xi}(t) = H_{\xi}(\mathcal{E}_{\xi}, t); \quad (3.8)$$

$$\bar{\mathcal{E}}_{\xi}(t) = H_{\xi}(r_{\xi}, t), \quad (3.9)$$

и правил распределения ресурсов между подразделениями предприятий. Рассмотрим эти особенности, не учитывая на этом этапе анализа зависимости процессов от времени. Последнее допущение вполне корректно, так как распределение ресурсов (управления) в реальных производственных системах производится в дискретные моменты времени в начале плановых периодов, на протяжении которых величина ресурсов фиксирована.

При анализе производственных систем зависимость максимального выпуска продукции, генерируемого эффекта или дохода от затрат ресурсов вида (3.8), (3.9) называется производной функцией [10]. В большинстве работ предполагается, что производные функции являются линейными или неубывающими выпуклыми вверх зависимостями. Кроме того, принимается, что производные функции всех подразделений предприятия одинаковы по характеру зависимости. Такие допущения существенно упрощают решение задачи распределения ресурсов, но не отражают реальной действительности. В общем случае можно считать, что на интервале  $r=[0, \infty]$  производная функция (3.9) имеет вид S-образной кривой [110], изображенной на рис. 3.1. Для каждого производственного подразделения по постановке задачи задано ограничение (3.7). Оно "вырезает" из общей кривой выпуклый, линейный или вогнутый участок, так как интервал  $[r_{\xi \min}, r_{\xi \max}]$  значительно меньше интервала  $[0, \infty]$ .

Так как АСЦУ ЭНТП, БП строится с учетом участия ЛПР при выработке всех управляющих решений, желательно выбрать универсальную форму производной функции, позволяющую изменением одного параметра реализовать кривые всех трех видов. Это удобно как для реализации эвристических соображений ЛПР, так и с вычислительной точки зрения. Для формирования такой зависимости воспользуемся подходом, изложенным в разделе 2.1 при формировании функций полезности частных критериев. На основе этого введем вспомогательную функцию вида

$$\varphi(r_{\xi}) = \left( \frac{r_{\xi} - r_{\xi \min}}{r_{\xi \max} - r_{\xi \min}} \right)^{\alpha_{\xi}}, \quad (3.10)$$

для которой при  $0 < \alpha_{\xi} < 1$  реализуются выпуклые, при  $\alpha_{\xi} = 1$  линейные и при  $\alpha_{\xi} > 1$  вогнутые зависимости (см. рис. 3.1). Функция (3.10) безразмерна и изменяется в пределах от 0 до 1. С учетом этого выходной эффект  $\xi$ -го производственного подразделения можно представить в виде

$$\bar{\mathcal{E}}_{\xi} = \mathcal{E}_{\xi \min} + \alpha_{\xi} \varphi(r_{\xi}), \quad (3.11)$$

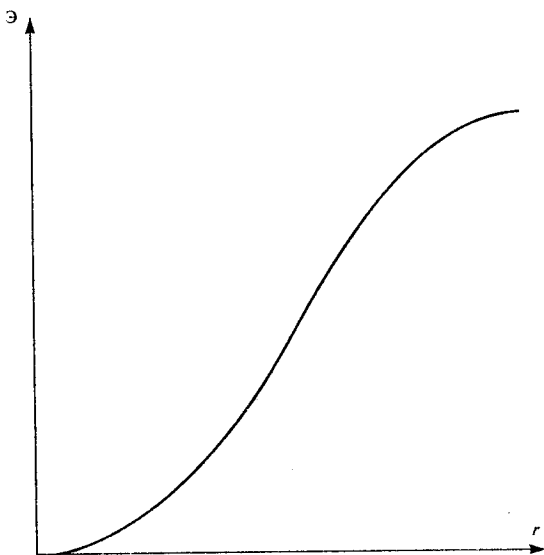


Рис. 3.1. Производная функция на интервале  $r=[0, \infty]$

где  $\bar{\mathcal{E}}_{\xi_{\min}} = H_{\xi}(r_{\xi_{\min}})$  — эффект, получаемый подразделением при выделении ему ресурса в минимально допустимом количестве  $r_{\xi_{\min}}$ ,  $\alpha_{\xi}$  — масштабный коэффициент.

Суммарный доход предприятия в целом формируется как объединение локальных доходов

$$\mathcal{E}_c = U_{\xi} \mathcal{E}_{c_{\xi}}, \quad (3.12)$$

где  $\mathcal{E}_{c_{\xi}}$  в общем случае разнокачественные доходы, величина которых монотонно зависит от развития экономических и научно-технических координат подразделений предприятия  $\mathcal{E}_{\xi}$

$$\mathcal{E}_{c_{\xi}} = H'_{c_{\xi}}(\mathcal{E}_{\xi}). \quad (3.13)$$

или с учетом (3.11)

$$\mathcal{E}_{c_{\xi}} = H'_{c_{\xi}}[\mathcal{E}_{\xi_{\min}} + \alpha_{\xi} \varphi(r_{\xi})] = H_{c_{\xi}}(r_{\xi}). \quad (3.14)$$

Так как функции  $H'_{c_{\xi}}(\mathcal{E}_{\xi})$  и  $\varphi(r_{\xi})$  монотонны, то  $H_{c_{\xi}}(r_{\xi})$  также монотонная [92] и в зависимости от конкретного вида функции имеет место линейная, выпуклая или вогнутая зависимость. Поэтому, по аналогии с эффектом

подразделения  $\mathcal{E}_c$  можно представить в виде

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}_{c, \min} + b_\xi \varphi_c(r_\xi), \quad (3.15)$$

где  $\varphi_c(r_\xi)$  — функция вида (3.10);  $b_\xi$  — масштабный коэффициент. Учитывая, что — разнокачественные доходы подразделений, обобщенный доход предприятия

$$\bar{\mathcal{E}}_c = \sum_{\xi=1}^n g_\xi \mathcal{E}_c = \sum_{\xi=1}^n g_\xi \mathcal{E}_{c, \min} + \sum_{\xi=1}^n g_\xi b_\xi \varphi_c(r_\xi), \quad (3.16)$$

где первое слагаемое представляет собой гарантированный минимальный (достигнутый уровень) доход предприятия, а управлению поддается только его приращение, равное

$$\Delta \bar{\mathcal{E}}_c = \bar{\mathcal{E}}_c - \bar{\mathcal{E}}_{c, \min} = \sum_{\xi=1}^n g_\xi b_\xi \varphi_c(r_\xi) = \sum_{\xi=1}^n C_\xi \varphi_c(r_\xi). \quad (3.17)$$

В этих формулах  $g_\xi$  — коэффициент изоморфизма разнокачественных доходов.

Правило распределения ресурсов (3.5) зависит от особенностей системы. В основу анализа этих особенностей можно положить степень централизации системы и согласованность целей ее элементов.

Производственное объединение по структуре управления, в том числе и ЭНТП, БП, является централизованной иерархической системой. Целью таких систем является максимизация дохода предприятия в целом, т. е.

$$\Delta \mathcal{E}_c \rightarrow \max_{r_\xi}. \quad (3.18)$$

Достигать эту цель приходится в условиях большей или меньшей согласованности целей управляющего центра и элементов системы. Для большинства организационных систем, в том числе и для системы управления ЭНТП, БП предприятия, характерна неполная согласованность целей. Подразделения предприятия стремятся максимизировать свой локальный доход, что в условиях ограниченности ресурсов не всегда приводит к максимизации дохода предприятия в целом, и, следовательно, не совпадает с целями предприятия. В этой ситуации подразделения предприятия стремятся достичь своих локальных целей за счет искажения информации о своих производных функциях [10]. Таким образом, АСЦУ ЭНТП, БП предприятия приходится принимать управляющие решения по распределению дефицитных ресурсов в условиях большей или меньшей, в зависимости от степени согласованности целей, неопределенности о виде функций  $\mathcal{E}_c$ . Отметим, что неопределенность зависимостей (3.15), (3.17) может быть обусловлена и трудностью идентификации соответствующих операторов  $H_\xi$ ,  $H_c$ .

### 3.2. МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Задача распределения ресурсов в АСЦУ ЭНТП, БП производственного объединения имеет следующую постановку:

$$\sum_{\xi=1}^n C_{\xi} \varphi_{\xi}(r_{\xi}) \rightarrow \max; \quad (3.19)$$

$$\varphi_{\xi}(r_{\xi}) = \left( \frac{r_{\xi} - r_{\xi \min}}{r_{\xi \max} - r_{\xi \min}} \right)^{\alpha_{\xi}}, \quad (3.20)$$

при ограничениях

$$\sum_{\xi=1}^n r_{\xi} = R. \quad (3.21)$$

Особенности задачи распределения ресурсов (3.19)—(3.21) можно разделить на вычислительные и функциональные. Первые обусловлены тем, что оптимизируемый функционал (3.19) является суммой в общем случае резко выпуклых (выпуклых вверх и вниз) в зависимости от величины параметра  $\alpha_{\xi}$  функций. Следовательно, функционал (3.19) в общем случае невыпуклый. При всей важности вычислительного аспекта решения любой задачи, указанная особенность не является принципиальной и требует выбора из существующих методов наиболее эффективного и соответствующего характеристикам задачи: размерности, требуемого темпа и периодичности решения и т. д.

Отметим еще одно обстоятельство. При формулировке задачи распределения ресурсов используются вспомогательные функции (3.10), (3.20), по форме соответствующие функциям полезности частных критериев (2.15). Это, в свою очередь, привело к тому, что функционал (3.19) в формальном (но не содержательном) плане является частным случаем функционала (2.17)

при значениях  $\beta=1$ . Отличие заключается в том, что  $\sum_{i=1}^m a_i = 1$ ,  $a \sum_{\xi=1}^n C_{\xi} \neq 1$ . С

учетом сказанного желательнее в АСЦУ ЭНТП, БП предприятия иметь единый метод и соответственно программы поиска экстремума функционалов (2.17) и (3.19). Это не исключает возможности реализации в АСЦУ и другого подхода, связанного с созданием банка специализированных алгоритмов решения невыпуклых задач. Аргументом в пользу такого подхода является то обязательство, что при  $|\beta| > 1$  функционал становится, как показано в [72, 98, 105], овражным, что еще более затрудняет поиск экстремума и, как правило, требует применения специальных приемов, избыточных при  $\beta=1$ .

Функциональные особенности задачи (3.19)—(3.21) заключаются в следующем. Функция цели (3.19) в содержательном плане представляет собой сумму функций устанавливающих связь цепочки: ресурсы, выделяемые подразделению — соответствующее развитие его параметров (ЭНТП) — вклад распределения в конечный хозяйственный эффект предприятия в целом влияния на производительность труда, качество и себестоимость продукции, экономию дефицитных ресурсов и т. д. Установление таких зависимостей является сложнейшей задачей, которую совместно со специалистами в области АСУ должны решать экономисты, социологи и др. Для решения этой задачи могут быть использованы как формальные методы идентификации, например, метод наименьших квадратов, регрессионный анализ, метод группового учета аргументов (МГУА), так и неформальные, в частности, экспертные оценки, интуитивные соображения и опыт специалистов (ЛПР). Применение формальных методов крайне затруднено из-за особенностей исходной временной выборки; она состоит из набора коротких однородных выборок, "сшитых" скачками, обусловленными управляющими решениями по переходам на новую технологию, оборудование, продукцию и т. д. Поэтому такой временной ряд должен предварительно сглаживаться, что неизбежно повлияет на точность идентификации. Немалые трудности связаны и с выбором значимых параметров.

Исходя из указанных трудностей применения формальных алгоритмов идентификации, сделан акцент на широкое участие в процессе принятия решения человека (ЛПР). Поэтому производные функции были аппроксимированы формулами, максимально удобными для учета эвристических соображений. Вид функционала (3.19) по каждой локальной функции определяют всего два параметра:  $\alpha_\xi$  и  $C_\xi$ . Параметр  $\alpha_\xi$  определит качественный характер зависимости, а  $C_\xi$  — ее количественные характеристики. В зависимости от ситуации параметры  $\alpha_\xi$  и  $C_\xi$  будут заданы с большей или меньшей неопределенностью. Поэтому необходимо разработать проблемно-ориентированный метод решения задачи (3.19)—(3.21), учитывающий указанные особенности АСУ ЭНТП предприятия.

Наиболее общим случаем задания неопределенности функционала (3.19) является случай задания параметров  $\alpha_\xi$  и  $C_\xi$  в виде интервалов  $C_\xi \pm \Delta C_\xi$ ,  $\alpha_\xi \pm \Delta \alpha_\xi$  или аналогично  $C_\xi \in [C_{\xi \min}, C_{\xi \max}]$ ,  $\alpha_\xi \in [\alpha_{\xi \min}, \alpha_{\xi \max}]$ . Очевидно, что частным случаем такого задания параметров является задание их точных значений при  $\Delta C_\xi = \Delta \alpha_\xi = 0$ . Возможны два случая:

- на интервале возможного изменения параметров отсутствует информация о предпочтительности того или иного значения;
- такая информация имеется.

Рассмотрим математические модели распределения ресурсов в этих случаях, начиная с первого.

Каждому сочетанию значений параметров  $C_i \in [C_i \pm \Delta C_i]$ ,  $\alpha_{i\xi} \in [\alpha_{i\xi} \pm \Delta \alpha_{i\xi}]$ , подставленному в модель (3.19)—(3.21), соответствует некоторое эффективное решение  $\bar{R}_i = \{r_i\}$ , удовлетворяющее ограничениям (3.21) и максимизирующее функционал (3.19). Так как возможные значения параметров  $C_i$  и  $\alpha_{i\xi}$  заданы непрерывными интервалами, т. е. представляют собой множества мощности континуума, то и множество решений  $R = \{\bar{R}_i\}$ ,

имеет мощность континуума, т. е.  $i = \overline{1,8}$ . Если учесть, что отсутствует информация о предпочтительности какого-либо  $i$ -го сочетания параметров, то все решения  $R_i$ ,  $i = \overline{1,8}$  равноправны и могут быть выбраны в качестве оптимального. Но объективно существуют конкретные реальные производные функции, точные значения параметров которых на данном этапе исследования просто неизвестны. Им соответствует некоторое конкретное точное решение, причем оно может находиться в точке, совпадающей с любым решением из  $\bar{R}$ .

Таким образом, процедура выбора единственного решения в рассматриваемом случае распадается на два этапа:

- определение границ области  $\bar{R}$ , соответствующих допустимым вариациям параметров  $C_i$  и  $\alpha_{i\xi}$ ;
- выбор из этой области минимаксного решения.

Для определения границы области  $\bar{R}$  необходимо определить решения, принадлежащие им. Эти точки должны достаточно полно характеризовать множество. Для этого необходимо перебрать все возможные сочетания крайних значений параметров, которым соответствуют граничные решения множества  $\bar{R}$ . Число таких сочетаний велико и быстро возрастает с ростом размерности задачи  $\xi = \overline{1,n}$ . Трудоемкость метода поиска экстремума функции (3.19) делает этот путь нерациональным. Для преодоления этой трудности воспользуемся следующими эвристическими соображениями.

Все производные функции с учетом возможных значений параметра  $\alpha_{i\xi}$  не представляет труда классифицировать по виду нелинейности. Выделим группу функций  $\varphi_{C_i}$ , которые на всем интервале изменения  $\alpha_{i\xi}$  вогнуты, т. е.

$$0 < \alpha_{i\xi} \pm \Delta \alpha_{i\xi} < 1; \quad (3.22)$$

выпуклы, т. е.

$$1 < \alpha_{i\xi} + \Delta \alpha_{i\xi}; \quad (3.23)$$



изменяют вид нелинейности, т. е.

$$0 < \alpha_{\xi} - \Delta\alpha_{\xi} < 1, \quad 1 < \alpha_{\xi} + \Delta\alpha_{\xi}. \quad (3.24)$$

Именно эти группы функций определяют вид функционала (3.19). Таким образом, от варьирования всего множества параметров можно перейти к согласованному варьированию крайних значений параметров  $\alpha_{\xi}$  и  $C_{\xi}$  указанных групп. Так как нас интересуют только граничные значения множества решений  $\bar{R}$ , масштабные коэффициенты  $C_{\xi}$  должны изменяться согласованно с  $\alpha_{\xi}$ , т. е. если  $\alpha_{\xi} - \Delta\alpha_{\xi}$ , то и  $C_{\xi} - \Delta C_{\xi}$ . С учетом сказанного, независимо от размерности задачи существует всего восемь комбинаций крайних значений  $\alpha_{\xi}$  и согласованных с ними значений  $C_{\xi}$ . В результате получим множество решений  $\bar{R}_i, i = \overline{1,8}$ , принадлежащих границе множества  $R$  и достаточно полно ее характеризующие.

Единственное решение выберем как минимаксное на множестве решений  $\bar{R}_i, i = \overline{1,8}$ . Для этого воспользуемся обобщенным критерием (2.17), вид которого обоснован в разделе 2.1. В данном конкретном случае он имеет вид

$$\bar{R}^0 = \arg \min_R \left\{ \sum_{i=1}^8 [\alpha_i \varphi(\bar{R}_i)]^{\beta} \right\}^{1/\beta}, \quad \beta > 1 \quad (3.25)$$

где  $\alpha_i$  — коэффициенты, оценивающие "вес"  $i$ -го решения;  $\varphi(\bar{R}_i)$  — функция полезности  $i$ -го решения;  $i = \overline{1,8}$ . Функция  $\varphi(\bar{R}_i)$  будет иметь смысл расстояния в пространстве  $r_{\xi}$  от искомой минимаксной точки  $\bar{R}^0 = \{r_{\xi}^0\}$  до точек на границе множества  $\bar{R}_i = \{r_{\xi i}\}$ :

$$\varphi(\bar{R}_i) = \left\{ \sum_{\xi=1}^n (r_{\xi i} - r_{\xi}^0)^2 \right\}^{1/2}, \quad (3.26)$$

Решения  $\bar{R}_i$  в общем случае не равноценны по степени их близости к действительному оптимуму, что может быть учтено с помощью весовых коэффициентов  $\alpha_i$ . Но так как в рассматриваемом случае отсутствует информация о предпочтительности значений параметров  $\alpha_{\xi}$  и  $C_{\xi}$ , то принимаем все решения равноценными, т. е.  $\alpha_i = 1, \forall i = \overline{1,8}$ .

Задача может быть осложнена дополнительными неопределенностями вида

$$r_{\xi \min} \pm \Delta r_{\xi} \leq \eta_{\xi} \leq r_{\xi \max} - \Delta r_{2\xi}; \quad (3.27)$$

$$\sum_{\xi=1}^n r_{\xi} = R_{\min} + \Delta R, \quad (3.28)$$

Условие (3.28) означает, что плоскость, в которой лежит допустимое решение, перемещается параллельно самой себе. Поэтому минимаксное решение будет лежать на плоскости, проходящей через середину интервала, т. е.

$$\sum_{\xi=1}^n r_{\xi} = R_{\min} + \sum \Delta R. \quad (3.29)$$

В качестве ограничения (3.27) целесообразно принять

$$r_{\xi \min} + \Delta r_{1\xi} \leq r_{\xi} \leq r_{\xi \max} - \Delta r_{2\xi} \quad (3.30)$$

так как решение, принадлежащее этому интервалу, заведомо будет принадлежать и более широкому, хотя при  $\Delta r_{1\xi} \neq \Delta r_{2\xi}$  и не будет строго минимаксным.

Рассмотрим модель распределения ресурсов при наличии информации о предпочтительности значений параметров  $\alpha_{\xi}$  и  $C_{\xi}$  на интервале их возможного изменения. Эта информация может быть задана в виде функции плотности распределения вероятности или функции принадлежности  $\mu(\alpha_{\xi})$ ,  $\mu(C_{\xi})$  соответствующих размытым множеством "около  $\alpha_{\xi}$ ,  $C_{\xi}$ ", "приблизительно равны  $\alpha_{\xi}$ ,  $C_{\xi}$ ", или каким либо другим. В этих случаях для каждого решения  $R_i$  можно определить весовой коэффициент  $\alpha_i$  как вероятность появления или функцию принадлежности пересечению различных множеств.

В силу независимости производных функций подразделений предприятия все параметры  $\alpha_{\xi}$ ,  $C_{\xi}$  независимы, поэтому вероятность того, что наилучшее решение совпадает с  $\bar{R}_i$ , равна

$$P(\bar{R}_i) \prod_{\xi=1}^n P(\alpha_{\xi i}) \prod_{\xi=1}^n P_{\xi}(C_{\xi i}), \quad (3.31)$$

где  $P_{\xi}(\alpha_{\xi i})$ ,  $P_{\xi}(C_{\xi i})$  — вероятность появления конкретного значения соответствующего параметра.

В работе [81] показано, что функция принадлежности размытому множеству может быть интерпретирована как проекция некоторого случайного множества и доказано, что в случае независимости исходных множеств, функция принадлежности пересечению размытых множеств определяется как произведение функций принадлежности. В соответствии с этим

$$\mu(\bar{R}_i) = \prod_{\xi=1}^n \mu(\alpha_{\xi i}) \prod_{\xi=1}^n \mu(C_{\xi i}), \quad (3.32)$$

где  $\mu(\alpha_{\xi_i})$ ,  $\mu(C_{\xi_i})$  — функции принадлежности конкретных значений параметров  $\alpha_{\xi_i}$ ,  $C_{\xi_i}$  соответствующим размытым множествам.

Таким образом, получаем множество решений  $\bar{R} = \{\bar{R}_i\}$  и "вес" каждого из них, выраженный вероятностью появления или функцией принадлежности пересечению размытых множеств. Минимаксное решение определяется в этом случае по критерию (3.25) с учетом (3.26), при этом весовые коэффициенты  $\alpha_i$  определяются по формулам

$$\alpha_i = \frac{P(\bar{R}_i)}{\sum_{i=1}^8 P(\bar{R}_i)}, \quad (3.33)$$

или

$$\alpha_i = \frac{\mu_i(\bar{R}_i)}{\sum_{i=1}^8 \mu_i(R_i)}. \quad (3.34)$$

### 3.3. МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

До сих пор рассматривалась задача распределения ресурсов в статической системе. На самом деле система управления ЭНТП предприятия является динамической системой, в которой характеристики зависят не только от времени, но и от принимаемых управляющих решений. Рассмотрим особенности и методы решения таких задач распределения ресурсов.

С учетом динамики изменения процессов во времени задача распределения ресурсов в АСЦУ ЭНТП, БП предприятия (3.19)/(3.21) примет следующий вид:

$$\sum_{\xi=1}^n C_{\xi}(t) \varphi_c(r_{\xi}, t) \rightarrow \max, \quad (3.35)$$

$$\varphi_c(r_{\xi}, t) = \left( \frac{r_{\xi}(t) - r_{\xi \min}(t)}{r_{\xi \max}(t) - r_{\xi \min}(t)} \right)^{\alpha_{\xi}(t)}, \quad (3.36)$$

$$r_{\xi \min}(t) \leq r_{\xi}(t) \leq r_{\xi \max}(t), \quad \sum_{\xi=1}^n r_{\xi}(t) = R(t). \quad (3.37)$$

Пусть, в простейшем случае, параметры целевой функции (3.35) не зависят от времени, то есть  $C_{\xi}(t)=C_{\xi}$ ,  $\varphi(r_{\xi},t)=\varphi(r_{\xi})$ . Тогда динамическая модель распределения ресурсов отличается от статической только возможностью накопления в системе ресурса, оставшегося от прошлого периода времени при условии, что ресурс является складываемым. Действительно, максимальное количество ресурса, которое может быть эффективно переработано в момент времени  $t$  равно:

$$R(t)_{\text{эф}} = \sum_{\xi=1}^n r_{\xi}(t)_{\text{max}}. \quad (3.38)$$

Если в систему поступил ресурс  $R(t) > R(t)_{\text{эф}}$ , то часть ресурса, равная  $R(t) - R(t)_{\text{эф}}$  в момент времени  $t$  не используется, а перерабатывается в последующие периоды. За некоторый плановый интервал  $T$  накапливается количество ресурса:

$$R_{\text{н}} = \int_0^T R(t) dt - \int_0^T R(t)_{\text{эф}} dt. \quad (3.39)$$

Если же в каждый момент времени  $R(t) < R(t)_{\text{эф}}$ , то рассматриваемый случай ничем не отличается от статического.

При выделении ресурса  $R$  на несколько плановых периодов, АСЦУ ЭНТП должна последовательно решать две задачи:

— задачу оптимального развития системы, т. е. распределения ресурсов по плановым периодам;

— задачу распределения ограниченных ресурсов между подразделениями предприятия на каждом плановом периоде.

В более общем случае параметры целевой функции зависят от времени. Поскольку эти функции известны, то задачу (3.35)—(3.36)—(3.37) можно представить в виде вариационной непрерывной задачи. Так как в этом случае реакции подразделений предприятия на управляющие воздействия АСЦУ ЭНТП, БП однозначные, то система является рефлексивной [73] и, следовательно, для ее анализа могут быть применены методы классической теории управления. Выработка управляющих воздействий в данной теории основывается на возможности контроля отклонений системы от оптимальной траектории в любой, наперед заданный, момент времени. Управляющее воздействие призвано компенсировать отклонение системы от оптимальной траектории. Это принцип программного управления, который реализуется контуром стабилизации АСЦУ НТП, БП предприятия (см. рис. 1.3, раздел 1.2).

Непрерывные модели функционирования при управлении организационными системами удобны только для анализа и до некоторой степени для оперативного управления. В большинстве же ситуаций более естественно

дискретное представление, что связано, в частности, с тем, что для сложных систем оценка состояния является трудоемкой как в информационном, так и вычислительном аспектах задач. Ее решение будет выполняться неизбежно с некоторым запаздыванием. Реализация дискретного управления в АСЦУ ЭНТП, БП связана с представлением параметров, изменяющихся во времени в виде кусочно-постоянных функций, которые с приемлемой точностью аппроксимируют непрерывные постоянные зависимости. На рис. 3.2 приведен график возможного изменения функции ( $C_{\xi}(t)$ ) и соответствующая аппроксимация с помощью кусочно-постоянной функции. В общем случае изменение значений параметров во времени при постоянной длине плановых периодов неравномерно, что хорошо видно на рис. 3.2. Если модель при этом недостаточно точно описывает процесс распределения ресурсов, то решающее устройство АСЦУ ЭНТП, БП может уменьшить

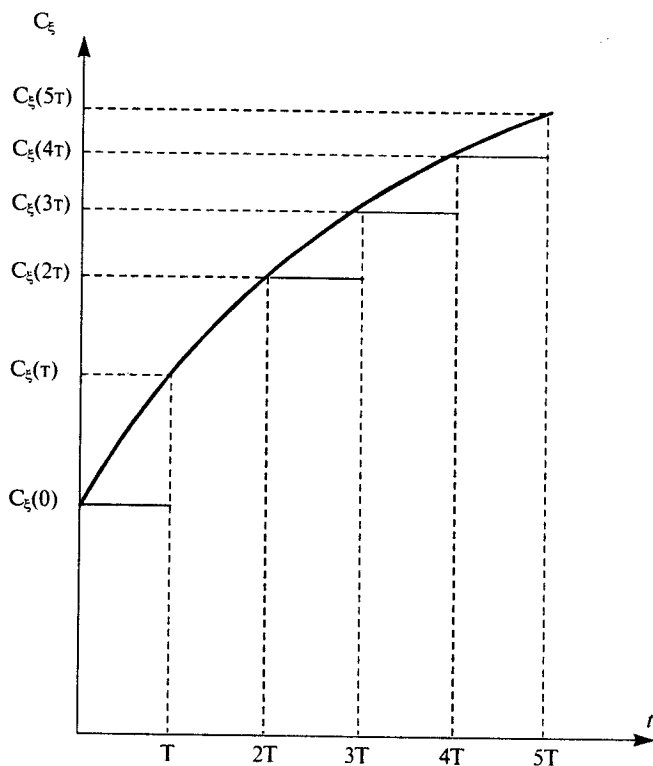


Рис. 3.2. Кусочно-постоянная аппроксимация функции  $C_{\xi}(t)$

период планирования. Вопросы, связанные с точностью описания параметров модели и реальных процессов распределения ресурсов, за счет кусочно-постоянной аппроксимации в АСЦУ ЭНТП, БП аналогичны соответствующим проблемам, возникающим в технических системах. Подход к решению этой задачи описан в разделе 2.3.

Учитывая вышеприведенные соображения, распределение ресурсов в детерминированных динамических системах с согласованными целями подразделений предприятия целесообразно проводить с привлечением статических методов, разработанных в разделе 3.2, с соответствующей предварительной аппроксимацией временных функций.

Рассмотрим модель распределения ресурсов в динамических системах с несогласованными целями подразделений и предприятия в целом. Проблема принятия решения в этой ситуации имеет два аспекта — с одной стороны информационная неосведомленность ЛПР о виде производных функций резко увеличивается по сравнению со статической задачей, но, с другой стороны, повторяемость процесса на каждом плановом периоде, величина которого является управляемой переменной, позволяет АСЦУ ЭНТП, БП адаптироваться к неопределенности, более точно идентифицировать производные функции подразделений по результатам, полученным на предыдущих плановых интервалах.

В системе ЭНТП, БП предприятия каждое из его подразделений имеет собственные цели, для достижения которых оно может исказить информацию о своих производственных возможностях, т. е. производных функций. Такие искажения носят по отношению к решающему устройству АСЦУ ЭНТП, БП характер детерминированных возмущений.

Рассмотрим возможность применения метода скользящего плана, предложенного Н. Н. Моисеевым [77], к решению распределения ресурсов в рассматриваемой ситуации. В основу данной модели положен метод программно-целевого планирования и управления [97], который предусматривает планирование от конечной цели развития системы. Эта цель задается директивными органами (внешние цели) или формируется самим предприятием (внутренние цели) и рассчитана на достижение в течение определенного отрезка времени  $[O, T]$ .

Зададим начальное и конечное состояние системы с помощью фазовых переменных  $X(O)$  и  $X(T)$ , которые характеризуют начальное и конечное желаемое научно-техническое состояние производства. Задача динамического распределения ресурсов состоит в выборе такой траектории перехода из  $X(O)$  в  $X(T)$ , которая минимизирует затраты ресурсов.

Ввиду того, что подразделения предприятия имеют собственные цели, не совпадающие с целями предприятия в целом, определение искомой траектории перехода происходит в условиях существенной неопределенности. Поэтому для обеспечения необходимого качества решений, как было сказано выше,

решающее устройство АСЦУ ЭНТП, БП вынуждено принимать достаточно "грубые" (устойчивые) решения, которые уточняются по мере поступления информации о функционировании подразделений предприятия в прошедшие периоды времени. Вследствие этого рациональной стратегией АСЦУ ЭНТП, БП является выбор решений, основанных на минимаксном подходе.

Для реализации метода скользящего плана разобьем заданный интервал достижения цели  $T$  на  $N$  равных плановых периодов. На каждом из этих плановых периодов  $\xi$ -ое подразделение стремится к максимизации собственной цели, то есть решает задачу максимизации функционала (3.11). Если принять, что на каждом плановом периоде распределение ресурсов производится однократно, то за период  $T$   $\xi$ -ое подразделение получит эффект:

$$\mathcal{E} = \sum a(k) \left[ \frac{r_{\xi}(k) - r_{\xi \min}(k)}{r_{\xi \max}(k) - r_{\xi \min}(k)} \right]^{a_{\xi}(k)}, \quad (3.40)$$

который оно стремится максимизировать.

АСЦУ ЭНТП стремится максимизировать эффект предприятия в целом с учетом интересов подразделений. Если такое решение для каждого планового периода единственное  $k = \overline{1, N}$ , то цель центра может быть описана с помощью функционала

$$\Delta \bar{\mathcal{E}}^o = \min_{\xi} \left\{ \sum_k^N \left[ \bar{\mathcal{E}}^o(k) - \bar{\mathcal{E}}^p(k) \right]^2 \right\}, \quad (3.41)$$

где  $\bar{\mathcal{E}}^p(k)$ ,  $\bar{\mathcal{E}}^o(k)$  — реальный и ожидаемый оптимальный эффекты функционирования предприятия на  $k$  плановом периоде.

Выражение (3.41) определяет эффективность управления АСЦУ ЭНТП, БП за счет распределения ресурсов. Эффективность управления тем выше, чем меньше  $\Delta \bar{\mathcal{E}}^o$ .

В начале планирования, т. е. при  $t=0$ , задача распределения ресурсов решается АСЦУ в условиях наибольшей неопределенности значений параметров подразделений. На каждом  $k$ -ом ( $k = \overline{1, N}$ ) плановом периоде определяется решение по модели (3.19)—(3.21) методами, описанными в разделе 3.2. Если допустимое управление распределение ресурсов не приводит к выполнению поставленной задачи достижения состояния  $X(T)$ , то решающее устройство АСЦУ ЭНТП, БП должно решать вопрос либо о выделении дополнительных ресурсов, либо об изменении цели развития научно-технических характеристик предприятия и вновь рассчитывать траекторию развития. Таким образом, реализуется явное управление, предусмотренное структурной схемой АСЦУ ЭНТП, БП предприятия (см. рис. 1.3).

Полученное управление реализуется на первом плановом периоде  $\left[0, \frac{T}{N}\right]$ .

По итогам его реализации определяется значение критерия (3.41). Если он по величине удовлетворяет ЛПР, что соответствует малым отклонениям от оптимальной траектории развития научно-технических характеристик

предприятия, то на следующем плановом периоде  $\left[\frac{T}{N}, \frac{2T}{N}\right]$  реализуется ранее определенная траектория развития с учетом работы контура программного управления, парирующего случайные возмущения. В противном случае включается контур явного управления: проводится анализ итогов работы на предыдущем периоде, идентифицируются уточненные производные функции подразделений и рассчитывается новая оптимальная траектория развития распределения ресурсов на оставшийся период.

Такой метод планирования позволяет:

- корректировать ошибки, накопившиеся в течение планового периода;
- планировать для каждого планового периода оптимальную траекторию развития научно-технических характеристик подразделений предприятия;
- количественно оценить степень согласованности целей предприятия в целом и его подразделений.

На реализацию метода полностью ориентирована структура АСЦУ ЭНТП, БП предприятия, выбранная в разделе 1.2 (см. рис. 1.3).

#### 3.4. АЛГОРИТМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В АСЦУ

Описанный ниже алгоритм является универсальным и позволяет решать задачу оптимального распределения ресурсов в централизованных системах в условиях различной степени неопределенности, т. е. реализует математические модели, описанные в разделе 3.2. Структурная схема алгоритма приведена на рис. 3.3.

Наиболее трудоемкими этапами решения задачи являются определение экстремума в общем случае невыпуклого функционала (3.19) при наличии ограничений типа равенств и неравенств (3.21) (блок 2) и нелинейного функционала (3.25) (блок 9) с теми же ограничениями. В качестве метода решения этих задач может быть использован любой метод нелинейного программирования, проблемно-ориентированный на особенности задачи. Полагаем, что алгоритм или библиотека алгоритмов оформлена в виде программного модуля, к которому по мере надобности производится обращение.

На этапе предварительной подготовки информации все производные функции по условиям (3.22)—(3.24) разделяются на три класса: выпуклые, вогнутые и изменяющие вид нелинейности. Параметры  $\alpha_\xi$  и  $C_\xi$  производных



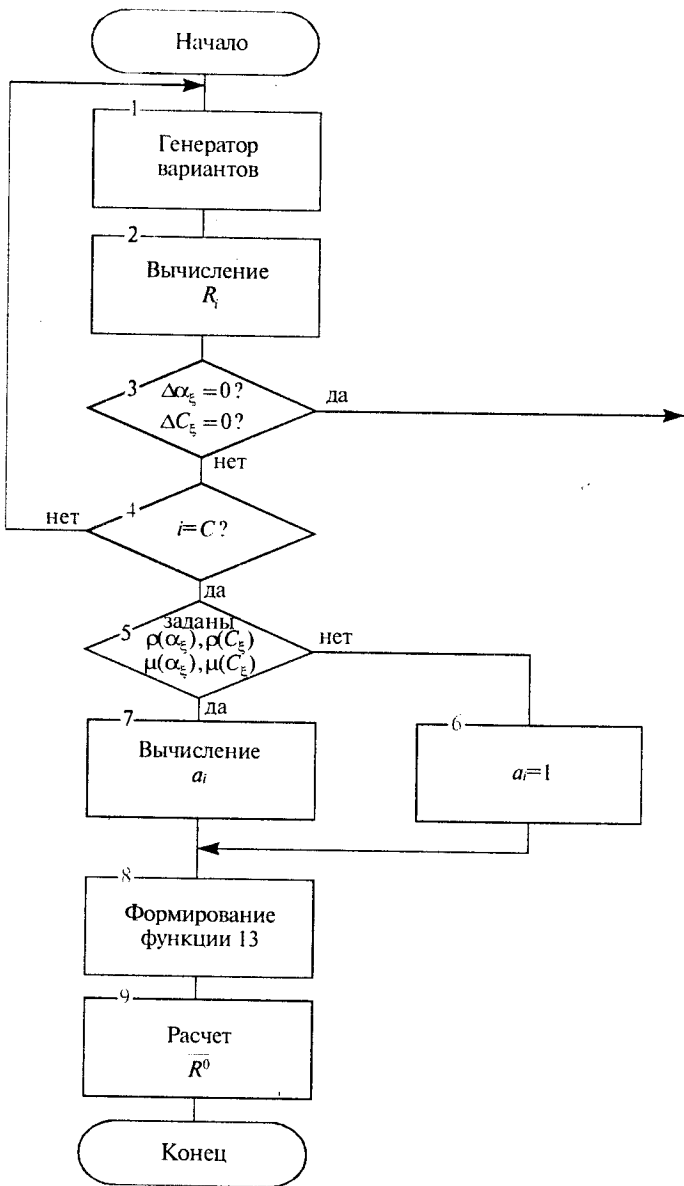


Рис. 3.3. Структурная схема универсального алгоритма распределения ресурсов

функций (3.19), (3.20) приводят к виду:

$$\alpha_{\xi_j} = \alpha_{\xi \min} + \Delta\alpha_{\xi} \delta_j; \quad (3.42)$$

$$C_{\xi_j} = C_{\xi \min} + \Delta C_{\xi} \delta_j, \quad j = \overline{1, n} \quad (3.43)$$

где  $\Delta\alpha_{\xi}$ ,  $\Delta C_{\xi}$  — интервал возможных значений соответствующих параметров;  $\delta_j$  — булева переменная, принимающая значения 0 или 1;  $m$  — количество классов нелинейности, переменная  $m$  может принимать значения от 1 (все производные функции имеют нелинейность одного вида) до 3.

Алгоритм работает следующим образом.

1. Генерация исходного варианта расчета предназначена для формирования конкретных значений векторов  $\bar{\alpha}_i = \{\alpha_{\xi_j}\}$  и  $\bar{C}_i = \{C_{\xi_j}\}$   $i = \overline{1, l}$ . В соответствии с установленной моделью анализу подлежит  $l=2^m$  комбинаций.

Их генерация производится с помощью вектора  $\delta = \{\delta_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$ . В качестве  $\delta_j$  принимаются значения разрядов двоичного счетчика, ведущего счет от 0 до  $l$ . Число принимающих разрядов равно  $m$ .

2. После того, как выбраны значения  $i$ -ой комбинации значений параметров характеристик ЭНТП, с помощью алгоритма нелинейного программирования определяется экстремум функционала (3.19) с учетом ограничений (3.21), т. е. находится оптимальное решение  $\bar{R}_i = \{r_{\xi_j}\}$  по выделению ресурсов на универсальное управление ЭНТП предприятия.

3. Производится анализ наличия неопределенности в задании производных функций. Если вариации  $\Delta\alpha_{\xi}$  и  $\Delta C_{\xi}$  равны 0, то решение, полученное в блоке 2, единственное и расчет оканчивается, если нет — управление передается блоку 4.

4. Блок представляет собой счетчик циклов и проверяет условие  $i=l$ , где  $l=2^m$  определяется на этапе подготовки информации. Если все множество локальных экстремальных решений  $\bar{R}_i, i = \overline{1, l}$  определено, управление передается блоку 5.

5. В каждом блоке проверяется наличие информации о предпочтительности различных значений параметров производных функций агрегатов. Эта информация задается в виде функций плотности распределения  $f_{\xi}(\Delta\alpha_{\xi})$ ,  $f_{\xi}(\Delta C_{\xi})$  или в виде функции принадлежности соответствующим размытым множествам  $\mu_{\xi}(\alpha_{\xi})$ ,  $\mu_{\xi}(C_{\xi})$ .

6. Если такая информация отсутствует, то все весовые коэффициенты  $a_i, i = \overline{1, l}$  уравниваются.

7. При наличии информации о важности производных функций в блоке, по формулам (3.31—3.34) определяются значения высших коэффициентов

$a_i, i = \overline{1, l}$ .

8. С учетом вычисленных значений коэффициентов  $a_i$  и решений  $R_i$  формируется функционал выбора минимаксного решения (3.25) с учетом (3.26).

$$\bar{R}^0 = \arg \min_{\bar{R}} \left\{ \sum_{i=1}^l \left[ a_i \left( \sum_{\xi=1}^n (r_{\xi j}^i - r_{\xi c}^i)^2 \right)^{1/2} \right]^{\beta} \right\}^{1/\beta}. \quad (3.44)$$

9. С помощью алгоритма нелинейного программирования определены решение, минимизирующее функционал (3.44) с учетом ограничений (3.21) [61, 64, 65, 67, 68, 83—117].

### 3.5. ОБОБЩЕННЫЕ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВЕКТОРА КООРДИНАТ ЭНТП, БП

Проведенный в разделе 3.3 анализ распределения ресурсов в динамических системах, которые более адекватно отражают реальные процессы функционирования АСЦУ ЭНТП, БП предприятия, показал необходимость реализации управления по разным контурам: программному и явному. Решение о пересчете плана развития (явное управление) или стабилизации движения по ранее рассчитанной траектории (программное управление) принимается решающим устройством (см. рис. 1.3, раздел 1.2). Определяющую роль в реализации функций решающего устройства играет ЛПР, но при этом возникают информационные трудности, связанные с оценкой фактического состояния процесса развития научно-технических характеристик предприятия. Последнее обусловлено большой размерностью вектора оцениваемых параметров, различными интервалами измерения, физическим смыслом, полем допустимого отклонения и последствиями этих отклонений. В этих условиях крайне желательно получить на этапе подготовки решения интегральную оценку состояния управляемого процесса. Для этой цели наиболее подходят информационные критерии, в частности, подход, описанный в разделе 1.3.

В настоящем разделе рассмотрены вопросы практического получения обобщенной функционально-статистической оценки состояния ЭНТП на предприятии с целью принятия решения ЛПР о реализации наиболее эффективного контура управления.

В основу решения задачи положен обобщенный функционально-статистический критерий, рассмотренный в разделе 1.3 вида

$$\mathcal{E}_{l,c}(t, \tau) = \frac{K_l(t, \tau)}{K_{l0}(t, \tau)} \quad (3.45)$$

где  $K_i$  — функционально-статистическая характеристика реальной системы

$$K_i(t, \tau) = \frac{I_{\max}(t, \tau)}{C(t, \tau)} \quad (3.46)$$

$I_{\max}$  — количество информации, получаемой реальной системой при максимизации по одному из критериев статистической теории принятия решения [15, 23, 43, 55, 78, 113, 115, 119];  $C$  — приведенные затраты на получение и обработку информации для реальной системы;  $K_{jo}$  — обобщенная функционально-статистическая характеристика потенциальной системы

$$K_{jo}(t, \tau) = \frac{I_{n\max}(t, \tau)}{C_{\min}(t, \tau)} \quad (3.47)$$

Здесь  $I_{n\max}$  — количество информации, получаемой потенциальной системой при максимизации его по критерию идеального наблюдателя (какому-либо критерию);  $C_{\min}$  — приведенные затраты на получение и обработку информации для потенциальной системы.

Потенциальная система должна удовлетворять следующим условиям:

— безусловные вероятности принятия гипотез  $\gamma_l$  равны:

$$p(\gamma_1) = p(\gamma_2) = \dots = p(\gamma_m) = 1/m, \quad l = \overline{1, m}$$

т. е. потенциальная АСЦУ должна работать в наихудших, в статистическом смысле, условиях;

— принятие решения осуществляется по критерию идеального наблюдателя;

— условные вероятности того, что измеренное значение координаты равно  $\mu_l$  при принятии гипотезы  $\gamma_l$   $p_n(\gamma_l/\mu_k)$  распределены по нормальному закону, так как в этом случае информационная мера является максимальной [5, 43, 45, 46, 54, 57, 58, 116];

— вместо апостериорных вероятностей  $p_n(\mu_k/\gamma_l)$  используются априорные вероятности  $p_n(\gamma_l/\mu_k)$ , что оправдано при равновероятных событиях  $\gamma_l$ .

Критерий (3.45) предназначен для одношаговой процедуры принятия решения. Для многошаговых процедур, характерных для процесса оптимизации, экстремум критерия (3.45) находится в процессе испытаний [43], т. е.

$$\partial_{l,c} = \max_{\{n\}} \left\{ \frac{\left[ \sum_{i=1}^N H_{oi} - \sum_{i=1}^N H_i(\gamma) \right] C_{\min}}{\left[ \sum_{i=1}^N H_{oni} - \sum_{i=1}^N H_{ni}(\gamma) \right] C} \right\} =$$

$$= \max_{\{n\}} \left\{ \frac{\left[ \sum_{i=1}^N H_{oni} - \sum_{i=1}^N H_i(\gamma) \right] C_{\min}}{N \log_2 m + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \rho_{mi}(\gamma_{l/\mu_k}) \log_2 \rho_{mi}(\gamma_{l/\mu_k}) C} \right\} \quad (3.48)$$

где  $H_{oni}$ ,  $H_i(\gamma)$  — безусловная и условная энтропии для потенциальной системы, вычисляемые на  $i$ -ом шаге принятия решения.

На практике могут иметь место следующие реальные допущения:

- задача оценки степени близости реальной системы к потенциальной не рассматривается;
- решение является двухальтернативным;
- для реальной АСЦУ априорная информация является неполной, поэтому оправдано принятие равновероятностных гипотез;
- не учитываются затраты на получение и обработку информации;
- при каждом испытании осуществляется одношаговая процедура принятия решения;
- экстремум критерия функциональной эффективности определяется в процессе испытаний.

Тогда критерий (3.48) упростится и принимает простой вид:

$$\mathcal{E}_i = \max_{\{n\}} \left[ 1 + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^2 \sum_{k=1}^2 \rho(\mu_k / \gamma_l) \log_2 \rho(\mu_k / \gamma_l) \right]. \quad (3.49)$$

Введем следующие оценки точностных характеристик:

$$\alpha = \frac{K_1}{n}; \quad \beta = \frac{K_2}{n}; \quad D_1 = \frac{K_3}{n}; \quad D_2 = \frac{K_4}{n} \quad (3.50)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  — число событий, заключающихся в нахождении измеренного значения координаты вне поля допуска, а когда истинное значение координаты находится в поле допуска;  $K_3$  и  $K_4$  — число событий, заключающихся в нахождении измеренного значения координаты в поле допуска, а когда истинное значение координаты находится вне поля допуска;  $n$  — число испытаний, то

для двухальтернативных решений с учетом (3.50) формула (3.49) примет вид

$$\mathcal{E}_i = \max_{\{n\}} \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \frac{K_1}{K_3 + K_1} \log_2 \frac{K_1}{K_3 + K_1} + \frac{K_2}{K_2 + K_4} \log_2 \frac{K_2}{K_2 + K_4} + \frac{K_3}{K_1 + K_3} \log_2 \frac{K_3}{K_3 + K_1} + \frac{K_4}{K_2 + K_4} \log_2 \frac{K_4}{K_2 + K_4} \right) \right], \quad (3.51)$$

Информационный критерий (3.51) прямо характеризует точностные

характеристики и эффективность функционирования АСЦУ в зависимости от нахождения контролируемых координат в своих допусках [86, 87].

Рассмотрим возможность вычисления критерия (3.51) для оптимизируемых АСЦУ. В процессе оптимизации распознавания состояний ЭНТП имеет возможность вычисления коэффициентов  $K_1, K_2, K_3$  и  $K_4$  по выборке,

например  $\{x_1^{(n)} \text{ и } x_2^{(n)}\}$  формируемой предварительно или непосредственно

в процессе оптимизации. Здесь  $\{x_1^{(n)}\}$  и  $\{x_2^{(n)}\}$  — случайные реализации

эталонных координат  $x_1 \in X_1^o$  и  $x_2 \in X_2^o$  соответственно. Причем  $X_1^o$  и  $X_2^o$  — два соседних класса распознавания, у которых кодовые расстояния между их эталонными координатами являются минимальными среди данного множества  $\{x_m\}$ .

Структура оптимизационной выборки может быть построена двумя способами. При первом способе половину длины выборки составляют

случайные реализации  $\{x_1^{(n)}\} \in X_1^o$ , а другую  $\{x_2^{(n)}\} \in X_2^o$ . Возможны также

чередующаяся структура оптимизируемой выборки, при которой, например, на нечетном испытании предьявляется реализация  $x_1^{(n)}$ , а на четном  $x_2^{(n)}$ .

Алгоритм вычисления информационного критерия по чередующейся оптимизирующей выборке представлен на рис. 3.4.

Входными данными являются:  $X_1, X_2$  — эталонные координаты соседних классов распознавания ( $x_1$  и  $x_2$  соответственно);  $\{X(N)\}$  — оптимизирующая выборка;  $D$  — заданное кодовое расстояние между вершиной координаты  $X_1$  и разделяющей гиперповерхностью класса  $X_1^o$ .

Выходные данные:  $EI$  — значение информационного критерия  $\mathcal{E}_1, A, DI, B, D2$  — значения точностных характеристик: ошибок первого и второго рода, первой и второй достоверностей соответственно.

Рабочими переменными являются:  $N$  — число испытаний;  $K_1, K_2, K_3, K_4$  — коэффициенты;  $D(N)$  — кодовое расстояние между координатой  $X1$  и текущей случайной реализацией  $X(N)$ ;  $NM$  — минимальное число испытаний, гарантирующее приемлемые статистическую погрешность и оперативность вычисления алгоритма.

В алгоритме используются три подпрограммы — это пятый, шестой и седьмой блоки. Блок 5 предназначен для вычисления при каждом испытании текущего значения кодового расстояния  $D(N)$  путем сложения по модулю 2 координаты  $X1$  с текущей случайной реализацией  $X(N)$  и подсчета числа единиц в полученной сумме.

Блок 6 вычисляет коэффициенты  $K_1, K_2, K_3, K_4$ . Для чего он содержит соответственно четыре счетчика, причем при каждом испытании изменяется содержимое только одного счетчика в зависимости от четности испытания и

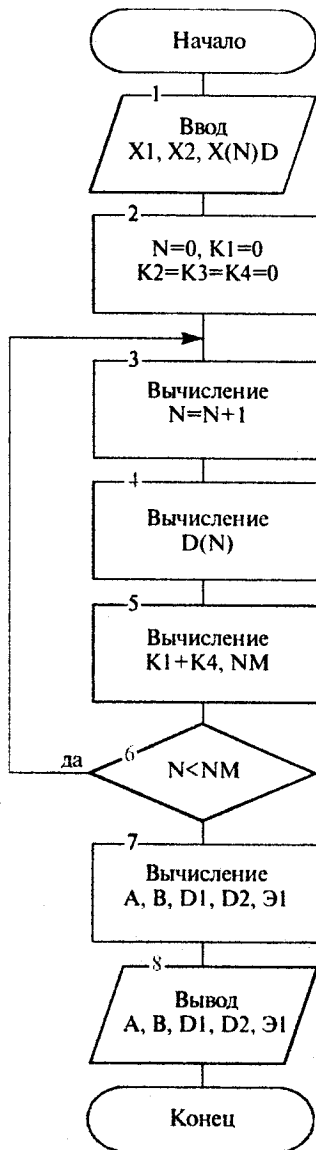


Рис. 3.4. Структурная схема алгоритма вычисления информационного критерия

выполнения условий  $D(N) \leq D$ . Если условие сравнения выполняется, то при нечетном испытании изменяется на единицу  $K_3$ , а при четном испытании —  $K_2$ . Если  $D(N) > D$ , то при нечетном испытании изменяется  $K_1$ , а при четном —  $K_4$ . Блок 7 определяет  $NM$  — минимальное число испытаний. В качестве  $NM$  принимается испытание, при котором текущее значение доверительного интервала не превосходит приемлемый уровень. При  $N = NM$  блок 10 вычисляет точностные характеристики  $A$ ,  $B$ ,  $D1$ ,  $D2$  по формуле (3.50) и значение критерия  $\mathcal{E}$ , по формуле (3.51).

Большинство задач управления научно-техническим прогрессом предприятия могут быть интерпретированы как задачи распределения ресурсов. Это определяет особую роль указанной задачи в АСЦУ ЭНТП предприятия. В главе разработаны математические модели и алгоритмы решения задачи распределения ресурсов с учетом особенностей проблемы управления ЭНТП, заключающиеся в высокой неопределенности, большой роли ЛПР в принятии решения, требуемой оперативности и т. д. Использование общей методологии оптимизации, изложенной в разделе 2.1, позволит разработать эффективную методологию решения указанных задач.



## Глава 4. СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РЕШЕНИЙ В АСЦУ ЭНТП, БП

### 4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе производства различной продукции и промышленных изделий и управления ЭНТП систематически принимаются решения, направленные на повышение эффективности, качества и оптимальности. Реализация этих решений приводит к изменению технико-экономических показателей выпускаемых изделий, технологии их изготовления и качества НИР.

Поскольку эти показатели  $X_j/j$  — индекс производственного параметра,  $j = \overline{1, e}$  — случайные величины, то под влиянием различных производственных факторов изменяются законы распределения производственных параметров и, в частности, их числовые характеристики: математические ожидания  $m_j$  и дисперсии  $\sigma_j^2$ . По результатам наблюдения за ходом производства обычно вычисляют оценки этих характеристик: выборочную среднюю  $\bar{X}_j$  (оценка математического ожидания  $m_j$ ) и выборочную дисперсию  $S_j^2$  (оценка дисперсии  $\sigma_j^2$ ). Изменение средней при осуществлении комплексов научных и производственных мероприятий характеризует характер тенденции производственного процесса, а изменение дисперсии — его стабильность. Более стабильный производственный процесс характеризуется меньшим рассеиванием параметров выпускаемых изделий и координат производства, а следовательно, и меньшей дисперсией этих показателей.

Таким образом, при управлении ЭНТП, БП производства возникают задачи сравнения средних значений и дисперсий координат для различных моментов производственной деятельности и корректировки на этой основе хода производственного процесса. При этом любые суждения о характере изменения числовых характеристик в силу воздействия механизма случайного отбора или ограниченного объема выборки будут сопровождаться случайной

погрешностью. В математической статистике подобные задачи сравнения решаются методами проверки статистических гипотез относительно параметров распределения: средней и дисперсией.

Задача проверки статистических гипотез применительно к задаче распознавания различий между числовыми характеристиками производственных координат может быть сформулирована следующим образом. Пусть на протяжении некоторого периода производства следующей деятельности  $t = \overline{1, l}$  в определенные моменты времени  $t_k; k=1, 2, \dots, l$  произведены измерения производственного параметра  $X_j^k = (X_{ij}^k, \dots, X_{nj}^k)^T$ , где  $i^k = 1, \overline{n_j^k}$  — номер измерения;  $n_j^k$  — число измерений в  $k$ -й момент времени.

По результатам измерений вычислены средние значения

$$\bar{X}_j^k = \frac{1}{n_j^k} \sum_{i=1}^{n_j^k} X_{ij}^k, \quad (4.1)$$

и выборочные дисперсии

$$S_j^{k2} = \left[ \bar{X}_j^{k2} - (\bar{X}_j^k)^2 \right] \frac{n_j^k}{n_j^k - 1}, \quad (4.2)$$

где

$$\bar{X}_j^{k2} = \frac{1}{n_j^k} \sum_{i=1}^{n_j^k} X_{ij}^{k2}.$$

Каждому моменту производственной деятельности соответствовал комплекс управляющих воздействий  $M_k = (M_1^k, \dots, M_p^k)^T$ . Требуется проверить гипотезу об отсутствии систематических расхождений (нулевых расхождений) между средними  $\bar{X}_j^k$ , а также между дисперсиями  $S_j^{k2}$ , т.е.

$H_0: \bar{X}_j^k = \bar{X}_j^p; S_j^{k2} = S_j^{p2}; k \neq p; k, p = \overline{1, l}$ . Гипотеза  $H_0$  называется нулевой, а альтернативная ей гипотеза — конкурирующей —  $H_1$ :

$$\bar{X}_j^k \neq \bar{X}_j^p, S_j^{k2} \neq S_j^{p2}.$$

#### 4. 2. СТАТИСТИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ПРОВЕРКИ ГИПОТЕЗЫ О СУЩЕСТВЕННОСТИ РАЗЛИЧИЯ КООРДИНАТ

При проверке статистических гипотез для оценки расхождений между параметрами законов распределений или самими законами используют статистические критерии, представляющие собой определенные меры

близости. Эти меры близости составляются из значений случайных величин и сами являются случайными величинами. Обозначим статистический критерий через  $K$ , а его законы распределения через

$$P(K) = \frac{dF(K)}{dK} \quad (4.3)$$

где  $P(K)$  — плотность распределения критерия  $K$ ;  $F(K)$  — функция распределения этого критерия.

Сущность методики проверки нулевой гипотезы  $H_0$  состоит в следующем. Пусть для проверки нулевой гипотезы относительно числовых характеристик производственной координаты  $X$ , выбран критерий  $K$ ; плотность распределения этого критерия при условии справедливости гипотезы  $H_0$  равна  $f(K/H_0)$ , а математическое ожидание  $M[K]$ . Вероятность попадания случайной

величины  $K$  в интервал  $\left[ K_{1-\frac{\alpha}{2}}, K_{\frac{\alpha}{2}} \right]$  (Рис. 4.1).

$$P\left( K_{1-\frac{\alpha}{2}} < K < K_{\frac{\alpha}{2}} \right) = \int_{K_{1-\frac{\alpha}{2}}}^{K_{\frac{\alpha}{2}}} P(K - H_0) dK \quad (4.4)$$

Область  $A = \left( K_{1-\frac{\alpha}{2}}, K_{\frac{\alpha}{2}} \right)$  возможных значений случайной величины  $K$

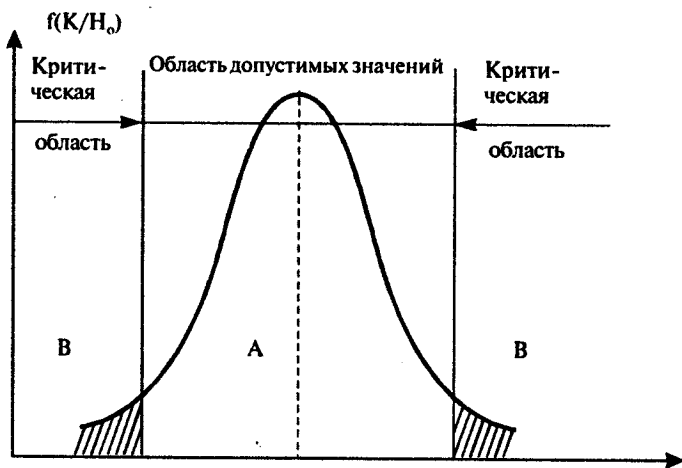


Рис. 4.1. Схема распределения значений статистического критерия

называется областью допустимых значений, а вероятность попадания величины  $K$  в область  $A$ , равная  $1-\alpha$ , доверительной вероятностью.

Область  $B \left( -\infty, K_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) \cap \left( K_{\frac{\alpha}{2}}, +\infty \right)$  называется критической областью, а вероятность попадания величины  $K$  в область  $B$ , равная  $\alpha$  — уровнем значимости. Вероятность  $\alpha$  исследователь принимает настолько малой, чтобы попадание величины  $|\alpha < 0,2|$  в критическую область можно было считать практически невозможным событием.

Нулевую гипотезу проверяют следующим образом. По выборочным данным вычисляют наблюдаемое значение критерия  $K$ .

Из условий

$$P \left( K \leq K_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) = F \left( K_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) = \int_{-\infty}^{K_{1-\frac{\alpha}{2}}} P(K / H_0) dK = \frac{\alpha}{2}, \quad (4.5)$$

$$P \left( K \geq K_{\frac{\alpha}{2}} \right) = \int_{K_{\frac{\alpha}{2}}}^{+\infty} P(K / H_0) dK = 1 - F \left( K_{\frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{\alpha}{2}, \quad (4.6)$$

находят границы  $K_{1-\frac{\alpha}{2}}, K_{\frac{\alpha}{2}}$  области допустимых значений  $K$ , которые являются обратными функциями по отношению к функциям распределения

$$K_{1-\frac{\alpha}{2}} = F^{-1} \left( K_{1-\frac{\alpha}{2}} \right), \quad (4.7)$$

$$K_{\frac{\alpha}{2}} = \left( 1 - F \left( K_{\frac{\alpha}{2}} \right) \right)^{-1}, \quad (4.8)$$

где  $K_{1-\frac{\alpha}{2}}, K_{\frac{\alpha}{2}}$  — критические квантили  $K$ -распределения, зависящие от уровня значимости  $\alpha$  и числа наблюдений  $n$  [143].

Область, в которую попало наблюдаемое значение критерия  $K$ , определяется условием

$$K_{1-\frac{\alpha}{2}} \leq K \leq K_{\frac{\alpha}{2}}. \quad (4.9)$$

Если условие (4.9) выполняется, то расхождение между параметрами распределения случайной величины  $X$ , определенными по разным выборкам, можно объяснить случайными погрешностями экспериментов. В этом случае нулевая гипотеза  $H_0$  считается согласующейся с опытом. В противном случае

она отключается в пользу конкурирующей  $H_1$ .

Статистическая проверка гипотез, основанная на выборочных данных, связана с риском принять ложное решение. При этом возможны ошибки двух родов:

— ошибки первого рода, заключающиеся в отклонении верной нулевой гипотезы  $H_0$ ;

— ошибки второго рода, заключающиеся в принятии ложной гипотезы  $H_0$ .

При принятии производственных управленческих решений ошибки первого рода могут привести к забракованию годных изделий и принятым верным решениям, что повлечет дополнительные расходы на повторную перепроверку, демонтаж, сборку и другие технологические научные и организационные мероприятия, или к поискам недостатков в правильном управленческом решении. Ошибки второго рода обуславливают, например, признание отказавших изделий годными или принятие управленческих решений, не обеспечивающих достижение определенных производственных и научных целей.

Между ошибками первого и второго рода существует определенная взаимосвязь. Пусть проверяется нулевая гипотеза  $H_0: \Theta^k = \Theta^p$ , где  $\Theta^k$ ,  $\Theta^p$  — соответственно числовые характеристики производственной координаты  $X_j$ , определенные по производственным данным для  $K$ -го и  $p$ -го моментов времени. Альтернативная гипотеза  $H_1: \Theta^k \neq \Theta^p$ . Плотности распределения статистического критерия  $K$  для нулевой  $H_0$  и конкурирующей  $H_1$  гипотез показаны на рис. 4.2.

Если кривые  $P(K/H_0)$  и  $P(K/H_1)$  не пересекаются, то проверка гипотезы однозначна: попадание наблюдаемого критерия  $K$  в область  $A_0$  свидетельствует о верности  $H_0$ , а область  $A_1$  — о верности конкурирующей гипотезы  $H_1$ .

Если кривые  $P(K/H_0)$  и  $P(K/H_1)$  пересекаются, то однозначность принятия или отклонения гипотез  $H_0$ ,  $H_1$  нарушается. Действительно, если значение  $K$

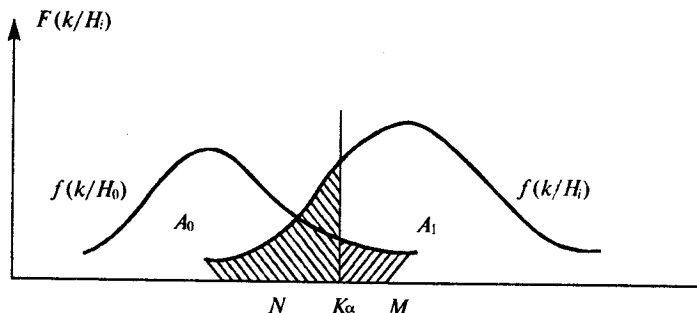


Рис. 4.2. Вероятности ошибок первого и второго рода

окажется в точке  $M$ , то гипотеза  $H_0$  отклоняется с вероятностью ошибки первого рода, равной  $\frac{\alpha}{2}$ . Если значение  $K$  окажется в точке  $N$ , то гипотеза  $H_0$  не будет отклонена, хотя может быть верной и гипотеза  $H_1$ . В этом случае допускается ошибка второго рода. Вероятность этой ошибки  $\beta$  равна вероятности попадания критерия  $K$  левее точки  $K_{\frac{\alpha}{2}}$  (рис. 4.2) при условии справедливости альтернативной гипотезы  $H_1$ , т. е.

$$\beta = \int_{-\infty}^{K_{\frac{\alpha}{2}}} P(K / H_1) dK. \quad (4.10)$$

Вероятность несовершения ошибки второго рода называется мощностью критерия  $K$ , равного  $1-\beta$ .

На рис. 4.2 видно, что вероятность ошибок первого и второго рода зависит друг от друга. Уменьшая вероятность ошибки первого рода  $\alpha$ , т. е. передвигая квантиль  $K$  вправо, мы тем самым увеличиваем вероятность ошибки второго рода  $\beta$ . Зависимость между ошибками первого и второго рода рассмотрим вначале на примере.

Пусть производственная координата  $X$  имеет нормальное распределение с известной дисперсией  $\sigma^2$  и неизвестным математическим ожиданием  $m$ .

Для определения оценки  $\bar{X}$  математического ожидания произведены измерения координаты  $X$  и получены значения  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ . Относительно  $m$  выдвигаются две гипотезы  $H_0: m=m_0$  и  $H_1: m=m_1$ ;  $m_0 < m_1$ .

В качестве критерия для проверки гипотезы используем оценку  $\bar{X}$ . Эта оценка является нормально распределенной случайной величиной с математическим ожиданием  $m_{\bar{X}} = m$  и дисперсией  $\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{\sigma^2}{n}$ . Математическое

ожидание  $m_{\bar{X}}$  зависит от гипотез ( $H_0$  или  $H_1$ ). Выберем уровень значимости  $\alpha$  и определим критическую квантиль  $X_{\alpha}$ ,  $m_0 < \bar{X}_{\alpha} < m_1$ . Правило проверки гипотезы сформулируем следующим образом: если  $\bar{X} < \bar{X}_{\alpha}$ , то принимается  $H_0$ , а если  $\bar{X} \geq \bar{X}_{\alpha}$ , то принимается  $H_1$ . Это показано на рис. 4.3.

Из (4.8) и рис. 4.3 для уровня значимости  $\alpha$  в случае односторонней критической области  $A$  имеем:

$$\alpha = P_0(\bar{X} > \bar{X}_{\alpha}) = P_0(u_{\bar{X}}^0 > u_{1-\alpha}) \quad (4.11)$$

где

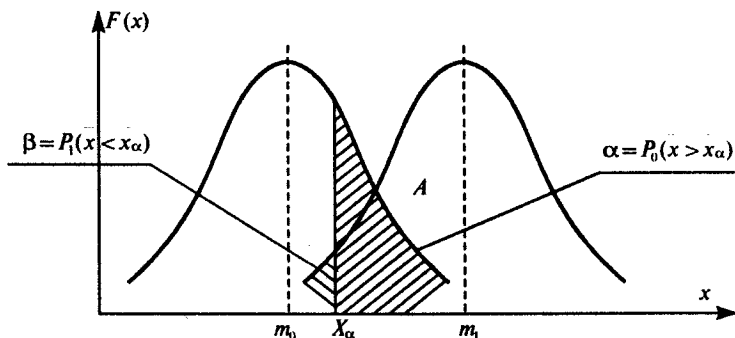


Рис. 4.3. Соотношение между  $\alpha$  и  $\beta$  при проверке гипотез  $H_0$  и  $H_1$

$$u_{\bar{X}}^0 = \frac{\bar{X} - m_0}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{(\bar{X} - m_0)\sqrt{n}}{\sigma};$$

$$u_{1-\alpha} = \frac{\bar{X}_\alpha - m_0}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{(\bar{X}_\alpha - m_0)\sqrt{n}}{\sigma}$$

определяется как решение уравнения

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{u_{1-\alpha}} e^{-t^2/2} dt = 1 - \alpha.$$

Из последнего равенства найдем критическую квантиль нормального распределения

$$\bar{X}_\alpha = m_0 + u_{1-\alpha} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = m_0 - u_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (4.12)$$

Вероятность ошибки второго рода  $\beta$ , т. е. вероятность отвергнуть первую гипотезу  $H_1$ , определим как вероятность попадания  $\bar{X}$  в область  $B(\bar{X} < \bar{X}_\alpha)$  (см. рис. 4.3).

$$\beta = P_1(\bar{X} < \bar{X}_\alpha) = P_1(u_{\bar{X}}^1 < u_\beta). \quad (4.13)$$

где

$$u_{\bar{X}}^1 = \frac{\bar{X} - m_1}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{(\bar{X} - m_1)\sqrt{n}}{\sigma},$$

$$u_p = \frac{\bar{X} - m_1}{\sigma_{\bar{X}}} = \frac{(\bar{X}_\alpha - m_1)\sqrt{n}}{\sigma} \quad (4.14)$$

Подставив в (4.14)  $\bar{X}_\alpha$  из (4.12), получим

$$u_\alpha + u_p = \frac{m_0 - m_1}{\sigma} \sqrt{n} \quad (4.15)$$

При заданных  $\alpha$  и  $n$  мощность критерия из (4.15) определяется однозначно по формуле

$$1 - \beta = 1 - F(u_p), \quad (4.16)$$

где

$$F(u_p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{u_p} e^{-\frac{t^2}{2}} dt;$$

$$u_p = -(u_\Delta + u_\alpha); \quad u_\Delta = \frac{m_1 - m_0}{\sigma} \sqrt{n} \quad (4.17)$$

Из (4.16), (4.17) следует, что мощность критерия  $\bar{X}$  для  $H_0: m = m_0$  увеличивается при возрастании расстояния между  $m_1$  и  $m_0$  или при увеличении числа наблюдений  $n$ . Кривая мощности изображена на рис. 4.4.

При контроле изделий в процессе производства величины  $\alpha$  и  $\beta$  можно

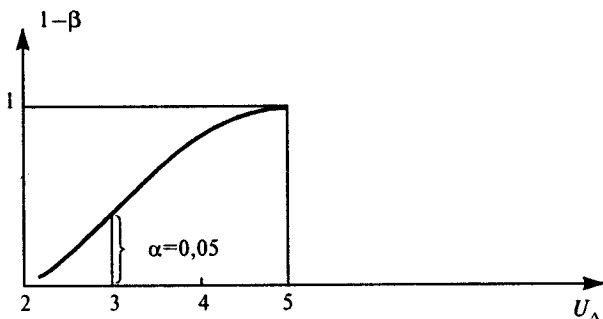


Рис. 4.4. Кривая мощности для  $H_0: m = m_0$

выбирать в зависимости от размера потерь, связанных с ошибочными решениями. Пусть, например, номинальное значение параметра  $X$  равно  $m_0$ .

Изделия контролируются по величине средней  $\bar{X}$ , определяемой по выборке объемом  $n$ . Стоимость повторного запуска в производство забракованного изделия или решения составляет  $Q$  руб. Средние потери при контроле этих решений



$$\bar{C} = n(\alpha Q + \beta P). \quad (4.18)$$

Оптимальные значения  $\alpha$  и  $\beta$  находятся из условия минимума средних потерь  $\bar{C}$  при ограничении (4.15).

### 4.3. ПОСТРОЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ ПО ПРИНЦИПУ ОТНОШЕНИЯ ПРАВДОПОДОБИЯ

В общем случае критическая область  $S_0$  для выбранного критерия  $K$  определяется из условия максимума мощности этого критерия по отношению к альтернативной гипотезе  $H_1$  при заданном уровне значимости  $\alpha$ .

Пусть гипотезы  $H_0$  и  $H_1$  — простые, а критерий  $K$  — непрерывная случайная величина. Будем называть гипотезу  $H$  простой, если она однозначно определяет распределение критерия  $K$ , в других случаях гипотеза  $H$  называется сложной. Задача формулируется следующим образом: требуется так выбрать критическую область  $S_0$ , чтобы для заданного уровня значимости

$$\int_{S_0} P(K / H_0) dk = \alpha \quad (4.19)$$

достигалось максимальное значение величины

$$\int_{S_0} P(K / H_1) dk. \quad (4.20)$$

Эта задача решается на основе теоремы Неймана и Пирсона.

**Теорема.** Среди всех критериев, различающих гипотезы  $H_0$  и  $H_1$  с заданной ошибкой первого рода  $\alpha$ , наиболее мощным является критическая область  $S_0$  определяется из отношения правдоподобия

$$\lambda = \frac{P(K / H_1)}{P(K / H_0)} > C (> 0), \quad (4.21)$$

где  $C$  — число, выбираемое так, чтобы удовлетворялось условие (4.19).

**Доказательство.** Пусть  $S_D$  — любая другая критическая область, удовлетворяющая условию (4.19), т. е.

$$\int_{S_D} P(K / H_0) dk = \alpha$$

Тогда

$$\int_{S_C} P(K / H_0) dk - \int_{S_D} P(K / H_0) dk = 0. \quad (4.22)$$

Величина левой части (4.22) не изменится, если удалить из областей  $S_C$  и  $S_D$  общую для них часть  $S_D \cap S_C = K_D - K_C$

т. е.

$$\int_{S_C/S_C S_D} P(K/H_0) dK \leq C^{-1} \int_{S_C/S_C S_D} P(K/H_0) dK = 0 \quad (4.23)$$

Область  $S_C/S_D S_C$  принадлежит области  $S_C$ , поэтому, учитывая (4.21), находим

$$\int_{S_C/S_C S_D} P(K/H_0) dK \leq C^{-1} \int_{S_C/S_C S_D} P(K/H_1) dK. \quad (4.24)$$

Область  $S/S_D S_C$  лежит вне критической области  $S_C$ . Для области  $S/S_D S_C$  отношение правдоподобия

$$\frac{P(K/H_1)}{P(K/H_0)} \leq 0,$$

откуда

$$\int_{S_C/S_C S_D} P(K/H_0) dK \geq C^{-1} \int_{S_C/S_C S_D} P(K/H_1) dK \quad (4.25)$$

Подставляя эти неравенства в уравнение (4.22), прибавляя и вычитая величину  $C^{-1} \int_{S_C/S_C S_D} P(K/H_1) dK$ , получаем

$$C^{-1} \left( \int_{S_C} P(K/H_1) dK - \int_C P(K/H_1) dK \right) \geq 0$$

откуда следует

$$\int_{S_C} P(K/H_1) dK \geq \int_C P(K/H_1) dK,$$

что и требовалось доказать.

Таким образом, при проверке двух простых гипотез отказ от критерия, построенного с помощью отношения правдоподобия (4.21) в пользу какого-либо другого критерия, обеспечивающего заданный уровень значимости  $\alpha$ , приводит к потере мощности.

Критерии, построенные на отношении правдоподобия (4.21), называются критериями отношения правдоподобия. Они широко применяются при проверке статистических гипотез.

Построим правило проверки гипотезы  $H_0$  о равенстве среднего значения  $\bar{X}$  выборки  $(X_1, \dots, X_n)$ , имеющей нормальное распределение с известной дисперсией  $\sigma^2$ , математическому ожиданию  $m_0$ . Нулевую  $H_0$  и альтернативную  $H_1$  гипотезы можно записать в виде

$$H_0: \bar{X} = m_0, \quad H_1: \bar{X} = m_1 (> m_0).$$

Составим отношение правдоподобия:

$$\lambda = \frac{(\sqrt{2\pi}\sigma_{\bar{X}})^{-1} \exp\left(-\frac{1}{2}\sigma_{\bar{X}}^2(\bar{X} - m_1)^2\right)}{(\sqrt{2\pi}\sigma_{\bar{X}})^{-1} \exp\left(-\frac{1}{2}\sigma_{\bar{X}}^2(\bar{X} - m_0)^2\right)} > C.$$

Прологарифмировав это неравенство, получим эквивалентное неравенство

$$\ell n \lambda > \ell n C,$$

или

$$(\bar{X} - m_0)^2 - (\bar{X} - m_1)^2 > 2\sigma_{\bar{X}}^2 \ell n C. \quad (4.26)$$

Дисперсия среднего значения  $X$  будет  $\sigma_{\bar{X}}^2 = \frac{\sigma^2}{n}$ . Подставив это значение в (4.26), после преобразования найдем

$$\bar{X} > \frac{m_1 + m_0}{2} + \frac{\sigma^2}{n}(m_1 - m_0)\ell n C.$$

Обозначив правую часть этого неравенства через  $C'$ , получим, что область невозможных значений  $\bar{X}$  определяется неравенством  $\bar{X} > C'$ .

Величину  $C'$  найдем из условия обеспечения заданного уровня значимости  $\alpha$ , т. е.  $P(\bar{X} > C' / H_0) = \alpha$ .

Величина  $\bar{X}$  имеет нормальное распределение  $N\left(m_0, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$ , если справедлива нулевая гипотеза  $H_0$ , поэтому уровень значимости

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_c}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

где

$$z_c = \frac{C' - m_0}{\sigma} \sqrt{n}.$$

Отсюда

$$C'_\alpha = m_0 + \frac{z_{1-\alpha}}{\sqrt{n}} \sigma, \quad (4.27)$$

а правило проверки нулевой гипотезы  $H_0: \bar{X} = m_0$  против альтернативы

$H_1: \bar{X} = m_1$  формулируется так: при

$$\bar{X}(n) \geq m_0 + \frac{z_{1-\alpha}}{\sqrt{n}} \sigma \quad (4.28)$$

нулевая гипотеза  $H_0$  отклоняется в пользу альтернативной  $H_1$ . В противном случае нулевая гипотеза согласуется с опытными данными.

Мощность  $1-\beta$  критерия (4.28) равна вероятности того, что при гипотезе  $H_1: \bar{X} = m_1$  среднее  $\bar{X}$  попадает в критическую область  $S_c = [C'_\alpha, \infty)$

$$1-\beta = P(\bar{X} > C'_\alpha/n_1) = 1 - P(\bar{X} < C'_\alpha)_Z = 1 - F_0(z'_\alpha),$$

где

$$z'_\alpha = \frac{C'_\alpha - m_1}{\sigma} \sqrt{n}, \quad F_0(z'_\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z'_\alpha} e^{-\frac{z^2}{2}} dz.$$

Подставим в это равенство  $C'_\alpha$  из формулы (4.27) и получим выражение для мощности критерия (4.28):

$$1-\beta = 1 - F_0\left(\frac{m_0 + z_{1-\alpha}\sigma/n^{\frac{1}{2}} - m_1}{\sigma} \sqrt{\frac{1}{n^2}}\right) = F_0(z_\alpha + \delta), \quad (4.29)$$

где  $\delta = \sqrt{n}(m_1 - m_0)/\sigma$ .

В (4.29) использованы свойства функции распределения стандартного распределения, по которым  $1 - F_0(z) = F_0(-z)$ ;  $z_\alpha = -z_{1-\alpha}$ .

На основании этих свойств из (4.29) следует также и соотношение (4.15) между квантилями  $z_\alpha$  и  $z_\beta$ :

$$z_\alpha + z_\beta = -\delta. \quad (4.30)$$

Из формулы (4.30) можно сделать вывод, что функция мощности — возрастающая функция по  $\delta$ .

Для примера определим число наблюдений, необходимое для обеспечения мощности  $1-\beta=0,95$ , если проверяется определенная ранее гипотеза  $H_0$  против  $H_1$ , причем  $\alpha=0,05$ ;  $m_1 - m_0 = 0,1$ ;  $\sigma=10$ . Вычисления по формуле (4.15) с использованием таблиц квантилей нормального распределения дают

$$/u = -u_{\alpha-1} = -1,96; \quad u_\beta = -u_{1-\beta}^0 = -1,96; \quad 2 \cdot 1,96 = \frac{0,1}{12} n, \quad \text{откуда } n \approx 471.$$

В данном случае при проверке нулевой гипотезы  $H_0$  в качестве критерия  $K$  использовалось стандартизированное отклонение

$$u = \frac{\bar{X} - m_i}{\sigma_{\bar{X}}}, \quad i = 0, 1.$$

#### 4.4. АЛГОРИТМ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КООРДИНАТ

В математической статистике разработано большое число критериев, предназначенных для проверки статистических гипотез. При оценке производственных управленческих решений в основном применяются гипотезы о числовых характеристиках производственных координат. Наиболее полно разработана теория проверки гипотез относительно числовых характеристик нормального закона распределения.

Алгоритм проверки статистической гипотезы состоит в следующем:

1. Измеряют производственные координаты, в результате чего формируется матрица состояния производственной системы:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & \dots & X_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \dots & X_{nm} \end{pmatrix}, \quad \begin{matrix} i = \overline{1, n} \\ j = \overline{1, m} \end{matrix}. \quad (4.31)$$

2. Для каждой координаты  $X_j$  проверяют гипотезу о нормальности. Методика проверки изложена в разделе (4.9). Если координата  $X_j$  имеет распределение, в отличие от нормального, то она преобразуется в координату  $v_j$  с нормальным законом распределения. Преобразование осуществляется следующим образом. Элементы  $j$ -го столбца матрицы (4.31) упорядочиваются по возрастанию:

$$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_n. \quad (4.32)$$

Для статистического ряда (4.32) подсчитываются частоты  $m_k$ , соответствующие значениям  $X_k$ , вычисляются накопленные частоты

$$\begin{aligned} M_k &= M_{k-1} + m_k, \quad K = \overline{2, \ell}, \\ M_1 &= m_1. \end{aligned} \quad (4.33)$$

и значение функции распределения

$$F(X_K) = \frac{M_K}{n}. \quad (4.34)$$

Значения  $z_{Kj}$  нормально распределенной случайной величины  $z_j = v_j - m_{v_j}$  с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией, соответствующие значениям  $X_{Kj}$  случайной величины  $X_j$  с произвольным законом распределения, находят из соотношения

$$F(X_{Kj}) = P(X_j \geq X_{Kj}) = P(Z_j < Z_{Kj}) = F_0(z_{Kj}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_{Kj}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (4.35)$$

откуда  $z_{Kj}$  находят как функцию, обратную интегралу вероятностей

$$z_{Kj} = F_0^{-1}(z_{Kj}). \quad (4.36)$$

Уравнение (4.35) с заданной точностью решается численными методами.

Приближенные значения  $z_{Kj}$  с разной степенью точности определяются по формулам [144]. Одна из них

$$z_{Kj} = \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} a_i \left( -\ell n \left( 1 - 4 \left( F(X_K) - \frac{1}{2} \right) \right)^2 \right)^i}. \quad (4.37)$$

Отрезок ряда с первыми четырьмя членами обеспечивает необходимую в инженерных расчетах точность в интервале  $0,03 < F(X_K) \leq 0,97$ .

Коэффициенты  $a_i$  равны:

$$a_1 = \frac{\pi}{2}; a_2 = 0,37068870 \cdot 10^{-1}; a_3 = 0,83209445 \cdot 10^{-3}; a_4 = -0,2323240 \cdot 10^{-3}.$$

Вторая, более точная формула имеет вид:

$$z_{Kj} = t - \frac{\sum_{i=0}^2 C_i t^i}{\sum_{i=0}^3 d_i t^i} + e(F(X_n)), \quad (4.38)$$

где  $t = \sqrt{-2\ell n(1 - F(X_K))}$ ;  $0,5 \leq F(X_K) < 1$ ;  $|e| < 4,5 \cdot 10^{-4}$ ;  $C_0 = 2,515517$ ;  $C_1 = 0,802853$ ;  $C_2 = 0,010328$ ;  $d_0 = 1$ ;  $d_1 = 1,432788$ ;  $d_2 = 0,189269$ ;  $d_3 = 0,001308$ .

При  $0 \leq F(X_k) < 0,5$  используется свойство функции, обратной интегралу вероятностей

$$\forall F(X) (-1,0,1 | Z(F(Z)) + Z(1 - F(Z)) ) = 0$$

откуда

$$z_{Kj}(F(X_K)) = -Z_{Kj}(1 - F(X_K)), \quad (4.39)$$

Значения  $Z_{Kj}$ , вычисленные по приближенным формулам (4.37), (4.38), можно использовать в качестве начальных значений при решении уравнения (4.35). Оценки математического ожидания  $\bar{V}_j$  и дисперсии  $S_{vj}$  случайной величины  $v_j$  с нормальным законом распределения можно найти решением системы уравнений

$$\begin{cases} Z_{Kj} = \frac{v_{Kj} - \bar{V}_j}{S_{vj}}, \\ Z_{mj} = \frac{v_{mj} - \bar{V}_j}{S_{vj}}, \end{cases} \quad (4.40)$$

где  $v_{Kj} = X_{Kj}$ ;  $v_{mj} = X_{mj}$ ;  $K \neq m$ ,

откуда

$$S_{vj} = \frac{X_{kj} - X_{mj}}{Z_{kj} - Z_{mj}}; \quad \bar{v}_j = X_{kj} - S_{vj}Z_{kj}. \quad (4.41)$$

3. Формируем гипотезу  $H_0$  и альтернативную гипотезу  $H_1$ . Если гипотеза  $H_0$  простая, например  $H_0: X = \alpha$ , то ее всегда можно привести к виду  $H_0: X - \alpha = 0$ .

4. Выбирают критерий  $K$  (критическая статистика), являющийся некоторой функцией от результатов наблюдений  $K_n = K(X_1, \dots, X_n)$ . Критерий  $K_n$  при условии справедливости гипотезы является случайной величиной с хорошо изученным законом распределения, который задается таблично, в виде приближенных формул или программ для ЭВМ [144]. Критическая статистика строится по принципу отношения правдоподобия с использованием теоремы Неймана-Пирсона и является наиболее мощной.

5. Задаются уровнем значимости  $\alpha$  и по таблицам критических квантилей или по приближенным формулам находят критические квантили  $K_{1-\frac{\alpha}{2}}, K_{\frac{\alpha}{2}}$ .

В случаях, когда гипотеза  $H_0$  связана только с односторонними отклонениями критерия  $K_n$ , т. е. когда нас интересуют только "слишком большие" или "слишком малые" значения критерия  $K_n$ , находят один из  $K_\alpha$  или  $K_{1-\alpha}$  критических квантилей.

6. По данным наблюдений  $(X_1, \dots, X_n)$  вычисляют значение критерия  $K_n$ . Если это значение попадает в критическую область, то гипотеза  $H_0$  отклоняется в пользу альтернативной гипотезы  $H_1$ . Если значение  $K_n$  попадает в допустимую область, то гипотеза  $H_0$  может считаться не противоречащей опытным данным.

С помощью модели и алгоритма проверки гипотез в управлении ЭНТП производства могут решаться прежде всего задачи сравнения выборочных числовых характеристик средней, доли, дисперсии с соответствующими заданными величинами числовых характеристик, двух или нескольких выборок между собой проверка гипотезы о принадлежности этих выборок одной совокупности. Задачи сравнения — основа оценки эффективности управленческих решений. Более общими являются задачи проверки гипотез о согласии эмпирического распределения с определенной теоретической моделью или гипотезы о значимости расхождения между эмпирическими законами распределения. Если при решении конкретных производственных задач преобразуются исследуемые координаты с произвольным законом распределения в координаты с нормальным законом распределения, то отпадает необходимость проверки гипотез о виде закона распределения, поскольку нормальный закон полностью определяется своим математическим ожиданием и дисперсией.

#### 4.5. ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ ОТНОСИТЕЛЬНО СРЕДНИХ ДЛЯ НОРМАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Пусть случайная величина  $X$  имеет нормальное распределение с математическим ожиданием  $m_0$  и среднеквадратическим отклонением  $\sigma$ , т. е.  $X \in N(m, \sigma)$ . По результатам испытаний получена выборка  $(X_1, \dots, X_n)^T$  и вычислены точечные оценки:

— математического ожидания — средняя

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (4.42)$$

— дисперсии — выборочная дисперсия

$$S^2 = \frac{n}{n-1} (\bar{X}^2 - \bar{X}^2), \quad (4.43)$$

где

$$\bar{X}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2, \quad i = \bar{1}, n$$

Требуется проверить гипотезу о том, что математическое ожидание случайной величины  $X$  равно некоторому заданному значению  $m_0$ . Поскольку известна лишь оценка математического ожидания  $\bar{X}$ , то проверка гипотезы заключается в установлении значимого или незначимого различия между средней и заданной величинами.

В соответствии с рассмотренной в [144] схемой проверки гипотезы выполним следующие операции.

Характеристика исходных данных:  $X \in N(m, \sigma)$ , известны  $X = (X_1, \dots, X_n)^T$  оценки  $\bar{X}$  и  $S^2$ .

Гипотеза:  $H_0: m = m_0$

Альтернативная гипотеза  $H_1: m \neq m_0$

Уровень значимости:  $\alpha$ .

Критерий (критическая статистика)

$$t = \frac{\bar{X} - m_0}{S_{\bar{X}}} = \frac{\bar{X} - m_0}{S} \sqrt{n}. \quad (4.44)$$

Этот критерий является мерой близости средней  $\bar{X}$  и математического ожидания  $m$ . Критерий (4.44) может быть получен методом максимального правдоподобия аналогично критерию  $z$ , который применяется при известной дисперсии  $\sigma^2$  (4.30).

Плотность распределения случайной величины  $t$  имеет вид:



$$f(t, \nu) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi\nu}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{\nu}\right)^{-\frac{\nu+2}{2}}, \quad -\infty < t < +\infty \quad (4.45)$$

и называется распределением Стьюдента. Это распределение получил в 1908 году английский статистик В. Госсет (писавший под псевдонимом Student). В (4.45)  $\nu = n - 1$  — число степеней свободы;  $\Gamma(\cdot)$  — гамма-функции. Значения  $t$ -критерия затабулированы для  $\nu$  и  $\alpha$ .

Если  $|t| \geq t_{1-\frac{\alpha}{2}}, n-1$ , то нулевая гипотеза  $H_0$  отклоняется, в противном случае  $H_0$  согласуется с опытными данными.

### Сравнение средних двух выборок

Одной из основных задач оценки эффективности управленческих решений на производстве является оценка существенности изменения математических ожиданий производственных координат, которые отражают траекторию центров их группирования. В простейшем случае производится сравнение средних в двух выборках, соответствующих двум видам управленческих решений. Задача сравнения формируется следующим образом. Исследуются случайные величины  $X_1, X_2$ , имеющие нормальные распределения

$$X_1 \in N(m_1, \sigma_1), \quad X_2 \in N(m_2, \sigma_2).$$

По результатам испытаний получены независимые выборки

$$(X_{11}, \dots, X_{1n1})^T, \quad (X_{21}, \dots, X_{2n2})^T.$$

Для этих данных по формулам (4.42), (4.43) вычислены точечные оценки  $\bar{X}_1(n_1), S_1(n_1)$  для первой выборки и  $\bar{X}_2(n_2), S_2(n_2)$  для второй. Требуется проверить гипотезу о равенстве математических ожиданий  $m_1 = m_2$  случайных величин  $X_1$  и  $X_2$  против альтернативы  $m_1 \neq m_2$ . Данная задача сравнения может быть сведена к предыдущей задаче о сравнении математического ожидания с заданной величиной. Для этого рассмотрим случайную величину  $Y = X_1 - X_2$ . Она равна разности двух независимых случайных величин, имеющих нормальное распределение, математические ожидания  $m_1, m_2$  и дисперсии  $\sigma_1^2$  и  $\sigma_2^2$ . По теореме сложения числовых характеристик независимых случайных величин имеем

$$m_Y = m_{X_1} - m_{X_2}; \quad \sigma_Y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2.$$

Оценкой математического ожидания случайной величины  $Y$  является среднее

$$\bar{Y} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X_{i1} - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} X_{i2}, \quad (4.46)$$

а оценкой дисперсии этой статистики служит выборочная дисперсия [144].

$$S_{\bar{Y}}^2 = \left( \frac{1}{n} + \frac{1}{n_2} \right) \frac{1}{n_1 + n_2 - 2} ((n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2). \quad (4.47)$$

Таким образом, задача сравнения средних двух выборок может быть сформулирована следующим образом.

Характеристика исходных данных:

$$Y \in N(0, \sigma_Y), Y = X_1 - X_2; \quad X_1(n) = (X_{11}, \dots, X_{1n_1})^T; \quad X_2(n) = (X_{21}, \dots, X_{2n_2})^T;$$

известны оценки  $\bar{X}_1, S_1^2, \bar{X}_2, S_2^2, \bar{Y}_2 = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$ ;

$$S_{\bar{Y}}^2 = \left( \frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right) \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2 - 2}.$$

Гипотеза  $H_0: m_Y = 0$ .

Альтернативная гипотеза  $H_1: m_Y \neq 0$ .

Уровень значимости:  $\alpha$ .

Критерий (критическая статистика):

$$t = \frac{|\bar{Y} - 0|}{S_{\bar{Y}}} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{S_{\bar{Y}}}, \quad (4.48)$$

где  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1, S_2$  — определяются по формулам (4.42), (4.43), а  $S_{\bar{Y}}$  — по (4.48).

Если дисперсия сравнимых выборок одинакова  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  и

$$|t| \geq t_{\frac{\alpha}{2}}(n_1 + n_2 - 2),$$

то нулевая гипотеза  $H_0$  отклоняется в пользу альтернативной, в противном случае  $H_0$  согласуется с опытными данными.

Для реализации на ЭВМ алгоритма сравнения средних двух выборок, полученных на основе производственных испытаний, критическую статистику  $t_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}(n_1 + n_2 - 2)$  распределения Стьюдента целесообразно вычислять по приближенным формулам [144]:

$$t_{\beta; n} = \sum_{i=0}^4 g_i(z_{\beta}) / v^2, \quad (4.49)$$

где  $\beta' = 1 - \frac{\alpha}{2}$ ,  $n = n_1 + n_2 - 2$ ;

$$g_0(z_{\beta'}) = z_{\beta'} \approx \sum_{i=1}^4 a_i \left( -\ell n (1 - 2(1 - \alpha))^2 \right)^{i/4};$$

$$a_1 = \frac{\pi}{2}; a_2 = 0,37068870 \cdot 10^{-1}; a_3 = 0,8320945 \cdot 10^{-2};$$

$$a_4 = -0,23232430 \cdot 10^{-3}; g_1(z_{\beta'}) = \frac{1}{4}(z_{\beta'}^3 + z_{\beta'});$$

$$g_2(z_{\beta'}) = \frac{1}{96}(5z_{\beta'}^5 + 16z_{\beta'}^3 + 3z_{\beta'});$$

$$g_3(z_{\beta'}) = \frac{1}{384}(3z_{\beta'}^7 + 19z_{\beta'}^5 + 17z_{\beta'}^3 - 15z_{\beta'});$$

$$g_4(z_{\beta'}) = \frac{1}{92160}(79z_{\beta'}^9 + 776z_{\beta'}^7 + 1482z_{\beta'}^5 - 1920z_{\beta'}^3 - 945z_{\beta'});$$

$\nu = n - 1$  — число степеней свободы.

Если в ходе проверки гипотезы  $H_0$  о равенстве средних выявлено значимое различие дисперсий, то в качестве критерия используется статистика [144, 145]

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}. \quad (4.50)$$

Значения критической статистики  $\tilde{t}_{\alpha}(\nu_1, \nu_2, C)$  приведены в [49, табл. 4.4].

В этой таблице  $\tilde{t}_{\alpha}(\nu_1, \nu_2, C)$  обозначена как  $U(\nu_1, \nu_2, C, Q)$  где  $\nu_j = n_j - 1, j = 1, 2$ ,

$$Q = \frac{\alpha}{2}, \alpha = 2,5\%; 5\%; C = \frac{S_1^2/n_1}{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2}.$$

В [145] показано, что статистика (4.50) имеет распределение, близкое к  $t$ -распределению Стьюдента с числом степеней свободы

$$\tilde{\nu} = \frac{(S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2)^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}. \quad (4.51)$$

Величина  $\tilde{\nu}$  находится между наименьшим из  $(n_2 - 1)$  и  $(n_1 - 1)$  и их суммой  $(n_1 + n_2 - 2)$ . Следовательно, решение о равенстве средних принимается в зависимости от результатов проверки гипотезы о равенстве дисперсий в

исследуемых выборах. При равенстве дисперсий применяется правило, основанное на неравенстве (4.49). Если сравниваемые дисперсии оказываются разными  $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ , то нулевая гипотеза  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$  отклоняется в пользу альтернативной гипотезы  $H_1: m_1 \neq m_2$ , если выполнены неравенства

$$|\bar{r}| > t_{\frac{\alpha}{2}}(\bar{v}), \quad (4.52)$$

или

$$|\bar{r}| > t_{\frac{\alpha}{2}}(v_1, v_2, C).$$

Приближенное значение критической квантили  $t_{\frac{\alpha}{2}}(v)$  может быть получено разложением в ряд отрицательным по степеням  $v$  [143] (4.49).

#### 4.6. ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ ОТНОСИТЕЛЬНО ДИСПЕРСИЙ ДВУХ ВЫБОРОК

Дисперсия производственного показателя характеризует стабильность технологического процесса, точность контрольно-измерительных средств, ритмичность производства, устойчивость работы автоматизированных систем. Любые управленческие решения направлены на уменьшение дисперсии. Поэтому проверка гипотезы о значимости изменения дисперсиями — важная прикладная задача, которая формулируется так: имеются две нормально распределенные случайные величины  $X_j \in N(m_j, \sigma_j)$ ,  $j=1,2$ , для которых известны выборочные дисперсии  $S_1^2 \neq S_2^2$  и объемы выборок  $n_1, n_2$ . Требуется принять решение о значимости различий между дисперсией и  $\sigma_1^2$  и  $\sigma_2^2$ . Это решение может быть принято по результатам проверки нулевой гипотезы  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  против альтернативы  $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ . Гипотеза  $H_0$  проверяется по схеме.

Характеристика исходных данных:  $X_j \in N(m_j, \sigma_j)$ ,  $j=1,2$  известны выборочные дисперсии  $S_j^2$  объемы выборок  $n_j$ .

Гипотеза  $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ .

Альтернативная гипотеза:  $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ .

Уровень значимости  $\alpha$ .

Критерий (критическая статистика):

$$F = \frac{S_A^2}{S_B^2}. \quad (4.53)$$

где  $S_A^2, S_B^2$  — соответственно большая и меньшая из сравниваемых дисперсий  $S_j^2$ .

Эта статистика имеет F-распределение Фишера с плотностью

$$P(F) = \begin{cases} \frac{F \left( \frac{v_A + v_B}{2} \right)}{F \left( \frac{v_A}{2} \right) \Gamma \left( \frac{v_B}{2} \right)} \left( \frac{v_A}{v_B} \right)^{\frac{v_A}{2}} \frac{F^{\frac{v_A-1}{2}}}{\left( 1 + \frac{v_A}{v_B} F \right)^{\frac{v_A+v_B}{2}}}, & \text{если } F > 0, \\ 0, & \text{если } F \leq 0, \end{cases}$$

где  $v_A = n_A - 1$  — число степеней числителя;  $v_B = n_B - 1$  — число степеней знаменателя (4.53).

*Решение.*

Если

$$F_{(v_A, v_B), 1 - \frac{\alpha}{2}} \leq F \leq F_{(v_A, v_B), \frac{\alpha}{2}}, \quad (4.54)$$

то гипотеза  $H_0$  о равенстве дисперсий не отвергается, в противном случае  $H_0$  отклоняется. Критерий  $F$  (4.53) является наиболее мощным.

При реализации алгоритма проверки гипотезы  $H_0$  на ЭВМ для расчета критической статистики  $F_{(v_A, v_B), \frac{\alpha}{2}}$  можно использовать приближенную формулу

[143]:

$$F_{(v_A, v_B), \frac{\alpha}{2}} \approx e^{2w}, \quad (4.55)$$

где

$$W = \frac{z_p (h + \lambda)^{\frac{1}{2}}}{n} - \left( \frac{1}{2b-1} - \frac{1}{2a-1} \right) \left( \lambda + \frac{5}{6} - \frac{2}{3h} \right);$$

$$h = 2 \left( \frac{1}{2a-1} - \frac{1}{2b-1} \right)^{-1}; \quad \lambda = \frac{z_p^2 - 3}{6};$$

$$b = \frac{v_A}{2}, \quad a = \frac{v_B}{2},$$

$z_p$  — определяется по одной из формул (4.48), (4.49) при  $p = 1 - \frac{\alpha}{2} = F(X_K)$

для двухсторонней,  $P = 1 - \alpha - F(X_K)$  — для односторонней доверительной области.

В таблицах обычно приводятся значения  $F_{(v_A, v_B), \frac{\alpha}{2}}$ . Другая граница

критической области определяется соотношением  $F_{(v_A, v_B), 1-\frac{\alpha}{2}} = \left( F_{(v_A, v_B), \frac{\alpha}{2}} \right)^{-1}$  и используется при нахождении доверительных границ среднеквадратического отклонения.

#### 4.7. СРАВНЕНИЕ ДОЛЕЙ ПРИЗНАКА В ДВУХ ВЫБОРКАХ

Задача сравнения двух долей возникает при оценке качества выпускаемой продукции и НИР при исследовании свойств систем, когда регистрируется только наличие или отсутствие какого-либо признака. Пусть  $P_1^* = \frac{m_1}{n_1}$  и  $P_2^* = \frac{m_2}{n_2}$  частности,  $m_1, m_2$  — частоты одного и того же признака  $A$  в двух выборках,  $n_1, n_2$  — объемы этих выборок. Нулевая гипотеза  $H_0$  означает предположение, что обе выборки принадлежат одной генеральной совокупности, в которой доля признака  $A$  равна  $P$ . Гипотеза  $H_0$  записывается в виде  $H_0: P_1 = P_2 \Rightarrow P_1 - P_2 = 0$ , где  $P_2 \geq P_1$ . Для задач контроля качества, когда в основном применяются безвозвратные выборки, частота  $m$  имеет биномиальное распределение [144]. Построение точных критериев проверки гипотез при сравнении долей, основанных на биномиальном распределении, связано с вычислительными трудностями [146]. Поэтому для практических расчетов при оценке качества будем использовать приближенные методы, разработанные для больших и малых выборок.

**1. Большие выборки.** К ним относятся выборки, для которых  $n_j > 10, j=1, 2$ . Проверка гипотезы  $H_0$  сводится к проверке гипотезы о сравнении средних двух выборок из нормальных совокупностей. Для этого используется преобразование

$$\tilde{\varphi} = \left( 2 \arcsin \sqrt{P^*} - 2 \arcsin \sqrt{P} \right) \uparrow \sqrt{n}.$$

Величина  $\tilde{\varphi}$  при достаточно большом  $n$  имеет примерно нормальное распределение  $\tilde{\varphi} \in N(0,1)$  [150].

Критическая статистика имеет вид

$$v = \frac{|\varphi_1 - \varphi_2|}{S_{\varphi_1 - \varphi_2}}. \quad (4.56)$$

Формальная запись отмеченных положений состоит в следующем.

Характеристика исходных данных:  $P_1^* = \frac{m_1}{n_1}; P_2^* = \frac{m_2}{n_2}$ ;

$$\varphi_j = 2 \arcsin \sqrt{P_j^*}; j = 1, 2; \varphi_j \in N \left( 0, \frac{1}{\sqrt{n_j}} \right).$$

Гипотеза  $H_0: P_1 = P_2 \Rightarrow P_1 - P_2 = 0$ .

Альтернативная гипотеза  $H_1: P_1 \neq P_2$ .

Уровень значимости:  $\alpha$ .

Критерий (критическая статистика)

$$v = \frac{|\varphi_1 - \varphi_2|}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}. \quad (4.57)$$

Решение.  $H_0$  отклоняется при  $v > u_{1-\alpha}$ , в противном случае  $H_0$  принимается.

**2. Малые выборки.** Строгое решение задачи о сравнении вероятностей получено [145, 147]. Если  $n_1$  и  $n_2$  — малые числа, то приближенная проверка гипотезы о равенстве двух вероятностей может осуществляться по методике, предложенной в [148, 149]. По этой методике из исходных данных формируется таблица сопряженности признаков  $2 \times 2$  (табл. 4.1).

Если обе выборки принадлежат одной и той же генеральной совокупности с долей признака  $P$ , то теоретические частоты будут выражаться соотношениями, приведенными в двух последних столбцах табл. 4.1.

Оценкой вероятности  $P$  является величина  $P = \frac{m_1 + m_2}{n_1 + n_2}$ .

Таблица 4.1

Таблица сопряжения признаков  $2 \times 2$

Совокупность	Частоты				
	Фактические			Теоретические	
	A	A	Всего	A	A
Выборка 1	$m_1$	$n_1 - m_1$	$n_1$	$pn_1$	$(1-p)n_1$
Выборка 2	$m_2$	$n_2 - m_2$	$n_2$	$pn_2$	$(1-p)n_2$
Всего	$m_1 + m_2$	$n_1 + n_2 - (m_1 + m_2)$	$n_1 + n_2$	—	—

В табл. 4.1. приведены эмпирические и соответствующие им теоретические частоты. Для проверки их согласия (гипотеза  $H_0$ ) используется критерий [148], определяемый по модифицированной формуле:

$$\chi^2 = \frac{1}{p(1-p)} \left( \frac{(m_1 - pn_1)^2}{n_1} + \frac{(m_2 - pn_2)^2}{n_2} \right). \quad (4.58)$$

Критическая статистика  $\chi_{\alpha, \nu}^2$  определяется для заданного уровня значимости  $\alpha$  и числа степеней свободы  $\nu=1$  по таблицам процентных точек распределения  $\chi^2$  [145] при  $Q=\alpha$ . Область применения рассмотренной методики для проверки нулевой гипотезы ограничивается величиной частоты, помещенной в каждой клетке табл. 4.1  $m_{ij} \geq 10, i, j = 1, 2$  [151].

Кратко методику можно выразить так.

Характеристика исходных данных: приведены в табл. 4.1.

Гипотеза:  $H_0: P_1 = P_2, P_1 - P_2 = 0$ .

Альтернативная гипотеза:  $H_1: P_1 > P_2$ .

Уровень значимости:  $\alpha$ .

$$\text{Критерий: } \chi^2 = \frac{1}{p(1-p)} \sum_{i=1}^2 \frac{(m_i - pn_i)^2}{n_i}.$$

Решение.  $H_0$  отклоняется при  $\chi^2 > \chi_{\alpha, 1}^2$  в пользу альтернативы  $H_1$ .

#### 4.8. ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ НЕСКОЛЬКИХ ВЫБОРОК

При решении производственных задач и задач управления НТП характерна ситуация, когда с целью изучения влияния определенного производственного фактора  $A$  на надежность или любое другое свойство изделий исследования производства на  $\ell$  выборках ( $\ell > 2$ ). В результате получают совокупность эмпирических значений  $(X_1^k, \dots, X_{n_k}^k), (i = \overline{1, n_k}; k = \overline{1, \ell})$ , где  $i$  — номер результата измерений в  $k$ -й выборке;  $k$  — номер выборки, соответствующий определенному значению фактора  $A$ . Производственная координата  $X$  в каждой выборке имеет нормальное распределение  $X^k \in N(m^k, \sigma^k)$ . По результатам измерений вычислены средние  $\bar{X}_k$  и выборочные дисперсии  $S_k^2$ . Требуется выяснить, оказывает ли существенное влияние выполненное в эксперименте изменение фактора  $A$  на изменение координаты. Решение этой задачи при нормальном распределении исследуемой координаты сводится к задаче сравнения нескольких дисперсий  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_\ell^2$ , и нескольких математических ожиданий  $m_1 = m_2 = \dots = m_\ell$ . Необходимо попарно сравнить все выборки, используя  $F$  и  $t$ -критерий. При таком способе сравнения используется только



информация, содержащаяся в двух выборках, а особенности изменений, зафиксированные в остальных выборках, остаются вне исследования. Однако, что невозможно на двух случайных совокупностях производственных данных, может стать вполне возможным на большем их числе потому, что при этом, во-первых, могут произойти более редкие события, а во-вторых, может быть накопление различий от пары к паре. Поэтому полное выявление различий между несколькими выборками результатов производственных измерений может осуществляться на основе их одновременного сравнения по средним и дисперсиям.

Нулевая гипотеза  $H_0$  в данном случае формулируется так:

$$H_0: m_1 = m_2 = \dots = m_\ell; \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_\ell^2.$$

Альтернативная гипотеза имеет вид  $H_1$ : не все математические ожидания или не все дисперсии равны между собой.

Процедура проверки нулевой гипотезы  $H_0$  включает в себя проверку вначале гипотезы  $H_0(\sigma^2): \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_\ell^2$ . Если эта гипотеза подтверждается, то проверяется гипотеза  $H_0(m): m_1 = m_2 = \dots = m_\ell$ . Для проверки гипотезы  $H_0(\sigma^2)$  о равенстве дисперсии можно применить критерий Бартлетта [144]:

$$\lambda = g \sum_{k=1}^{\ell} (n_k - 1) \ell n \left( \frac{S_k^2}{S^2} \right), \quad (4.59)$$

где

$$S^2 = \frac{1}{\sum_{k=1}^{\ell} n_k - \ell} \sum_{k=1}^{\ell} (n_k - 1) S_k^2. \quad (4.60)$$

$S_k^2$  определяется по формуле (4.43)

$$g = \left( 1 + \frac{1}{3(\ell-1)} \left( \sum_{k=1}^{\ell} \frac{1}{n_k - 1} - \frac{1}{\sum_{k=1}^{\ell} n_k - \ell} \right) \right)^{-1}. \quad (4.61)$$

Статистика  $\lambda$  при  $\ell > 3$  и справедливости гипотезы  $H_0(\sigma^2)$  распределена приблизительно как  $\chi^2$  - случайная величина с  $\nu = \ell - 1$  степенями свободы. Для проверки гипотезы  $H_0(\sigma^2)$  по формуле (4.59) вычисляют наблюдаемое значение критерия  $\chi^2$ , а по заданному уровню значимости  $\alpha$  и числу степеней свободы  $\nu = \ell - 1$  находят критическую квантиль  $\chi_{\alpha, \nu}^2$ , используя таблицы квантилей  $\chi^2$  - распределения или приближенную формулу [47]

$$\chi_{\alpha, \nu}^2 = \nu \left( 1 - \frac{2}{9\nu} + z_{1-\alpha} \sqrt{\frac{2}{9\nu}} \right). \quad (4.62)$$

где  $z_{1-\alpha}$  — квантиль нормального распределения, соответствующая вероятности  $1-\alpha$ , приближенно определяется по формуле (4.37) или (4.38). Если окажется, что  $\lambda \geq \chi_{\alpha, \nu}^2$ , то гипотеза о равенстве выборочных дисперсий  $H_0(\sigma^2)$  отклоняется в пользу альтернативной гипотезы  $H_1(\sigma^2)$ . В противном случае нулевая гипотеза  $H_0(\sigma^2)$  принимается и проверяется нулевая гипотеза  $H_0(m)$  о равенстве средних. При этом в качестве критерия принадлежности всех выборок и общей генеральной совокупности используется статистика

$$F = \frac{\frac{1}{\ell-1} \sum_{k=1}^{\ell} n_k (\bar{X}_k - \bar{X})^2}{S^2}. \quad (4.63)$$

где

$$X = \frac{\sum_{k=1}^{\ell} n_k \bar{X}_k}{\sum_{k=1}^{\ell} n_k} \quad (4.64)$$

общее среднеарифметическое, вычисленное по объединению всех выборок.

Если нулевая гипотеза  $H_0(m)$  верна, то выборочная статистика (4.63) подчиняется  $F$ -распределению с  $\nu_1 = \ell - 1$  и  $\nu_2 = \ell - 1$  степенями свободы, и поэтому правило проверки гипотезы  $H_0(m)$  состоит в проверке условия

$$F > F_{\nu_1, \nu_2, \alpha}. \quad (4.65)$$

Если это условие выполняется, то гипотеза  $H_0(m)$  в равенстве средних отклоняется, а в противном случае принимается.

#### 4.9. ОЦЕНКА НОРМАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ

В математической статистике разработаны критерии проверки нормальности распределения случайных величин. Несколько таких критериев рассмотрено в [144, 145]. Из этих критериев наиболее подходящие для применения в методике оценки производственных решений критерии, основанные на характерных свойствах коэффициента асимметрии  $\beta_1$  и среднего абсолютного отклонения  $\theta = M|X - m|$ . Эти критерии просто

реализуются на ЭВМ различных типов, обеспечивая большее по сравнению с другими критериями быстрдействие.

В случае нормального распределения коэффициент асимметрии  $\beta_1=0$ , а среднее абсолютное отклонение  $\Theta$  выражается через среднеквадратическое

отклонение  $\sigma = \sqrt{M[(X - m)^2]}$  соотношением  $\theta/\sigma = \sqrt{2/\pi}$ . Для оценки этих характеристик в условиях производства можно использовать их оценки

$$\hat{\beta}_1(n) = \frac{1}{n(S^*)^3} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3; \quad (4.66)$$

$$d_n = \frac{1}{nS^*} \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|; \quad (4.67)$$

где

$$S^* = \sqrt{\bar{X}^2 - (\bar{X})^2}; \quad \bar{X}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2; \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

Статистика  $\hat{\beta}_1(n), d_n$  распределена асимптотически нормально с параметрами [145]:

$$M(\hat{\beta}_1(n)) = 0, \quad D(\hat{\beta}_1(n)) = \frac{G(n-2)}{(n+1)(n+3)}; \quad (4.68)$$

$$M(d_n) = \frac{2}{\sqrt{\pi(n-1)}} \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(1 + \frac{2}{8n-9} + o\left(\frac{1}{n^3}\right)\right); \quad (4.69)$$

$$D(d_n) = \frac{1}{n} \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \left( \sqrt{n(n-2)} + \arcsin \frac{1}{n-1} \right) \right\} - \frac{n-1}{\pi} \left( \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \right)^2 = \frac{1}{n} \left( \left(1 - \frac{3}{\pi}\right) - \frac{1}{4\pi n} + o\left(\frac{1}{n^2}\right) \right).$$

Критические квантили для критериев  $\hat{\beta}_1(n), d_n$  затабулированы в табл. [145].

При реализации на ЭВМ процедуры проверки нормальности производственных координат можно использовать формулы, полученные из (4.68), (4.69)

$$\beta_1(n, Q) \approx z_{1-\alpha} \sqrt{\frac{G(n-2)}{(n+1)(n+3)}}; \quad (4.70)$$

$$d_{n,Q} \approx \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left( 1 + \frac{2}{8n-9} \right) + z_{1-Q} \frac{1}{n} \left( \left( 1 - \frac{3}{\pi} \right) - \frac{1}{4\pi n} \right); \quad (4.71)$$

$$d_{n,1-Q} \approx \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left( 1 + \frac{2}{8n-9} \right) + z_{1-Q} \frac{1}{n} \left( \left( 1 - \frac{3}{\pi} \right) - \frac{1}{4\pi n} \right); \quad (4.72)$$

где  $z_{1-Q}$  определяется по формуле (4.37) или (4.38).

Алгоритм проверки нормальности распределения производственных координат состоит в следующем.

1. По данным измерений  $X=(X_1, \dots, X_n)^T$  вычисляют наблюдаемые значения критериев  $\hat{\beta}_1(n)$  (4.66) и  $d_n$  (4.67).

2. Задавшись значением  $Q=0,01; 0,05$  и используя объем выборки  $n$  по табл. [145] или по формуле (4.70) находят величину 100 Q %-й точки  $\hat{\beta}_1(n, Q)$ .

3. По величинам  $Q$  и  $n$  по табл. [145] или по формулам (4.71), (4.72) находят величины 100 Q %-й точки и 100 1-Q-й точки  $d_{n,1-Q}$ .

4. Проверяют условия

$$\begin{cases} \hat{\beta}_1(n) < \beta_1(n, Q); \\ d_{n,1-Q} < d_n < d_{n,Q}. \end{cases} \quad (4.73)$$

Если эти условия выполняются, то гипотеза  $H_0$ ; параметр распределен по  $(X \in N(m, \sigma))$  принимается. Если хотя бы одно из неравенств (4.73) окажется нарушенным, то гипотеза  $H_0$  отвергается с уровнем значимости [144]:  $Q < \alpha < 2Q - Q^2$ .

#### 4.10. АЛГОРИТМ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ НАУЧНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ

В алгоритме реализуется разработанная методика оценки научных и производственных решений. Каждое решение, по которому в производство и в НТП внедрены определенные мероприятия, считается эффективным, если оно привело к статистически значимому изменению некоторых координат  $X_j$  вектора, характеризующего ЭНТП и производство  $X=(X_1, \dots, X_j, \dots, X_m)^T$ .

Предполагается, что в АСЦУ ЭНТП организован процесс измерения технико-экономических показателей с заданной точностью и имеется система сбора результатов этих измерений.

##### 1. Исходные данные.

В качестве исходных данных используются таблицы, в которых помещены значения координат.

Исходные данные 1- $\alpha$ 

$i$	Наименование координат единица		

В таблице ИК индекс означает номер таблицы исходных данных в совокупности, включающей в себя определенные уровни воздействующих на производство и на ЭНТП факторов. Например, определенные режимы испытаний, периоды производственной деятельности, виды технологий и т. д. Таблицы ИК могут составляться вручную либо формироваться из банка данных, организованного на машинных носителях. В каждом столбце помещаются зафиксированные в порядке поступления величины конкретного производственного показателя. Алгоритм обеспечивает следующий объем информации, используемый в одном цикле работы:  $k \leq 50; m \leq 100; n \leq 1000$ . В столбцах таблицы ИК допускаются пропуски, которые обозначаются символом "-". 1- $\alpha$  в таблице ИК означает доверительную вероятность.

2. По данным таблицы  $n-k$  составляют таблицу координирования координат табл. ИК, в которой каждая координата столбец таблицы  $n-k$  обозначается символом  $X_j, j = \overline{1, m}$ .

Таблица 1К

## Условные обозначения координат

$i$	Наименование координаты	Единица	Обозначение
1	...	...	$X_1$
...	...	...	...
$\alpha$	...	...	$X_m$

Табл. 1К выводится на печать. В зависимости от целей и задач оценки производственных решений предусмотрено два режима сравнения: парное (PSP) и множественное (MSP). Для каждого из режимов предварительно составляются таблицы исходных данных (табл. 2К).

В строках  $max, min$  указывается соответственно соответственные максимальные и минимальные значения каждой координаты, а в строке  $R_x$  — величина размаха

$$R_x^k = X_{\max j}^k - X_{\min j}^k.$$

## Исходные данные

$i$	$X_j$			
	1	2	...	$m$
1	$X_{11}$	$X_{12}$	...	$X_{1m}$
2	$X_{21}$	$X_{22}$	...	$X_{2m}$
...	...	...	...	...
$n$	$X_{n1}$			$X_{nm}$
max				
min				

 $R_x$ 

Далее для каждого столбца табл. 2К определяются следующие характеристики.

3. Непосредственным подсчетом определяют число наблюдений  $n_j^k$ .

4. Вычисляют среднеарифметическое  $\bar{X}_j^k$  и выборочную дисперсию  $S_j^{k2}$ :

$$\bar{X}_j^k = \frac{1}{n_j^k} \sum_{i=1}^{n_j^k} X_{ij}^k;$$

$$S_j^{k2} = \frac{n_j^k}{n_j^k - 1} \left( \bar{X}_j^{k2} - (\bar{X}_j^k)^2 \right);$$

$$S_j^k = \sqrt{S_j^{k2}};$$

$$\bar{X}_j^{k2} = \frac{1}{n_j^k} \sum_{i=1}^{n_j^k} X_{ij}^{k2}.$$

5. Вычисляют выборочный коэффициент асимметрии  $\hat{\beta}_{1j}^k(n)$  и выборочное значение  $d_{nj}^k$

$$\hat{\beta}_{1j}^k(n) = \frac{1}{n_j^k (S_j^k)^3} \sum_{i=1}^n (X_{ij}^k - \bar{X}_j^k)^3,$$

$$d_{1j}^k = \frac{1}{n_j^k S_j^{*k}} \sum_{i=1}^{n_j^k} |X_{ij}^k - \bar{X}_j^k|,$$

$$S_j^{*k} = \sqrt{\bar{X}_j^{k2} - \bar{X}_j^k{}^2}.$$

6. Вычисляют критические статистики:

$$\hat{\beta}_1(n_j^k, \Theta) = z_{1-Q} \sqrt{\frac{G(n_j^k - 2)}{(n_j^k + 1)(n_j^k + 3)}};$$

$$d_{n_j^k, Q} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left( 1 + \frac{2}{8n_j^k - 9} \right) + z_{1-Q} \frac{1}{n_j^k} \left( \left( 1 - \frac{3}{\pi} \right) - \frac{1}{4\pi n_j^k} \right),$$

$$d_{n_j^k, 1-Q} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left( 1 + \frac{2}{8n_j^k - 9} \right) - z_{1-Q} \frac{1}{n_j^k} \left( \left( 1 - \frac{3}{\pi} \right) - \frac{1}{4\pi n_j^k} \right),$$

где  $z_{1-Q}$  — квантиль нормального распределения:

$$z_{1-Q} = \sum_{i=1}^j d_i \left( -\ell n \left( 1 - 4 \left( \beta - \frac{1}{2} \right)^2 \right) \right)^i;$$

$$Q = \alpha; \beta' = 1 - \alpha; a_1 = \frac{\pi}{2}; a_2 = 0,370068870 \cdot 10^{-1}; a_3 = 0,83209445 \cdot 10^{-2};$$

$$a_4 = -0,23234530 \cdot 10^{-3}.$$

7. Проверяют выполнение условий:

$$\begin{cases} \left| \hat{\beta}_{1j}^k(n) \right| < \hat{\beta}_1(n_j^k, Q); \\ d_{n_j^k, 1-Q} < d_{n_j^k}^k < d_{n_j^k, Q}. \end{cases}$$

Если хотя бы одно из этих неравенств нарушается, следует перейти к п. 8, иначе — к п. 9.

8. Выполнить нормальное преобразование  $j$ -го столбца: составить упорядоченный статистический ряд

Номер наблюдения в таблице 2К			...	...
$i_1$	1	2	...	$n_j^k$
$X_{i_1, j}^k$	$X_{11}^k$	$X_{21}^k$		$X_{n_j^k}^k$

Подсчитать частоту появления каждого значения  $m_{i_1, j}^k$ , вычислить

накопленные  $M_{i,j}^k$  частоты и эмпирическую функцию распределения  $F_{i,j}^k$

$$M_{i,j}^k = M_{i-1,j}^k + m_{i,j}^k; \quad i = \overline{2, \ell_j^k};$$

$$M_{1,j}^k = m_{1,j}^k;$$

$$F_{i,j}^k = 0,99 \frac{M_{i,j}^k}{n_j^k}.$$

Составить таблицу распределения:

Номер по таблице 2К	l		$n_j^k$
$F_{ij}^k$	$F_{1j}^k$		$F_{nj}^k, j$

Вычислить квантили нормального распределения:

$$z_{ij}^k = t_{ij}^k - \frac{\sum_{p=0}^2 C_p t_{ij}^{kp}}{\sum_{p=0}^3 d_p t_{ij}^{kp}}. \quad (4.74)$$

где  $t_{ij}^k = \sqrt{-2\ell n(1 - F_{ij}^k)}$ ;  $0,5 \leq F_{ij}^k < 1$ ;  $C_0 = 2,515517$ ;  $C_1 = 0,802853$ ;  $C_2 = 0,010328$ ;  
 $d_0 = 1$ ;  $d_1 = 1,432788$ ;  $d_2 = 0,189269$ ;  $d_3 = 0,001308$ ; при  $0 \leq F_{ij}^k < 0,5$ ,

$$z_{ij}^k(F_{ij}^k) = -z_{ij}^k(1 - F_{ij}^k),$$

т. е. при  $t_{ij}^k = -\sqrt{2\ell n F_{ij}^k}$ .

Определить для преобразованной случайной величины с нормальным законом распределения числовые характеристики, среднюю  $\bar{X}_j^k(N)$  выборочную дисперсию  $S_j^{k2}(N)$

$$\bar{X}_j^k(N) = X_{\max j}^k - S_j^k(N) z_{\max j}^k;$$

$$S_j^{k2}(N) = \left( \frac{X_{\max j}^k - X_{\min j}^k}{z_{\max j}^k - z_{\min j}^k} \right)^2.$$

9. Положить  $\bar{X}_j^k = \bar{X}_j^k(N)$ ;  $S_j^{k2} = S_j^{k2}(N)$ .

10. Выбрать вид сравнения выборок из производственных данных —



парное /PSP/ или множественное /MSP/ — и проверить гипотезы о равенстве средних и дисперсий.

11. Парное сравнение /PSP/.

11.1. Назначить номера таблицы К, Р, подлежащих сравнению.

11.2. Проверить гипотезу о равенстве дисперсий  $H_0: \sigma_j^2 = \sigma_j'^2$ , вычислить наблюдаемое значение  $F$ -критерия:

$$F_{крj} = \frac{S_j^{k^2}(1)}{S_j^{k^2}(2)},$$

где  $S_j^{k^2}(1)$  — большая, а  $S_j^{k^2}(2)$  — меньшая из двух сравниваемых дисперсий  $S_j^{k^2}(N)$ ,  $S_j^{p^2}(N)$ .

Вычислить критическую квантиль  $F$ -распределения:

$$F_{j(v_1, v_2), \frac{\alpha}{2}} \approx e^{2w};$$

$$w = \frac{z_p(h + \lambda)^{1/2}}{h} - \left( \frac{1}{2b-1} - \frac{1}{2a-1} \right) \left( \lambda + \frac{5}{6} - \frac{2}{3h} \right);$$

$$h = 2 \left( \frac{1}{2a-1} - \frac{1}{2b-1} \right); \lambda = \frac{z_p^2 - 3}{6}; b = \frac{v_1}{2}; a = \frac{v_2}{2}; v_1 = n_1 - 1; v_2 = n_2 - 1;$$

где  $n_1, n_2$  — числа наблюдений в столбцах, для которых определены дисперсии  $S_j^{k^2}(1), S_j^{k^2}(2)$ ;  $z_p$  — квантиль нормального распределения, определяемая по (4.59) при  $p = 1 - \frac{\alpha}{2}$  для двухсторонней доверительной области,  $p = 1 - \alpha$  — для односторонней.

Проверить условие  $F_{крj} > F_j(v_1, v_2), \frac{\alpha}{2}$ . Если условие не выполняется, то различие между дисперсиями  $\sigma_j^{k^2}$  и  $\sigma_j'^2$  считается незначимым, эта ситуация обозначается  $[\sigma^2] = 0$  и осуществляется переход к п.11.3, иначе — к п. 11.4.

11.3. Проверить гипотезу о равенстве средних  $H_0: m_j^k = m_j^p$  когда  $\sigma_j^{k^2} = \sigma_j'^2$ . Вычислить наблюдаемое значение  $t$ -критерия:

$$t_j(кр) = \frac{|\bar{X}_j^k(N) - \bar{X}_j^p(N)|}{S_j(кр)};$$

$$S_j^2(кр) = \frac{1}{n_j^k + n_j^p - 2} \left( (n_j^k - 1)S_j^{k^2}(N) + (n_j^p - 1)S_j^{p^2}(N) \right) \left( \frac{1}{n_j^k} + \frac{1}{n_j^p} \right).$$

Вычислить критическую квантиль  $t$ -распределения:

$$t_j(\kappa p)_{\beta'} = \sum_{i=0}^4 g_i(z_{\beta'}) \downarrow v^i,$$

где  $\beta' = 1 - \frac{\alpha}{2}$ ;  $n_j = n_j^k + n_j^p - 2$ ;  $v = n_j - 1$ ;  $g_0 = z_{\beta'}$ , см. (4.59) при  $F_{ij}^k = \beta'$ :

$$g_1(z_{\beta'}) = \frac{1}{4}(z_{\beta'}^3 + z_{\beta'});$$

$$g_2(z_{\beta'}) = \frac{1}{96}(5z_{\beta'}^5 + 16z_{\beta'}^3 + 3z_{\beta'});$$

$$g_3(z_{\beta'}) = \frac{1}{384}(3z_{\beta'}^7 + 19z_{\beta'}^5 + 17z_{\beta'}^3 - 15z_{\beta'});$$

$$g_4(z_{\beta'}) = \frac{1}{92160}(79z_{\beta'}^9 + 776z_{\beta'}^7 + 1482z_{\beta'}^5 - 1920z_{\beta'}^3 - 945z_{\beta'}).$$

Проверить условие  $t_j(\kappa p) > t_j(\kappa p)_{\beta'}$ . При невыполнении этого условия различие между средними  $m_j^k$ ,  $m_j^p$  считается незначимым, полагаем  $[m]=0$ , иначе  $[m]=1$ . Символом обозначено понятие "значимость различий".

11.4. Проверить гипотезу о равенстве средних  $H_0: m_j^k = m_j^p$  для случая неравных дисперсий.

Определить число степеней свободы:

$$\tilde{v}_j = \frac{(S_j^{k2}(N)/n_j^k + S_j^{p2}(N)/n_j^p)^2}{\frac{(S_j^{k2}(N)/n_j^k)^2}{n_j^k - 1} + \frac{(S_j^{p2}(N)/n_j^p)^2}{n_j^p - 1}}.$$

Вычислить наблюдаемое значение  $\tilde{t}$ -критерия:

$$t = \frac{|\bar{X}_j^k(N) - \bar{X}_j^p(N)|}{\sqrt{\frac{S_j^{k2}(N)}{n_j^k} + \frac{S_j^{p2}(N)}{n_j^p}}}.$$

Далее — по п. 11.3.

11.5. Печатать результаты сравнения в виде табл. 3К, 4К.

12. Множественное сравнение (MSP).

12.1. Назначить номера таблиц, подлежащих сравнению.

12.2. Проверить гипотезу о равенстве дисперсий  $H_0$ :

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_2^2.$$

Вычислить наблюдаемое значение критерия Бартлетта:

Парное сравнение. Числовые характеристики

Номера таблиц К	I				
	$\bar{X}_j$	$S_j$	$S_{\bar{X},j}$	$n_j$	
Координаты $X_j$	$\bar{X}_j$	$S_j$	$S_{\bar{X},j}$	$n_j$	...
I	$\bar{X}_I$	$S_I$	$S_{\bar{X}}^I$	$n_I^I$	...
...	...	...	...	...	...
m	$\bar{X}_m^I$	$S_m^I$	$S_{\bar{X},m}^I$	$n_m^I$	...

Таблица 4К

Значимость парных различий

Координаты $X_j$	Сравниваемые таблицы РК	Значимость различий	
		средние [m]	дисперсии [ $\sigma^2$ ]
I	P - K	...	...
...	...	...	...

$$\lambda = q \sum_{k=1}^{\ell} (n_k - 1) \ell n \left( \frac{S^2}{S_k^2} \right),$$

$$\text{где } S^2 = \frac{2}{\sum_{k=1}^{\ell} n_k - \ell} \sum_{k=1}^{\ell} (n_k - 1) S_k^2; S^2 = S^2(N); S_k^2 = S_k^2(N);$$

$$q = \left[ 1 + \frac{1}{3(\ell - 1)} \left( \sum_{k=1}^{\ell} \frac{1}{n_k - 1} - \frac{1}{\sum_{k=1}^{\ell} n_k - \ell} \right) \right]^{-1}.$$

Вычислить критическую квантиль  $\chi^2$ -распределения:

$$\chi_{\alpha, \nu}^2 = \left( 1 - \frac{2}{90} + z_{1-\alpha} \sqrt{\frac{2}{90}} \right),$$

где  $\nu = \ell - 1$ ;  $z_{1-\alpha}$  — квантиль нормального распределения, определяемая по (4.59).

Проверить условие  $\lambda \geq \chi_{\alpha, \nu}^2$ . Если условие не выполняется, то различие между сравниваемыми дисперсиями считается незначительным. Эта ситуация обозначается символом  $[\sigma^2]_j = 0$  и осуществляется переход к п. 12.3, иначе — к п. 12.4.

12.3. Проверить гипотезу о равенстве средних  $H_0(m)$ :

$$m_1 = m_2 = \dots m_l.$$

Вычислить наблюдаемое значение  $F$ -критерия:

$$F = \frac{\frac{1}{\ell - 1} \sum_{k=1}^{\ell} n_k (\bar{X}_k - \bar{X})^2}{S^2},$$

$$\text{где } X = \frac{\sum_{k=1}^{\ell} n_k \bar{X}_k}{\sum_{k=1}^{\ell} n_k}; \quad \bar{X} = \bar{X}(N); \quad \bar{X}_k = \bar{X}_k(N).$$

Вычислить критическую квантиль  $F$ -распределения  $F_{v_1, v_2, \alpha}$  при  $v_1 = \ell - 1$ ;  $v_2 = n - \ell$ .

Проверить условие  $F \geq F_{v_1, v_2, \alpha}$ . Если условие не выполняется, то различие между средними считается незначительным, полагают  $[m]_j = 0$ , иначе  $[m]_j = 1$ .

12.4. Сравнения средних не производить, в графе "средние" табл. 4КМ печатать "-".

12.5. Печатать табл. 3КМ, 4КМ.

Таблица 3КМ

Множественное сравнение числовых характеристик

Номера таблиц К	I				...
	$\bar{X}_j$	$S_j$	$S_{\bar{X}_j}$	$n_j$	
Координаты $X_j$	$\bar{X}_j$	$S_j$	$S_{\bar{X}_j}$	$n_j$	...
I	$\bar{X}_I^1$				...
...	...	...	...	...	...
m	$\bar{X}_m^1$	$S_m^1$	$S_{\bar{X}_m}^1$	$n_m^1$	...

13. Если в каком-либо столбце  $K$ -й таблицы отсутствуют данные, то в  $K$ -й строке табл. 3К, 3КМ ставится "-", в  $K$ -й строке табл. 4К печатается "нет".

Значимость множественных различий

Координаты $X_j$	Сравниваемые таблицы	Значимость различий	
		средние [m]	дисперсии [ $\sigma^2$ ]

сравнения".

14. Доверительная вероятность печатается в реквизите в виде БЕТА.

Программное обеспечение алгоритмов PSP и MSP разработано в Винницком политехническом институте, опробовано на реальных производственных данных и включено в состав программного обеспечения АСУ-надежность.

Таким образом: рассмотрены статистические модели и алгоритмы оценки точности принятия решений при управлении ЭНТП, модели статистического критерия проверки гипотезы о существенности различия производственных координат на основе отношения правдоподобия, сравнения средних, дисперсий, долей признаков в двух и нескольких выборках, математические модели оценки характера распределения производственных координат, а также обобщенный алгоритм оценки точности научных и производственных решений.

## **Глава 5. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМ ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНТП, БП**

### **5.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕЛЕВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ПРОГРАММ ЭНТП, БП**

Основные направления перестройки могут быть определены как основы стратегии развития общественного строительства, народного хозяйства, образования, науки, культуры и искусства [152—155].

ЭНТП, БП предстоит увеличить вклад в реализацию грандиозных планов, обеспечить более полное и устойчивое удовлетворение потребности народного хозяйства в новых машинах и технологиях, в специалистах, способных активно использовать интенсивные факторы экономического роста, выступать в роли участников и инициаторов социального, экономического и научно-технического прогресса на основе широкого использования в планировании и управлении метода целевых программ. Необходимо разработать и включить в план организационных мероприятий развития целевые экономические и научно-технические комплексные программы по основным направлениям деятельности предприятий — цели первого уровня:

- 01.00.00 «Планирование и реализация продукции; маркетинг»;
- 02.00.00 «Развитие науки»;
- 03.00.00 «Подготовка и переподготовка кадров»;
- 04.00.00 «Оперативное управление; бизнес; маркетинг»;
- 05.00.00 «Стратегическое управление»;
- 06.00.00 «Международное сотрудничество»;
- 07.00.00 «Развитие материально-технической базы, жилищно-бытовых условий»;
- 08.00.00 «Подразделение — цех»;
- 09.00.00 «Подразделение — участок»;
- 10.00.00 «Конструкторское бюро»;
- 11.00.00 «Работник; бизнесмен; маклер»;
- 12.00.00 «Управление целевыми научно-техническими комплексными программами».

План организационных мероприятий и целевые экономические и научно-

технические комплексные программы должны быть разработаны на основе целевых комплексных программ страны [156] и направлены на дальнейшее повышение эффективности науки и производства, качества продукции.

Программно-целевые методы реализуют генеральную идею: для повышения эффективности коллективного труда необходимо предупреждать его потери, обусловленные несогласованностью действий исполнителей [157]. Целевые методы направлены на обеспечение единства ЭНТП и производства, упорядочение коллективных производственных процессов, согласование целей каждого исполнителя с целью коллектива, согласование целей коллектива с ресурсными возможностями [25].

Цель — это декларация о требуемом результате.

Правильная формулировка цели должна:

- начинаться с глагола неопределенной формы в повелительном наклонении, характеризующего выполняемое действие;
- корректировать требуемый конечный результат;
- корректировать заданный срок достижения цели;
- корректировать максимальную и минимальную величину затрат;
- дать количественную характеристику требуемого результата работ, необходимую для подтверждения фактора достижения цели;
- оговорить только то, "что" и "когда" должно быть сделано, не вдаваясь в детали "как" и "почему" это должно быть сделано;
- отвечать непосредственно целевому назначению и функциональным обязанностям данного управляющего и его прямых руководителей;
- быть понятной всем, кто будет работать для ее достижения;
- быть реальной и достижимой, но не легкой;
- обеспечить большую отдачу от затрат времени и ресурсов по сравнению с другими возможными целями;
- быть реализуемой в пределах наличного или гарантированного объема ресурсов;
- исключить или минимизировать возможность двойной ответственности за результаты совместных работ;
- соответствовать основным принципам и методам работы подразделения и предприятия в целом;
- совпадать с интересами исполнителей и не вызывать серьезных конфликтов в организации;
- фиксироваться в письменном виде, а копии следует хранить для справок у руководителя и подчиненного;
- согласована руководителем в личной беседе с подчиненными.

Целевое управление — это управление при стремлении к ясной и четкой цели или желаемым результатам работы путем формирования реальных программ, их реализации, четкой оценки параметров работ, измерения конкретных результатов, корректировки по этапам достижения поставленной цели.

Таким образом, целевое управление существенно отличается от реактивного, когда управление ведется как реакция на событие.

Целевое управление — это профессиональный подход к управлению, ориентированный на конечный результат и позволяющий установить:

— что должно быть сделано (после тщательного функционально-стоимостного анализа — почему должно быть сделано), с определением степени предпочтительности работ;

— когда и что должно быть сделано;

— сколько это будет стоить;

— кто должен делать;

— в какой взаимосвязи с окружающей средой и в какой кооперации;

— какие параметры работ следует контролировать и когда;

— что сделано для достижения цели;

— какие и когда должны быть предприняты корректирующие действия.

Управление включает следующие основные функции (рис. 5.1):

1. Функцию планирования, состоящую из:

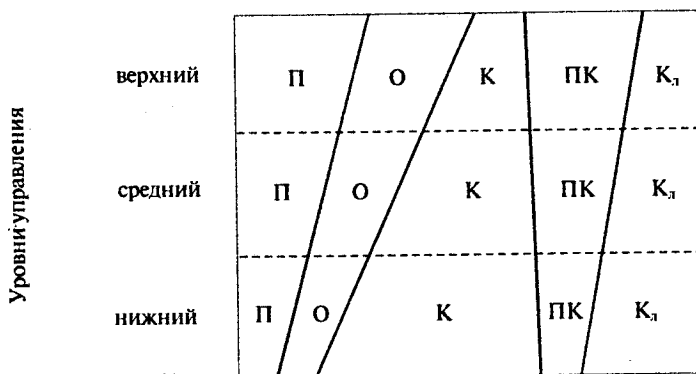
— определения характера и спектра работ на перспективу;

— прогнозирования;

— постановка целей;

— программирования;

— разработка временного графика;



Доля времени управляющего, %

П - планирование

О — организация

К— координация

ПК — подбор кадров

К<sub>н</sub> — контроль

Рис. 5.1. Доля времени, уделяемая управляющим планированию, организации, координации, подбору кадров и контролю



- составление бюджета;
- формирования общих правил действий, составления руководящих документов и выработка принципиальных решений;
- отработка целесообразных и систематизированных методов выполнения работ.

2. Функцию организации, включающую классификацию и разбиение работ по элементам на основе структуризации и интеграции.

3. Функцию подбора, расстановки и обучения кадров.

4. Функцию координации, включающую распределение заданий: стимулирование, обеспечение коммуникаций, согласование.

5. Функцию контроля, состоящую из создания нормативов, измерения параметров работ и выполнения корректирующих действий.

Главными функциями управления являются планирование и контроль (рис. 5.2).

Если систему управления разбить на нижний, средний и верхний уровни, то доля времени, отводимая различным работам будет различной.

Программирование — это процесс дробления по элементам работ, необходимых для достижения цели.

При программировании целей необходимо:

- изучить ситуации и выбрать метод;
- обеспечить согласие и поддержку;
- разработать и опробовать план;
- внедрить и ввести наблюдение за реализацией.

## 5.2. АЛГОРИТМ ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Алгоритм целевого управления можно подразделить на следующие основные составляющие:

1. *Конкретизация целевого назначения и функциональных обязанностей, определение природы и спектра полученных работ:*

- выявление содержания целевого назначения и функциональных обязанностей организации либо на базе документированной декларации, либо на основе собственного функционально-стоимостного анализа;

- выявление содержания целевого назначения и функциональных обязанностей функциональной единицы, в состав которой входит подразделение, включая целевое назначение и функциональные обязанности непосредственного руководителя;

- подготовка декларации о целевом назначении исполнителя и функциональных обязанностях, включив в нее экономические, функциональные и другие обязательства, которые предполагается принять для подразделения и указать элементы, наиболее характерные для выполнения работ;

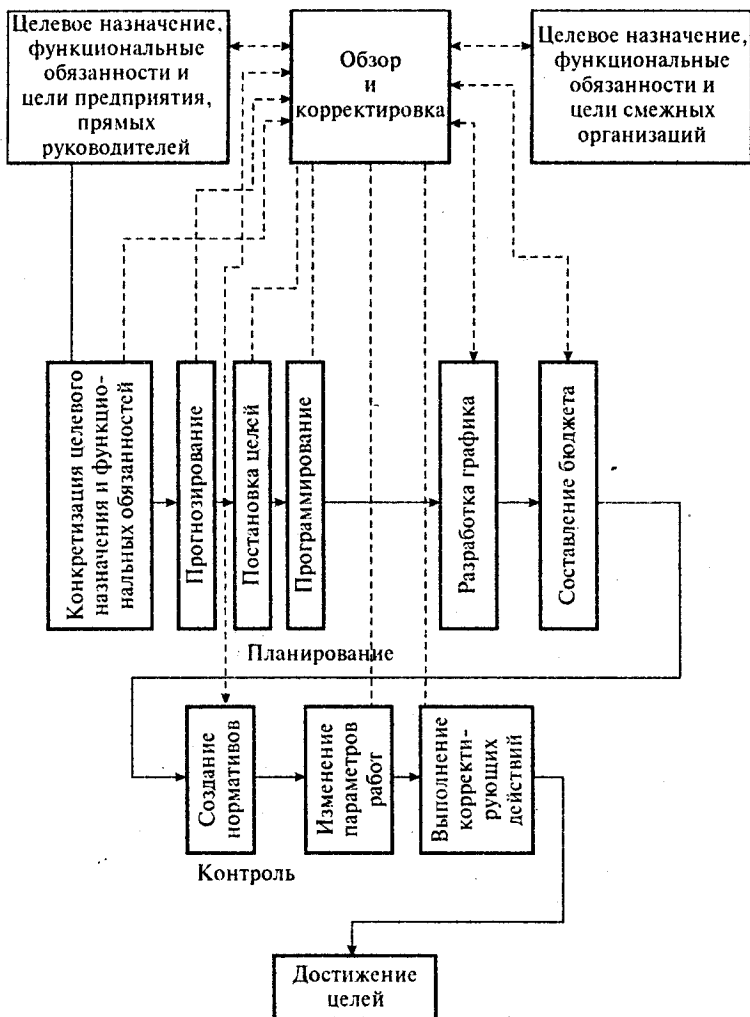


Рис. 5.2. Алгоритм целевого управления

— проверка соответствия декларации исполнителя контролю для оценки декларации "о целевом назначении и функциональных обязанностях", обсудить ее с руководителем, ведущими подчиненными и компетентными коллегами;

— получение утверждения руководителя и ознакомление с декларацией всех имеющих к ней отношение.

## 2. Прогнозирование (оценка будущего):

— определение объекта прогнозирования (производство материальной части или информационное обеспечение, предоставление услуг, проектирование и длительность прогнозируемого периода изделий и пр.);

— определение наиболее важных факторов, относящихся к количеству и качеству изделий, стоимости и срокам работ, которые должны быть изучены вами с позиций "потребителя";

— определение потребности в основных ресурсах (рабочая сила специальной квалификации, инструмент и оборудование, производственные площади, материал);

— определение и оценка всех остальных существенных факторов, которые могут прямо или косвенно сказаться на результатах работ в прогнозируемом периоде.

## 3. Постановка целей (определение конечного реального и потенциального результата работ):

— на основе декларации о целевом назначении и функциональных обязанностях и результатах прогноза указываются виды работ или конкретные усовершенствования, которые представляются в виде целей (используется три вида анализа, см. рис. 5.3);

— определяются средства измерения (единицы, проценты, затраты, контрольные рубежи работ и пр.), которые будут служить показателями допустимых параметров работ по достижению каждой цели;

— определяются реальные и контролируемые координаты работ по каждой цели на прогнозируемый период;

— устанавливается степень предпочтений для каждой из выявленных целей и определяется каким из них следует уделять наибольшее внимание;

— формируется каждая цель в виде, позволяющем использовать ее в качестве эффективного средства управления (см. "Правила формулировки целей");

— проверяется соответствие предлагаемых формулировок целей "контрольным параметрам для оценки целей" и обсуждаются с руководителем, ведущими подчиненными, компетентными коллегами и другими заинтересованными лицами;

— утверждается руководителем и удостоверяется, что все заинтересованные лица правильно понимают задачи.

## 4. Программирование (создание плана действий по достижению целей):

— планирование работ по достижению целей идет в следующей последовательности: изучение ситуации и выбор метода; обеспечение согласия и поддержки; разработка плана; дача обзора и убеждения в справедливости плана; внедрение плана; наблюдение за реализацией;

— для крупных программ определяются: основные этапы работ,

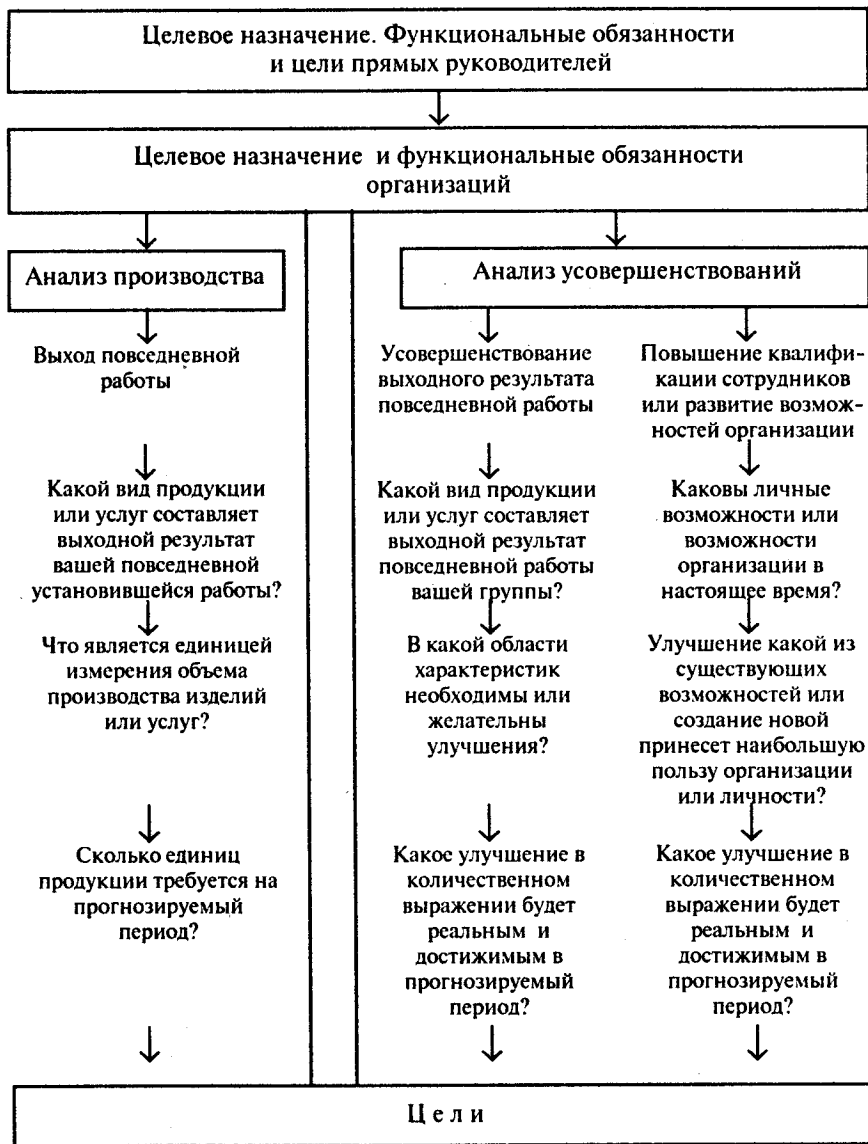


Рис. 5.3. Анализ целей

необходимые для достижения результатов, обусловленных целью;

— степень предпочтительности для каждого главного этапа; структура работ по главным задачам;

— всегда, когда это возможно, определяются содержание этапов программ подчиненным, которые, как ожидается, будут их выполнять (эти этапы могут стать целями работ соответствующих подчиненных);

— проверяется соответствие предлагаемых этапов работ "контрольным вопросам для оценки этапов программы" и обсуждаются со всеми заинтересованными лицами.

5. *Разработка графиков, определение вероятностей выполнения задач, временных параметров целей и программ* (рис. 5.4):

— определение календарных сроков по этапам программы;

— подтверждение или уточнение (при необходимости) плановых сроков достижения цели.

6. *Составление бюджета* (определение и распределение ресурсов, требуемых для достижения цели):

— определение затрат (труда, материалов, производственных мощностей) по каждому этапу программы;

— подтверждение или уточнение (при необходимости) плановой оценки затрат на достижение целей;

— определение наличия необходимых ресурсов в требуемом объеме.

7. *Обзор и корректировка* — постоянный процесс, сопровождающий все виды работ, составляющих целевое управление, в результате которого

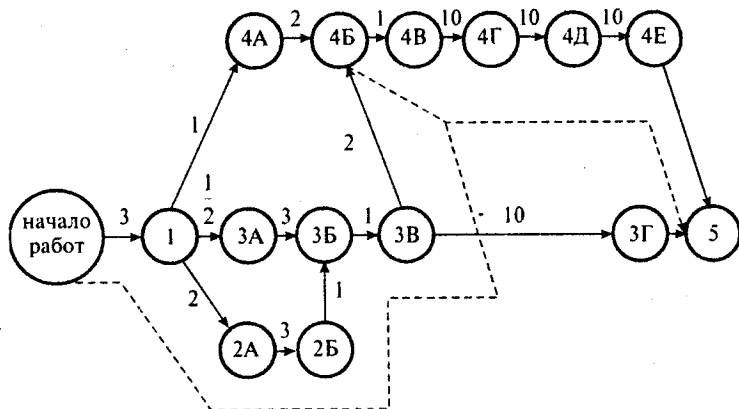


Рис. 5.4. Сетевой график ПЕРТ

Обозначения: — кружки с номерами и буквами отражают события или виды работ;

— цифры над стрелками указывают число, например, календарных дней;

— штриховой линией отмечен критический путь

уточняются планы работы по достижению цели. После завершения каждого этапа планирования рекомендуется проводить обзор состояния работ, пользуясь "контрольными вопросами для обзора и корректировки планов".

8. *Создание нормативов* (определение шкалы для измерения эффективных значений параметров работ по достижению целей);

— определение объекта измерения;

— определение шкалы отсчета (выраженную числом рублей, процентов, сроками завершения работ, соответствующим значениям эффективных параметров работ).

9. *Измерение параметров работ, определение плановых и фактических параметров работ:*

— выбор метода или методов измерения, позволяющих получить необходимую перспективу в оценке параметров работ, при минимальных затратах времени и труда;

— оценка соответствия выбранных методов "контрольным вопросам для оценки методов контрольных измерений";

— внедрение выбранных методов измерения.

10. *Выполнение корректирующих действий, получение желаемых параметров работ по достижению целей:*

— определение отклонений в параметрах работ, требующих корректирующих действий;

— определение вероятной причины этих отклонений.

11. *Реализация подходящих видов корректирующих действий* (самокорректировка, оперативные или управленческие действия).

12. *Достижение целей.*

Необходимо подчеркнуть, что совершенно необязательно в каждом конкретном случае использовать все рассмотренные этапы целевого управления. Однако, эффективный управляющий должен быть знаком со всем процессом целевого управления и каждый раз обдуманно решать, какая его часть или части позволяют ему повысить эффективность управления работами на основе применения Q-графов.

### 5.3. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕЛЕВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ ПРОГРАММ (ЦЭНТКП)

При управлении предприятием реализуются целевые, основные и дополнительные функции.

Целевое управление можно рассматривать как некоторый информационный процесс [56] реализации прогнозируемых функций.

При выводе критерия оценки эффективности и качества ЦЭНТКП прежде всего необходимо потребовать от них, чтобы они действительно характеризовали эффективность качества и оптимальности программ.

Количество информации, получаемое при реализации ЦЭНТКП за интервал времени  $t, \tau$

$$I_p(t, \tau) = H_0(t, \tau) - H(t, \tau), \quad (5.1)$$

где

$$H_0(t, \tau) = -\left[ P_0(t, \tau) \log_2 P_0(t, \tau) + \bar{P}_0(t, \tau) \log_2 \bar{P}_0(t, \tau) \right] \quad (5.2)$$

— энтропия ЦКП, характеризующая неопределенность до начала процесса управления;  $P_0(t, \tau)$  — вероятность достижения цели или ее определенных параметров до начала процесса управления:

$$H(t, \tau) = -\left[ P(t, \tau) \log_2 P(t, \tau) + \bar{P}(t, \tau) \log_2 \bar{P}(t, \tau) \right] \quad (5.3)$$

— оставшаяся энтропия ЦКП после управления;  $P(t, \tau)$  — вероятность достижения цели или ее определенных параметров после управления.

Уравнение (5.1) характеризует реальную информационную возможность ЦКП; потенциальная возможность ЦКП определяется равенством

$$I_n(t, \tau) = H_0(t, \tau). \quad (5.4)$$

Эффективность ЦКП с информационной точки зрения можно оценить критерием

$$\Theta_I(t, \tau) = \frac{I_p(t, \tau)}{I_n(t, \tau)}, \quad (5.5)$$

или с учетом равенства (5.1), (5.4)

$$\Theta_I(t, \tau) = \frac{H_0(t, \tau) - H(t, \tau)}{H_0(t, \tau)}. \quad (5.6)$$

Критерий (5.6) имеет физический смысл и действительно характеризует эффективность ЦКП однозначно некоторым числом, изменяющихся от 0 до 1; при этом идеальная ЦКП имеет эффективность равную 1, реальная —  $\Theta_I < 1$ ;  $\Theta_I \leq 0$  применять ЦКП не имеет никакого смысла, так как она при  $\Theta_I = 0$  не дает информации, а при  $\Theta_I < 0$  дает дезинформацию; критерий достаточно полно учитывает "отношение" ЦЭКП и самой главной характеристики качества состояния цели — к вероятности ее достижения.

Такие показатели как точность ЦКП, ошибки 1-го и 2-го вида могут рассматриваться как это изложено в параграфе 1.3.

Однако, наряду с указанными достоинствами критерий (5.5) имеет существенные недостатки:

— критерий является статической оценкой эффективности, не учитывающей динамики процесса реализации цели;

— критерий не учитывает сложность и стоимость ЦКП, а также некоторых других показателей качества, которые в зависимости от условий управления могут оказаться весьма важными.

Критерием, не обладающим указанными недостатками, можно считать обобщенный функционально-статистический критерий оценки эффективности

$$\mathfrak{E}_{I,C}(t, \tau) = \frac{K_p(t, \tau)}{K_n(t, \tau)} \quad (5.7)$$

В этой формуле

$$K_p(t, \tau) = \frac{I_{\max}(t, \tau)}{C_{\Sigma}(t, \tau)} \quad (5.8)$$

— обобщенная статистическая реальная характеристика ЦКП, где

$$I_{\max}(t, \tau) = \sum_{i=1}^m I_{i\max}(t, \tau) \quad (5.9)$$

максимальное среднее количество информации, получаемое  $m$  наилучшими подпрограммами с точки зрения получения  $I_{i\max}(t, \tau)$

$$C_{\Sigma}(t, \tau) = C_{\min}(t, \tau) + \Delta C_r(t, \tau) + \Delta C_v(t, \tau) + \Delta C_G(t, \tau) + \Delta C_E(t, \tau) + \dots \quad (5.10)$$

математическое ожидание обобщенных затрат на выполнение ЦКП;  $C_{\min}(t, \tau)$  — минимальные потенциальные затраты;  $\Delta C_r(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданный объем;  $\Delta C_v(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданный объем;  $\Delta C_G(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданную массу оборудования;  $\Delta C_E(t, \tau)$  — дополнительные затраты на заданные энергетические показатели.

Знаменатель формулы (5.7)

$$K_n(t, \tau) = \frac{I_{\max \max}(t, \tau)}{C_{\min}(t, \tau)} \quad (5.11)$$

— обобщенная "потенциальная" статистическая характеристика идеальной ЦКП, где

$$I_{\max \max}(t, \tau) = \sum_{i=1}^m I_{i\max \max}(t, \tau) = m(t, \tau) \quad (5.12)$$

— максимальное среднее количество информации, получаемое  $m$  наилучшими подпрограммами при максимальной неопределенности цели;  $C_{\min}(t, \tau)$  — стоимость идеализированной ЦКП.

С учетом равенств (5.7—5.12) можно записать окончательно

$$\mathfrak{E}_{I,C}(t, \tau) = \frac{I_{\max}(t, \tau) \cdot C_{\min}(t, \tau)}{I_{\max \max}(t, \tau) \cdot C_{\Sigma}(t, \tau)} \quad (5.13)$$



$$\mathcal{E}_{I,C}(t, \tau) = \frac{\sum_{i=1}^m [H_{i0}(t, \tau) - H_i(t, \tau) C_{i\min}(t, \tau)]}{m(t, \tau) \sum_{i=1}^m C_i(t, \tau)} \quad (5.14)$$

Таким образом, для оценки эффективности ЦКП необходимо определить показатели качества:

- энтропию цели с учетом энтропии, обусловленной ошибками системы управления;
- среднее количество информации, получаемое каждой подпрограммой из  $m$ ;
- первоначальную стоимость  $C_{\min}$  и окончательную реальную стоимость  $C_{\Sigma}$ ;
- произвести расчеты по формулам (5.13), (5.14), где  $I$  и  $C$  следует считать средними величинами или математическим ожиданием.

Достоинством обобщенного статистического критерия оценки эффективности является полнота, наглядность, сравнительная простота и общность, позволяющая одним числом характеризовать как всю ЦКП, так и по частям, включающим потенциальные и реальные результаты.

При этом диапазон изменений обобщенного статистического критерия

$$0 \leq \mathcal{E}_{I,C}(t, \tau) \leq 1.$$

Несовершенные программы имеют  $\mathcal{E}_{I,C}(t, \tau) \leq 0$ . Совершенные программы имеют  $\mathcal{E}_{I,C}(t, \tau)$  близкий к единице.

Иногда вместо потенциальных и реальных информационных оценок можно применить потенциальные и реальные аналоговые показатели целей: объем науки, выпускаемой научной продукции, открытий, изобретений, монографий, новых машин и технологий, докторов и кандидатов наук, профессоров и доцентов, научных сотрудников и т. д.

При оценке эффективности существенным также является определение потенциальных и реальных параметров работ и целей.

Критерий показывает, как информация материализуется вещественными, энергетическими и временными процессами, он соответствует диалектической концепции материалистического единства и противоречий материального мира, его целостность и общность состоит в представлении обобщенных характеристик ЦЭНТКП в различные жизненные циклы, в выражении внутреннего единства статистических и интегральных свойств, возможности оценки биологических, технических, энергетических, информационных и т. д. координат.

## 5.4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ЦКП

### Общая характеристика программы

Дается краткий перечень достижений подразделения за прошлые годы, отмечаются нерешенные проблемы и задачи, перечисляются разделы программы.

### Цели и структура программы

В этом разделе определяется главная цель программы, то есть те конечные результаты, которые должны быть достигнуты подразделениями при полном выполнении целевой комплексной программы. Затем определяются цели второго уровня, т. е. цели каждой подпрограммы, которые определяют ограниченные проблемы, представляющие составные части общей проблемы.

Структура программы содержит название и шифр ее (09.00.00 "Цех, участок"), названия и шифр подпрограммы и шифры этапов каждой подпрограммы.

### Этапы выполнения программы

Этапы выполнения программ представляют собой таблицу, в которой указывается:

- шифры программ и этапов (09.01.01, 09.01.02 и т. д.);
- содержание этапа;
- ответственный за выполнение этапа;
- конкретный исполнитель этапа;
- срок выполнения (месяц и год);
- объем выполнения по годам и в целом за пятилетку;
- примечание.

### В подпрограммах должны найти отражение следующие вопросы:

#### *"Планирование и реализация продукции"*

- разработка плана выпуска продукции на пятилетку и более далекую перспективу;
- мероприятия по сокращению брака и обеспечению выполнения плана выпуска продукции;
- освоение новых видов продукции или специализации по остродефицитным или новым направлениям науки и техники;
- предложения по плану комплектации с учетом планов вышестоящих организаций;
- мероприятия по осуществлению контроля за своевременным и стопроцентным выполнением госзаказа и договоров;
- установление прямых связей — заключение договоров с предприятиями по обеспечению их продукцией;
- изучение потребностей региона;
- разработка системы связи с предприятиями-потребителями;
- мероприятия по совершенствованию подготовки и переподготовки специалистов;

- работу по профориентации;
- активное участие в пропаганде решений правительства и других директивных материалов;
- участие сотрудников в подготовке и проведении научно-теоретических конференций;
- проведение в общежитиях дней цехов и подразделений, встреч за "круглым столом", вечеров вопросов и ответов;
- подготовка сотрудников к лекционно-пропагандистской работе;
- совершенствование работы наставников;
- организация и участие наставников в работе семинаров наставников;
- развитие и совершенствование художественной самодеятельности;
- улучшение военно-патриотической и спортивно-массовой работы;
- подготовка и проведение праздничных мероприятий;
- участие сотрудников в научно-исследовательской работе по актуальным вопросам общественных наук, молодежного движения;
- участие в субботниках и воскресниках, в уборке урожая.

*"Процесс функционирования подразделения"*

- организовать процесс функционирования по новым планам;
- разработать рекомендации по улучшению качества выпускаемой продукции;
- организация филиалов подразделений на смежных предприятиях;
- внедрение системы контроля и анализа процесса функционирования и совершенствование работы;
- разработка рабочих программ на каждом участке;
- внедрение в процесс прогрессивных методов и технологий;
- совершенствование системы использования ВТ в процессе функционирования;
- разработка структурно-логических технологических карт и другой документации согласно специального положения;
- разработку методического обеспечения процесса функционирования;
- участие в выставках-смотре проектов, продукции и технологий по различным направлениям;
- приглашение ведущих ученых и специалистов для оказания помощи подразделениям в организации методической и научной работе;
- планирование научных трудов;
- организация проведения исследований по специализации предприятия с практической рекомендацией по совершенствованию процесса функционирования;
- совершенствование мастерства сотрудников через постоянно действующие на предприятии семинары;
- реализация мероприятий по выполнению рекомендаций и инструкций о повышении уровня лекций;
- участие в научно-технических конференциях на всех уровнях.

## *"Наука"*

- перспективные направления научных исследований;
- контроль за выполнением плана научных исследований;
- связь с учреждениями Академиями наук страны и отраслевыми министерствами;
- развитие научных школ;
- внедрение результатов научных исследований;
- создание отраслевых и проблемных лабораторий;
- работа по совершенствованию изобретательской и рационализаторской деятельности;
- внедрение в народное хозяйство изобретений;
- повышение эффективности научных исследований;
- совершенствование научно-исследовательской работы сотрудников;
- укрепление связей с производством;
- участие в пропаганде научно-технических достижений;
- участие в смотрах-конкурсах научных работ;
- привлечение сотрудников к выполнению хозяйственной тематики;
- увеличение количества проектов, рекомендованных к внедрению в народное хозяйство;
- осуществление связей научных исследований с производством.

## *"Кадры"*

- планирование подготовки докторов наук;
- планирование перевода сотрудников на должности старших научных сотрудников для завершения докторских диссертаций;
- планирование творческих отпусков сотрудникам для завершения докторских и кандидатских диссертаций;
- укрепление связей с Академиями наук;
- выполнение плана подготовки кандидатов наук;
- совершенствование работы с аспирантами и соискателями;
- совершенствование работы со стажерами-исследователями;
- организация и совершенствование работы специализированных советов, выпуска научных трудов.

В главе: дана общая характеристика и сформулированы требования к целевым научно-техническим комплексным программам.

Описан алгоритм целевого управления, включающий конкретизацию, целевое назначение, прогнозирование, постановку целей с определением конечного реального и потенциального ресурса работ, программирование, разработку графиков работ, составление бюджета, создание нормативов, измерение параметров работ, выполнение корректирующих действий для достижения целей. Описан алгоритм оценки эффективности целевых научно-технических программ, а также рекомендации ЦКП ЭНТП, БП.

## **Глава 6. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ФСА ЭНТП ПРЕДПРИЯТИЯ**

Определяющим фактором экономического и научно-технического прогресса является непрерывное обновление технических средств и технологий производства, освоение и внедрение в эксплуатацию новейшей техники. Именно новая техника, появляющаяся на основе научных идей, исследований и технических достижений, обеспечивает в современном мире подавляющую долю ежегодного прироста производительности труда [1].

Многое в этом плане сделано в области теории и практики технико-экономического анализа, своеобразной разновидностью которого можно считать функционально-стоимостной анализ (ФСА) [158—165].

Успехи в использовании этого метода, достигнутые в ряде областей народного хозяйства и, прежде всего, в электротехнической, электронной и машиностроительной промышленности и др., позволяют судить не только о жизнеспособности ФСА, но и о его особой актуальности в современных условиях. Является активным методом поиска резервов экономии и предоставления излишних затрат — научных, технических, организационных и управленческих.

Для автоматизации ФСА необходимо разработать математические модели и алгоритмы [162, 163].

### **6.1. СУЩНОСТЬ ФСА ЭНТП, БП**

ФСА — это метод, предназначенный для системного исследования функций объекта и его элементов, позволяющий увязать в единый комплекс обеспечение функциональной полезности, качество изделий, научно-исследовательских работ и минимизацию затрат на их изготовление и выполнение.

ФСА базируется на теории систем и теории функциональной организации технических систем (ТС), математическую модель которых можно представить в виде [161]

$$TC=(W,F,\Delta,V),$$

где:  $W$  — вектор связи объекта с окружающей средой;  $F$  — функции, выполняемые объектом;  $\Delta$  — структура объекта;  $V$  — совокупность функциональных и структурных связей внутри объекта.

Современная концепция ФСА базируется на системном подходе, функциональном подходе, принципе соответствия значимости и полезности функций затратам на их реализацию, народнохозяйственном подходе, принципе коллективного творчества.

Методологическую основу ФСА составляет функциональный подход в сочетании с современными методами активизации творческого мышления и поиска оригинальных идей, а также методами оценки качества, эффективности и оптимальности вариантов и затрат на обеспечение и реализацию заданных функций.

Функциональный подход предполагает определение системы функций, которые необходимо осуществить с минимальными затратами, какие из этих функций основные, какие вспомогательные, все ли функции необходимы, можно ли исключить ненужные функции, может ли быть более эффективным комплекс функций, каковы максимальные допустимые затраты на реализацию функций.

Актуальность применения функционального подхода обусловлена нарастанием темпов экономического и научно-технического прогресса, увеличивающим количество новых альтернативных способов выполнения необходимых функций, ограниченностью трудовых, материальных и финансовых ресурсов, которыми в определенный период располагает общество, возможностью использования экономико-математических методов, ЭВМ, системной методологии для выбора наиболее экономичных решений.

Сложность проведения ФСА обуславливается применением на различных этапах анализа множества методов и приемов, необходимостью создания специальной информационной базы ФСА, включая банк идей и банк данных, методов, первоисточников и подтверждает необходимость создания специальной подсистемы АСЦУ ЭНТП, БП автоматизированной системы управления ФСА (АСУ ФСА).

Организационную структуру АСУ ФСА удобно представить в виде графа  $Q(E,V)$ , у которого множество вершин —  $E_p$ , множество дуг —  $V$ .

В организационной структуре (рис. 6.1) можно выделить две основные подсистемы: развития АСУ ФСА, функционирования АСУ ФСА.

Подсистема функционирования в свою очередь подразделяется на аппарат управления и информационно-вычислительный центр, которые связаны между собой группой эксплуатации АСУ ФСА.

Синтез функциональной структуры АСУ ФСА включает в себя распределение операций управления по подсистемам и уровням организационной структуры системы по критерию "близости" решаемых задач.

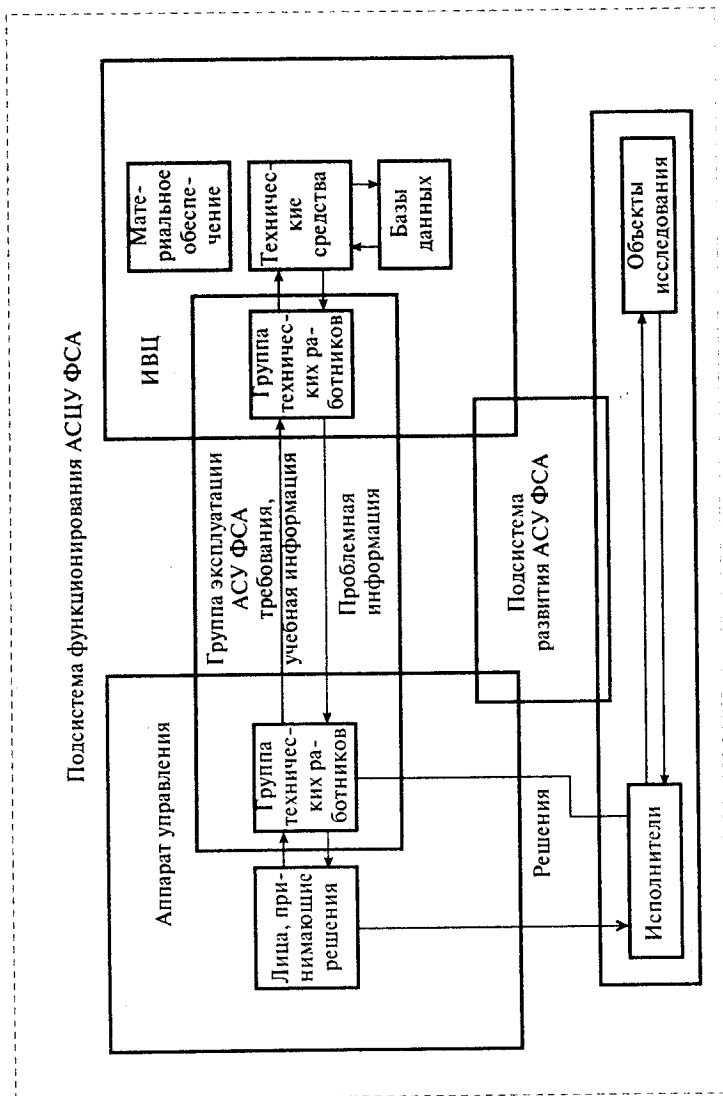


Рис. 6.1. Организационная структура АСУ ФСА

Функциональная структура АСУ ФСА изображена на рис. 6.2.

Основой функциональной структуры является модель, объединяющая информационно-замкнутые системы и элементы, и охватывающая существенно больший объем работ по автоматизации управления. Каждая подсистема отображает определенные функции, связанные с осуществлением организационного управления. В процессе изменения целей функционирования и при появлении новых научных и организационно-технических решений цели автоматизации и структура АСУ ФСА должны изменяться и приспосабливаться к новым целям и внешним условиям.

Для регулярного повышения научно-технического уровня АСУ ФСА, следует периодически осуществлять выявление совокупности функций управления, которые могут быть эффективно автоматизированы в данном периоде, формирование целевых программ ресурсов автоматизации управления, формирование целевых программ разработки ресурсов достижения эффекта при автоматизации определенных функций управления и использования ресурсов. Эти программы должны периодически корректироваться.

## 6.2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСУ ФСА

Информационное обеспечение АСУ ФСА представляет собой совокупность средств и методов построения информационной базы. Важнейшими предпосылками создания рационального информационного обеспечения АСУ ФСА являются: определение состава информации, гарантирующей многоаспектное описание ЭНТП и установление информационного содержания типовых процедур самого ФСА. Информационное обеспечение АСУ ФСА (рис. 6.3) подразделяется на немашинное и внутримашинное [161, 163].

Немашинное информационное обеспечение в свою очередь делится на методические и инструктивные материалы, научно-техническую документацию, проектные решения.

Внутримашинное информационное обеспечение содержит библиотеку программных моделей, включающую программы синтеза функциональной структуры, функционального моделирования, оптимизации и анализа научно-технического задания, дискретный словарь и банк данных о типовых функциональных моделях, алгоритмы ФСА.

Объединение результатов анализа информационных характеристик этапов и процедур ФСА, информационных связей, возникающих в ходе ФСА, входных и выходных информационных потоков и их материальных носителей со структурно-логической схемой ФСА дает возможность получить информационную модель процесса ФСА, необходимую как для оценки информационных потребностей каждой процедуры, так и для форму-



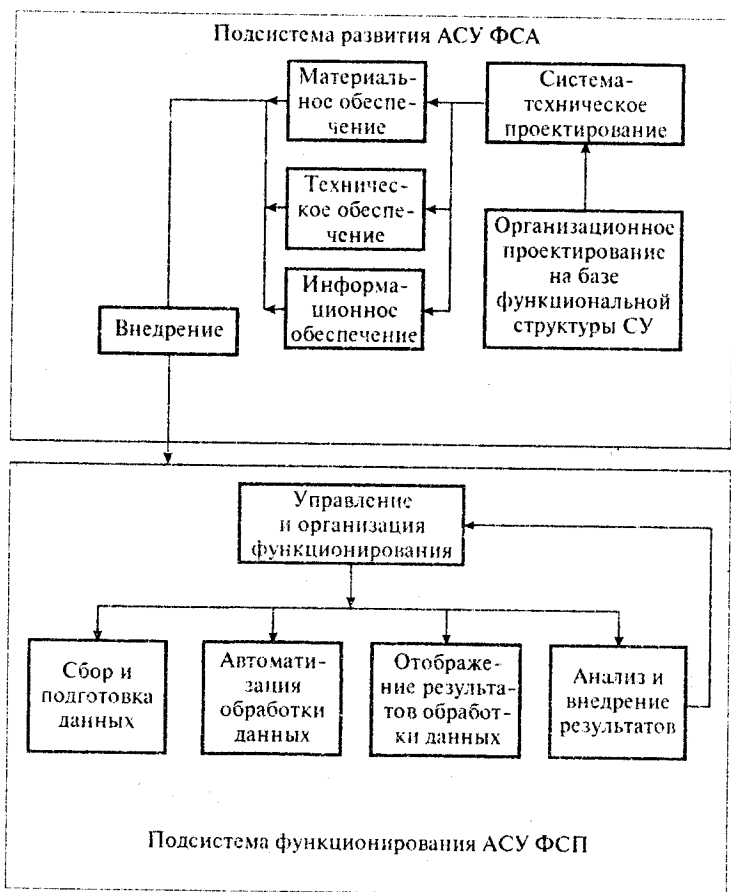


Рис. 6.2. Функциональная структура АСУ ФСА

лирования основных требований каждой процедуры к информационной модели ФСА ЭНТП.

С точки зрения информационной модели процесса ФСА целесообразно разбить его не только на этапы и процедуры, но и на отдельные задачи, которые могли бы быть идентифицированы синтаксически завершенными программами. Тогда каждая процедура будет представлять собой комплекс задач и методов, ее реализующих. Совершенство задач можно изобразить деревом, где нижний ярус концевых вершин образован файлами данных, а остальные — задачами и методами.

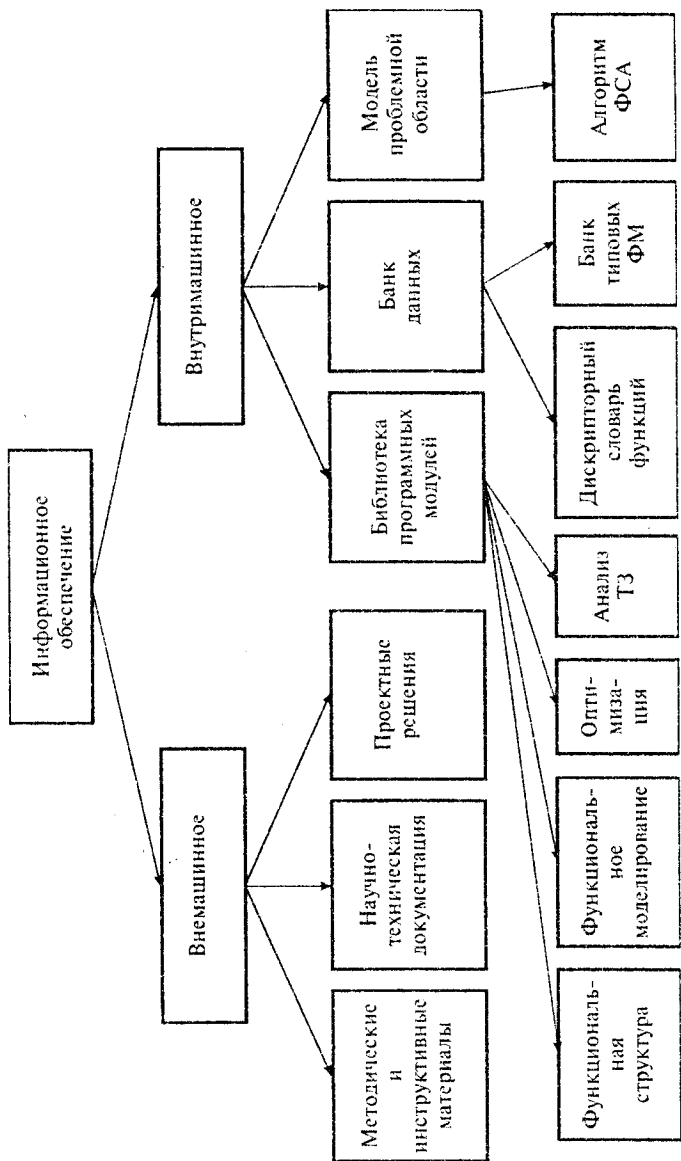


Рис. 6.3. Информационное обеспечение АСУ ФСА

Граф информационной модели ФСА определяет прямые связи, характеризующие привязку фактов к задачам-методам, а также обратные связи-привязки задач к файлам по графу субмоделей задач. Аналогично формируются информационные модели процедур.

Для сложных объектов, таких как ЭНТП, характеризующихся большой номенклатурой и числом составляющих координат, информационное обеспечение ФСА создается путем снижения размерности описания процесса, но с сохранением всей необходимой совокупности научно-технических, производственно-экономических и др. данных.

### 6.3. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФСА ЭНТП, БП

Наиболее эффективными объектами для ФСА являются области НИОКР и система технологической подготовки производства, достижение необходимого уровня надежности, долговечности, ремонтпригодности и экономичности при эксплуатации, сопоставимости конструкций по их основным параметрам с аналогичными образцами отечественного и зарубежного производства, соответствия выпускаемых изделий типоразмерным и унифицированным группам, возможности перехода от жестко программируемых систем серийного и поточного производства к гибким автоматизированным системам, обладающим единством транспортного и инструментального обеспечения производственного процесса.

В системе ФСА должны быть разработаны методы прогнозирования эксплуатационных затрат с учетом всего жизненного цикла продукции.

При определении затрат в процессе ФСА распределение их может быть дифференцировано по функциям или интегрировано по группам функций.

Сумма затрат по всем функциям, дополненная затратами на образование связей между реализуемыми при сборке и монтаже материальными носителями, составляют затраты по продукции в целом [164].

При расчете себестоимости проектирования и изготовления продукции целесообразна разработка экономико-математической модели в виде

$$C_n = C^{оп} + C^M + C^B + L + C^Э + C^{об} + C^u + C^{03}; \quad (6.1)$$

где

$$C^{оп} = \sum_i (C_{Т0i} + \Delta C_{Т0i}) + \sum_h (C_h^o + \Delta C_h^o) \times \sum_i N_{\text{вып}} K_{3i} / n_i^T T_{ni}^o + \sum_i (1 + d_i^M)(C_{Т0i} + \Delta C_{Т0i}) \quad (6.2)$$

$$C^M = \sum_f \Pi_f^M \sum_i P_{fi}^M K_{3i} - \sum_f \Pi_f^o \sum_i P_{fi}^o K_{3i}; \quad (6.3)$$

$$C^B = \Pi_p^B \sum_i P_{pi}^B T_i^B K_{3i} / 60 T_{ni}^B; \quad (6.4)$$

$$L = (1 + \alpha^{\Delta} + \beta^{\Delta} + j^{\Delta}) \left[ \sum_{\Delta} g_i K_{3i} / K_i^{BM} + \sum_{(i-q)} g_i K_{3i} / C_{T_{oi}} \right]; \quad (6.5)$$

$$C^{\exists} = \Pi^{\exists} \sum_i N_i^{II} T_i K_{3i} / 60_{ni}^{\Gamma}; \quad (6.6)$$

$$C^{\exists H} = \sum_H \Pi^{\exists H} \sum_i P_i^{\exists H} T_i^{\Gamma} K_{3i} / 60_{ni}^{\Gamma}; \quad (6.7)$$

$$C^{ob} = A_{обз} / 60 \sum_i \tau_i / K_i^{BM} (1 + \delta_i + \Theta_i \beta_i N_i K_{3i}); \quad (6.8)$$

$$C^{II} = Q^{II} \sum_i \tau_i + C; \quad (6.9)$$

$$C^{O3} = (1 + \lambda)\alpha. \quad (6.10)$$

$C_{T_{oi}}$  — стоимость технологического оборудования на  $i$ -ой операции;  $\Delta C_{T_{oi}}$  — дополнительные затраты, связанные с повышением уровня механизации и автоматизации технологического оборудования;  $C_h^o$  — стоимость технологической оснастки  $h$ -го вида;  $\Delta C_h^o$  — дополнительные затраты на оснастку, связанные с повышением уровня автоматизации и механизации;  $N_{вып}$  — задание программы выпуска;  $K_{ji}$  — заданный или ожидаемый интегральный коэффициент выхода годной продукции;  $n_i^{\Gamma}$  — показатель степени группирования на  $i$ -й операции;  $T_{ni}$  — стоимость технологической оснастки  $h$ -го вида на  $i$ -ой операции;  $d_i^M$  — удельный вес затрат на монтаж—демонтаж технологического оборудования по отношению к его стоимости;  $\Pi_f^M$  — цена материала  $f$ -го вида;  $P_f^M$  — расход материала  $f$ -го вида на  $i$ -ой операции;  $\Pi_f^p$  — цена возвратных отходов материала  $f$ -го вида;  $P_f^o$  — количество возвратных отходов материала  $f$ -го вида;  $\Pi_p^B$  — цена вспомогательного материала  $p$ -го вида;  $P_p^B$  — расход вспомогательного материала  $p$ -го вида на  $i$ -ой операции;  $T_i^{\Gamma}$  — длительность технологического цикла на  $i$ -ой операции;  $\beta^{\Delta}$  — удельный вес доплат за простои по организационно-техническим причинам;  $j^{\Delta}$  — удельный вес доплат за сверхурочные, вечерние и ночные часы, праздничные и выходные дни;  $\alpha^{\Delta}$  — удельный вес прочих доплат по отношению к основной заработной плате;  $g_i$  — расценка на  $i$ -ой операции;  $N_i^{\Delta}$  — установленная мощность технологического оборудования на  $i$ -ой операции;  $\Pi_{3n}^{\exists}$  — цена электроэнергии;  $\Pi_l$  — цена энергоносителя  $l$ -го вида;  $P_{li}^{\exists}$  — часовой расход энергоносителя  $l$ -го вида на  $i$ -ой операции;  $A_{обз}$  —

стоимость машин-часа работы базового оборудования;  $\tau_i$  — трудоемкость выполнения  $i$ -ой операции;  $\delta_i$  — удельный вес потерь рабочего времени по организационно-техническим причинам на  $i$ -ой операции;  $\Theta$  — удельный вес потерь времени на  $i$ -ой операции по вине рабочего;  $\beta_i$  — машино-часокоэффициент технологического оборудования на  $i$ -ой операции;  $N_i$  — число комплектов технологического оборудования на  $i$ -ой операции;  $\alpha^u$  — коэффициент пропорциональности цеховых расходов, связанных с загрузкой основных сотрудников;  $C$  — цеховые расходы, не связанные со временем работы основных сотрудников;  $\lambda$  — удельный вес общих затрат в сумме основной и дополнительной заработной платы основных сотрудников.

Определив укрупненно требуемые затраты на продукцию в целом, переходят к их распределению по функциям.

В зависимости от этапов проведения ФСА возникают задачи стоимостных оценок нескольких типов.

На творческом и исследовательском этапах осуществляется функционально-стоимостная оценка вариантов частных решений по каждой основной функции и по результату в целом, функционально-стоимостная оценка синтезированных решений по объекту в целом и выбор оптимального варианта.

Стоимостная оценка вариантов исполнения функций выполняется многократно с постепенным уточнением по этапам НИОКР, с использованием трех методов: метода удельных затрат, метода балльных оценок, метода структурной аналогии.

Подготовительным этапом к формализации операций ФСА с целью перевода на ЭВМ является разделение всего процесса на этапы: сбор и группировка информации; классификация информации; определение функции и построение функциональной модели; поиск и формирование вариантов; выбор варианта по определенному критерию; выдача рекомендации по результатам выбора оптимального варианта. На подготовительном этапе проведения ФСА определяется, какие виды работ можно алгоритмизировать и перевести расчеты на ЭВМ.

Опыт показывает, что применение ЭВМ в ФСА позволяет в 2,5—3 раза сократить время проведения анализа и обеспечить высокую точность расчетов.

#### 6.4. АЛГОРИТМ ФСА В АСЦУ ЭНТП, БП

В зависимости от целей и задач проведения ФСА, сфер применения, объема исходной информации и других факторов алгоритм ФСА может включать различное количество процедур разной целевой направленности.

Используя функциональный подход, каждую из процедур можно представить в виде комплекса функций, реализация которых приводит к получению требуемых решений.

Среди типовых процедур ФСА, определяющих состав организационных модулей, из которых формируются различные варианты построения работ по ФСА, выделяются следующие:  $P_1$  — процедуры управления;  $P_2$  — процедуры декомпозиции;  $P_3$  — процедуры синтеза;  $P_4$  — процедуры эвристические;  $P_5$  — оценки и выбора;  $P_6$  — оптимизации;  $P_7$  — классификации и поиска;  $P_8$  — процедуры экспертизы.

Степень автоматизации  $a_i$  каждой процедуры  $P_i$  выражается формализуемостью и вычислимостью процедуры. Под формализуемостью процедуры понимается возможность создания формальных правил, описывающих процедуры, т.е. возможность их автоматизации. Под вычислимостью процедуры понимается возможность полного просчитывания процедуры, т.е. ее доступность для машины в современных программных средствах на определенных ЭВМ. В связи с этим, каждая процедура может быть описана одним из двух состояний: "формализуема — не формализуема" и "вычислима — не вычислима". Это позволяет представить коэффициент автоматизации процедуры в виде функции двух логических переменных

$$a = f(x_1, x_2) \quad (6.11)$$

которая каждому слову  $x_1, x_2$  ставит в соответствие некоторое число. Область определения функции является множество двубуквенных слов из алфавита 0, 1: 00, 01, 10, 11.

Каждой процедуре  $P_i$  ставится в соответствие коэффициент автоматизации  $a_i$  (табл. 6.1).

Представляя процесс проведения ФСА в виде совокупности используемых в нем процедур

$$P = \cup P_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (6.12)$$

состав которых определяется целями и задачами анализа, можно определить возможность автоматизации данного процесса.

В качестве дополнительных факторов, определяющих коэффициент автоматизации процесса (6.11), необходимо включить коэффициент значимости процедур  $\eta_i$  и коэффициенты сложности автоматизации процедур  $X_i$ , определяемые экспертным путем.

С учетом этого коэффициента автоматизации

$$A = \sum_{i=1}^m \eta_i (1 - X_i) a_i = \sum_{i=1}^m \eta_i (1 - X_i) [(X_{1i} \wedge X_{2i}) \vee X_{1i}], \quad (6.13)$$

где  $X_{1i}$  — коэффициент формализуемости  $i$ -ой процедуры;  $X_{2i}$  — коэффициент вычисляемости  $i$ -ой процедуры;  $\eta_i$  — коэффициент значимости  $i$ -ой процедуры;  $X_i$  — коэффициент сложности автоматизации  $i$ -ой процедуры.

При  $\sum_{i=1}^m \eta_i = 1$ , и  $\sum_{i=1}^m X_i = 1$  выполняется условие  $0 \leq A \leq 1$ .

С точки зрения автоматизации ФСА можно выделить три этапа:

Таблица 6.1

Аспект автоматизации	Возможное сочетание	Логическое обозначение	Сочетание дополнительным признаком	Смысловое содержание	Значение коэффициента автоматизации
Формализуемость	Да	1	1,1	формализуема и вычисляема	1
			1,0	формализуема, но не вычисляема	1
	Нет	0	0,1	не формализуема, но вычисляема	0
			0,0	не формализуема, не вычисляема	0
Вычисляемость	Да	1	1,1	и формализуется, и вычислима	1
			0,1	не формализуема, но вычисляема	0
	Нет	0	1,0	формализуема, но не вычислима	1
			0,0	не формализуема и не вычислима	

- подготовительный, на котором преимущественно используются процедуры декомпозиции, классификации и поиска;
- построения функциональной модели исследования;
- формирования множества вариантов решений по функциям и выделения из него подмножества рациональных решений.

Реализация алгоритма ФСА включает следующие этапы (рис. 6.4):

- планирование и подготовка, при которых производится выбор объекта исследования, подготовка плана графика и перечня информационных материалов, организация исследовательской группы и совета ФСА, выбор технических средств проведения ФСА и определение целей анализа;
- сбор информации, при котором формируется исходная совокупность информационных источников, выявляются структуры поисковых признаков по объекту анализа, устанавливается функциональное содержание информационных источников, обрабатываются и анализируются данные о материальных и трудовых затратах;
- анализ задач исследования, при котором производится формирование функций объекта, классификация функций, определение реального и требуемого ресурса по каждой из функций, определение и анализ затрат на осуществление функций, распределение затрат на функционально необходимые изменения;
- выработку вариантов, при которой уточняются сведения об объекте



Рис. 6.4. Этапы реализации алгоритма ФСА

анализа, выявляются и анализируются информации о путях решения подобных задач в других областях науки и техники, строится функциональная модель и прорабатывается и выбирается наиболее целесообразный вариант;

— оценка и выбор вариантов, при которой производят сравнительную оценку вариантов, отбор наиболее рациональных по технико-экономическим показателям вариантов решений для реализации;

— выбор оптимального варианта и сравнение с целью и лимитами по функционально-статистическому критерию, определение эффекта варианта;

— реализация принятых решений и контроль результатов реализации.

Алгоритм работы АСУ ФСА представлен на рис. 6.5.

Таким образом могут быть представлены: *математические модели функционально-стоимостного анализа в АСЦУ ЭНТП, БП, алгоритм и информационные модели реализации АСУ ФСА.*



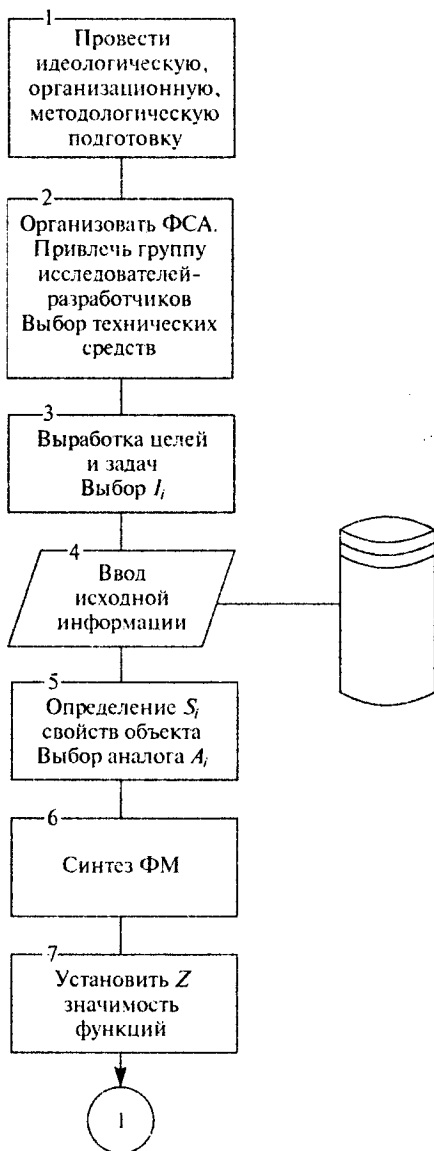


Рис. 6.5. Алгоритм работы АСУ ФСА

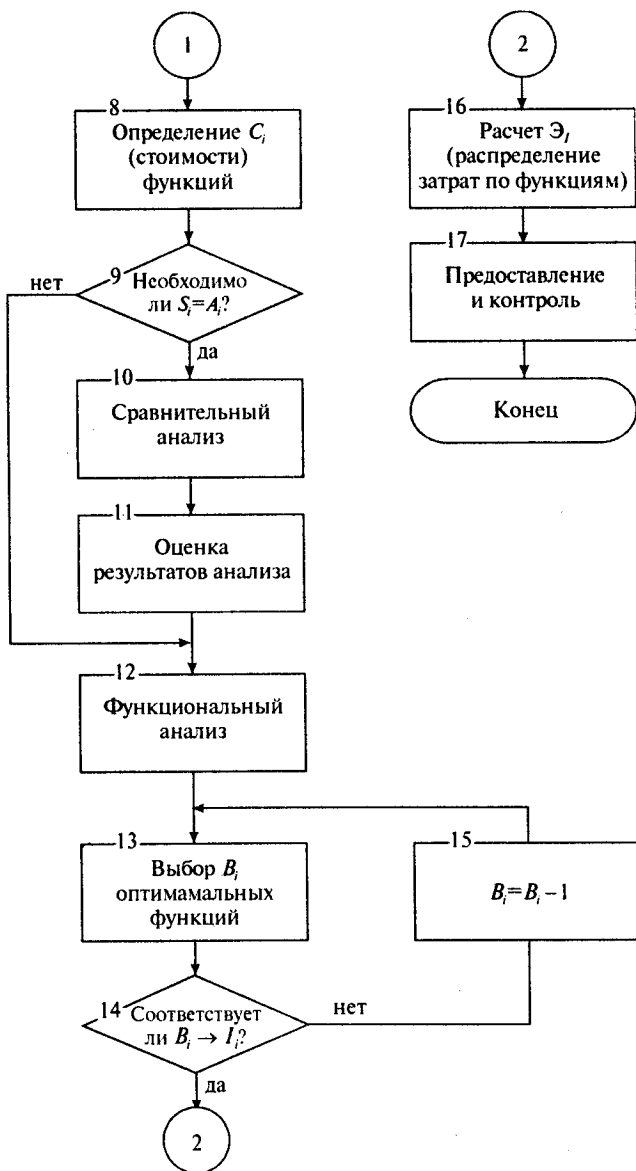


Рис. 6.5. (окончание) Алгоритм работы АСУ ФСА

## **Глава 7. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ**

АСЦУ предполагает использование "мозгового центра", впервые предложенного Д. Карнеги. Методы работы "мозгового центра" были рассмотрены в разделе экспертных оценок. "Мозговой центр" позволяет комплексировать действие законов экономики и законов психики, которое может дать феноменальный результат и умножить силу интеллекта, силу ума. Модели и алгоритмы, а также планы сами по себе ничего не дадут, если не будет включен эффективный интеллект, который позволяет реализовать:

Высший разум творческого воображения; творческого озарения;  
накопленный человечеством опыт и интуицию при решении подобных задач, часть которого можно почерпнуть в хорошо оснащенных библиотеках;  
эксперимент и исследование на ЭВМ, позволяющий проверить правильность решений, получить недостающие данные, продемонстрировать в пространстве и времени получаемые результаты успеха.

При реализации больших планов без комплексирования всех методов и сотрудничества определенного множества толковых людей обойтись нельзя, так как множество людей умножает духовную энергию, переносит ее в экономику, науку и технику, бизнес и предпринимательство, позволяет каждому в отдельности эффективнее учиться, думать и медитировать, укреплять волю.

Процесс бизнеса и предпринимательства является творческим процессом. Для получения наивысшей эффективности творчества при реализации методов и алгоритмов необходимо использовать всевозможные стимуляторы, наиболее сильными из которых являются любовь и секс. Любовь к женщине (к мужчине) бывает без половой связи, платоническая и любовь с половой связью, с сексом. Из всех человеческих чувств чувство любви с сексом является наиболее могущественным. Сексуальное чувство или сексуальная энергия путем сублимации может превращаться в другие виды энергии, оказывающие существенное влияние на сознание, именно физическая сторона секса, сексуальные чувства позволяют:

продолжить человеческий род;

сохранить здоровье, — как терапевтическое средство, которому нет равных;

через сублимацию получить наивысший эффект в творчестве, развить остроту воображения, смелость, силу воли, настойчивость, уверенность в себе, творческие способности; страстное желание достичь успеха.

Естественно, что чувство любви и сексуальное чувство надо уметь обуздать и направить их энергию в нужное русло к достижению цели. Энергии любви и секса свойственно накапливаться, и им надо давать разумный выход в творчество, созидание через сублимацию.

Человеческое сознание лучше всего откликается на следующие стимулы:

сексуальное желание, страсть;

любовь и дружба к людям с людьми противоположного или того же пола;

союз интеллектов, страстное желание славы, могущества, успехов;

музыка и искусство в других жанрах;

общность перенесенных испытаний, коллективизм страдания, страх; самовнушение;

алкоголь и наркотики;

желание сделать добро людям.

Из этих стимулов любовь и секс являются самыми сильными и древними, способными сформировать "шестое чувство" — творческое воображение, свойственное гениям, которого должен в себе открыть каждый и поверить в свою гениальность.

Надо помнить, что изобретатель, ученый и бизнесмен используют аналитические способности и творческое воображение по принципам:

с помощью стимулов ученый, изобретатель или бизнесмен преодолевает обычный уровень мышления;

затем он концентрирует все свое внимание на известных моментах, имеющих отношение к его проблеме, и создает в своем воображении целостную картину, идеальный образ неизвестных моментов, держит этот образ в голове до тех пор, пока он не проникнет в подсознание, затем расслабляется, очищая свои мысли от всего постороннего и ждет, когда в его уме "промелькнет" ответ на заданный вопрос.

Сознание человека обязательно нуждается в стимуле, самым мощным из стимулов является секс, это движущая сила, которую сублимацией необходимо направить в русло достижения успеха.

Сексуальная энергия — это творческая сила всех без исключения гениальных личностей. Никогда не было и не будет великого человека среди импотентов. Однако гениальными становятся только те, которые сублимацией стимулируют воображение. До сорока—пятидесяти лет большинство людей расточают свою сексуальную энергию на физические успехи в сексе, на физическое удовольствие и не добиваются значительных успехов, выбрасывая могущественную энергию на ветер.

Миром и цивилизацией правят человеческие чувства, а не только логика разума, наиболее сильным из которых является сексуальное чувство, доводящее человека до Высшего Разума, созидательного воображения.

Внешне человек с высокой сексуальной энергией обладает приятным рукопожатием, особым тембром голоса, красивой осанкой и легкой походкой, необычным оригинальным мышлением, следит за своей внешностью, тщательно выбирает одежду, чтобы подчеркнуть свои природные данные.

Злоупотребление сексом, также как злоупотребление алкоголем и наркотиков, может оказаться пагубным для творчества, здоровья и морали, для сублимации. Поэтому наиболее плодотворными годами для творчества можно считать сорок—шестьдесят лет, исключая конечно гениев и пророков.

Источником непреходящих успехов, богатств как раз и являются источники всякой жизненной силы, прежде всего любовь, влечение и секс.

Существенным при реализации моделей, методов и алгоритмов бизнеса и предпринимательства является умение управлять сознанием и подсознанием, осознанным и подсознательным мышлением.

Подсознание, как спящий великан, ждет случая поддержать вас во всяком устремлении. В конце концов именно подсознание, рождающее позитивное мышление, приведет вас к желаемому успеху.

Сознание — это осознанные мысли, которые могут быть высказаны, это фразы языка, это осознанные чувства о которых можно что-то сказать, это чувства радости, чувства грусти, это все то, что осознано.

Подсознание — это все то, что заложено в подкорку мозга, неосознанно хранится там, осознается при необходимости. Подсознание трудится день и ночь, оно из Высшего Разума черпает информацию для превращения желаний, целей и воображений в реальность, в успех, оно — посредник, через который бесконечно черпаются идеи и озарения при принятии решений из источника Бесконечного Разума. Возможности подсознания беспредельны, они не поддаются реальному учету, так как в нем заложена информация не только данного индивидуума, но и, по-видимому, всего прошлого, всех прошлых поколений. Естественно, что подсознание во много раз богаче сознания. Информацию из подсознания можно извлечь четкими мыслями желаний, четкой формулировкой цели, верой, терпеливостью и настойчивостью, а также самовнушением, неуверенностью и страхом. Подсознание непрерывно питает окружающая среда, прочитанные книги, все увиденное и услышанное, все отрицательное и положительное. При непрерывной работе подсознание отсекает все негативное и создает позитивное через воображение, к которому надо всегда стремиться и которым надо уметь управлять. Подсознание эффективнее откликается на чувства, подкрепленные эмоциями отрицательными и положительными, первые из которых действуют более активно.

Основными отрицательными чувствами являются:

страх и зависть;

ненависть и месть;

жадность, суеверие и гнев.

Основными положительными чувствами являются:

желание, вера, любовь, секс, энтузиазм, надежда и сентиментальность.

В сознании доминирует всегда одно из чувств, — отрицательное или положительное в зависимости от привычки. Необходимо так сформировать привычки, чтобы воспринимались и использовались положительные эмоции. Иногда достаточно в сознании одной отрицательной эмоции, чтобы разрушить все положительные изменения в подсознании.

Подсознанию все равно работать на успех или на поражение, выбор за человеком, он сам или испепелит, или исцелит себя, все зависит от доминирования чувств, от силы связи с Мировым Разумом, от силы желания.

При изучении книги бизнесмен и предприниматель не только должен понять описанные методы, алгоритмы и модели, но и заложить их в подсознание.

Масштаб человека равен масштабу его ума, поэтому необходимо использовать способность и возможность быстро, четко и эффективно мыслить, творчески воображать, использовать мысли другого мозга, других источников.

Интеллект стимулируется четырьмя источниками:

мыслями из внешних источников, прошедших через отрицательные или положительные эмоции;

воздействием любовных с сексом чувств, самых интенсивных и побудительных, самых эффективных усилителей интеллекта делает подсознание и творческое воображение более восприимчивыми, усиливает самовнушение;

сила мозга и согласованное действие нескольких мозгов "Мозгового центра" — "круглого стола";

использование телепатии, ясновидения, "экстрасенсорных" методов и форм восприятия и принятия решений, т. е. шестого чувства, позволяющего связаться с Мировым Разумом, при участии которого идеи, планы и мысли всплывают в сознании в виде вдохновения или озарения; шестое чувство приходит лишь через медитацию, через развитие сознания изнутри; через шестое чувство индивидуум предупреждается о надвигающихся опасностях, о возможных шансах, которые нельзя упускать. Шестое чувство — это малоизученное чудо. При вызове шестого чувства можно использовать "невидимых знаменитых советников", необходимо выбрать время самовнушения, организовать воображаемый "кабинет с "круглым столом", ясно осознать возникшие трудности движения к успеху, явные и неявные шаги.

Шестое чувство — это второе дыхание, включаемое страстным желанием достижения успеха, эмоциональным возбуждением творческого Воображения, позволяющим творить чудеса в искусстве, науке, бизнесе, предпринимательстве.

При формировании черт характера человека, устремляющегося к успеху, необходимо проанализировать не осталось ли в вас страха, нерешительности и сомнения. Вначале в сознании появляется нерешительность, потом

сомнение, они затем кристаллизуются в страх. Это все равно как в бою: вначале у человека появляются замкнутость, потом трусость, вместе они кристаллизуются в предательство, в измену. Это трио в обоих случаях может стать смертельно опасным. Трио может развиваться незаметно, постепенно, а также спонтанно, вдруг.

**Страх** — это особое состояние сознания, это испуг, деморализующий личность, бросающий ее в тяжелый стресс. Страх, как указывает в своей книге Н. Хилл, может быть шести видов, или комбинироваться из них. Это страх: **нищеты, критики, болезни, любовного разочарования, старости и смерти.**

Все остальные страхи либо не столь важны, либо примыкают к перечисленным. Поскольку страхи состояние сознания души, постольку они могут контролироваться и направляться. Всегда вначале появляется мысль, которая не поддается контролю, затем идет действие, поддающееся контролю и направлению. Например, мысли о страхе нищеты могут превратиться в мужество и в успех, а также могут разрушить шансы на успех в любом начинании. Этот страх парализует разум, разрушает воображение, убивает самоуверенность, подрывает энтузиазм, охлаждает инициативу, размывает цели, делает невозможным самоконтроль, сводит на нет очарование личности, расстраивает четкость мышления, препятствует концентрации усилий, лишает настойчивости, превращает силу воли в бессилие ничегонеделания, уничтожает амбиции, снижает память, удушает любовь и насилует лучшие чувства души, помыкает дружбой и привлекает несчастье, ведет к бессоннице, тоске и печали.

Из всех страхов **страх нищеты** самый разрушительный.

Нищета выступает не только в материальном и экономическом отношении, но и как духовная и интеллектуальная нищета. Ничего не приносит больших страданий и унижений как нищета. Она может довести до экономического "людоедства" и даже "самолудоедства", свойственного только животному миру.

Неудивительно, что человек боится нищеты.

Н. Хилл указывает шесть симптомов страха нищеты:

безразличие к самолюбию, к борьбе с нищетой, физическая и интеллектуальная лень; отсутствие инициативы, воображения, энтузиазма и самоконтроля;

нерешительность, привычка позволять другим думать за себя, занимать выжидательную позицию;

сомнение, иногда сочетается с завистью к чужим успехам или с их критикой;

беспокойство, стремление искать ошибки у других, жить не по средствам, пренебрежительное отношение к своей внешности, насупленный хмурый вид, невоздержанность и употребление алкоголя, наркотиков, нервозность, неуверенность в себе;

сверхосторожность, мысли и разговоры о возможных неудачах вместо успеха, пессимизм, ведущий к несварению желудка, плохому выводу шлаков

из организма, интоксикации, нарушениям дыхания и общей предрасположенности к болезням, занудности и болезненности;

промедление, привычка откладывать на завтра, уход от ответственности, предпочтение компромисса жесткой борьбе, согласие с жизненными трудностями вместо их преодоления, торговля с жизнью за каждый грош, отказ требовать от нее процветания, богатства, счастья, изобилия и довольства, полное отсутствие самоуверенности, определенности целей, самоконтроля, инициативы, энтузиазма, самолюбия, способности разумно рассуждать, общение с теми, кто смирился с нищетой, вместо стремления к дружбе с богатыми, желающими стать еще богаче материально, финансово, физически, духовно и интеллектуально, душой и сердцем, разумом и воображением.

**Страх критики** в каждом человеке присутствует и очень развит, он вызывает в сердце чувство неполноценности и обиды и проявляется семью симптомами:

застенчивостью, робостью, неловкостью движений, бегающими глазами; неуравновешанностью, неумением контролировать свой голос, нервозностью, плохой осанкой и памятью;

слабохарактерностью, нетвердостью при принятии решений, отсутствием обаяния и умения быстро объясняться, бедумным соглашательством с чужим мнением;

комплексом неполноценности, привычкой говорить "громкие слова", в подражательстве манере одеваться, говорить вообще о манерах, пристрастие к сочинительству о своих достижениях;

экстравагантностью, стремлением к тому, чтобы все было "как у людей", жизнью не по средствам;

безинициативностью, неумением самопродвижения, боязнью высказать свою точку зрения, неуверенностью в своих идеях, уклончивостью в разговорах, неуклюжестью в манерах и речах, лживостью;

отсутствием самолюбия, леностью души и тела, медлительностью в решениях; неумением и нежеланием самоутвердиться, пристрастием говорить гадости за спиной и льстить в глаза, непотивлением неудачам, привычкой с легкостью бросать начинания при малейшей оппозиции со стороны, безосновательной подозрительностью, бестактностью в разговоре, нежеланием признавать свои ошибки.

**Страх болезней** может быть отнесен к физическому и социальному наследию, он тесно связан со страхами старости и смерти, о которых человек почти ничего не знает. Человек боится болезней из-за страха смерти и из опасений возможных экономических осложнений. Клетки страха болезни присутствуют у каждого. Симптомы этого почти всеобщего страха таковы:

самовнушение, поиск и предположение в себе симптомов всех мыслимых болезней, постоянные разговоры об операциях, несчастных случаях, использование всевозможных методов похудения, домашних средств, патентованных лекарств и шарлатанских снадобий;



ипохондрия, привычка сладостно на них концентрировать внимание, ждать их прихода, ипохондрия приходит с плохими мыслями и приносит такой же ущерб, как принесла сама болезнь, а не ее воображение;

вялость, боязнь заболеть нередко исключает физкультуру, прогулки; обуславливает малоподвижность, лишний вес;

впечатлительность, страх болезней и смерти, созерцание их и их симптомов;

самолечение, взывание к сочувствию окружающих, используя воображаемую болезнь как приманку, симуляция болезни для оправдания лени и неуспеха;

невоздержанность, привычка употреблять алкоголь или наркотики для избавления от головной боли, невралгии и т. д. вместо устранения их причин;

беспокойство, пристрастие читать медицинскую литературу, естественное беспокойство как бы не заболеть.

**Страх неудачи** в любви восходит ко времени полигамной семьи и привычкой предаваться свободной любви где только возможно. Этот страх самый болезненный из всех. Отличительными симптомами его являются:

ревность, привычка подозревать близких людей и любимых без всяких на то оснований в измене;

поиск промахов у всех друзей, родственников, коллег;

авантюризм, склонность к рискованным предприятиям, воровству, жульничеству и другим опасным желанием с целью добыть деньги для покупки любви, влезания в долги для покупки подарков любимым.

**Страх старости** обуславливается боязнью нищеты, порабощения, нелюбови и неверности ближних, болезней, утраты секса, дома престарелых, богадельни, потери физической и экономической независимости. Наиболее распространенными стимулами боязни старости являются:

преждевременный спад, ложные убеждения в комплексах неполноценности, деградации личности;

"Простите мне старику..." вместо слов благодарности за счастье жить в возрасте мудрости и понимания;

безинициативность, потеря инициативы, воображения, уверенности в себе, в своих силах.

Стремление молодиться, подражание в одежде и поведению молодежи, что может выглядеть нелепым в глазах окружающих, близких и дальних.

**Страх смерти** действует на людей наиболее жестоко. Страх смерти характеризуется тремя симптомами: мысли о смерти, которые можно заглушить страстным желанием достичь чего-либо, сделать что-то для других — занятый человек о смерти не думает; связь со страхом нищеты; связь со страхом болезни и неуравновешенности, депрессии, разочарования в любви, невроза или невменяемости.

Каждый из основных страхов может перейти в беспокойство, вид непрекращающегося страха, причиной которого является нерешительность,

такое состояние сознания, которое можно и должно контролироваться. Необходимо научиться и отвыкнуть беспокоиться, снять беспокойство — это не только убережет себя, но и окружающих, даже животных, которые хорошо чувствуют страх человека.

Деловая жизнь нацелена прежде всего на достижение успеха, для этого надо умиротворить сознание, фиксировать в нем любые мысли по своему желанию, повторяя позитивные и заглушая негативные, тем самым позитивно и негативно влияя на окружающих. Негативные мысли не прощаются, дают "отдачу" злом. Не думая негативно, можно убережет себя от коварного дьявола-зла, осуществить свои затаенные мечты. Зло в мыслях — это яд, убивающий быстро или медленно, однако никогда не приносящий добра, созидания, успеха. Против своего зла или зла других необходимо в сознании ставить стену волевого интеллектуального иммунитета, защищающую от негативных воздействий.

Без особой переработки приведем вопросы к желающим знать, что они собой представляют из книги Н. Хилла:

Часто ли вы и по какой причине жалуетесь на свое самочувствие?

Ищите ли вы свои ошибки и у других по малейшему поводу?

Часто ли вы и по какой причине допускаете ошибки в работе?

Как вы ведете беседу — саркастически, наступательно?

Избегаете ли вы общения с кем-либо умышленно? Если да, то почему?

Часто ли вы и почему страдаете от несварения желудка?

Кажется ли вам жизнь тщетной, а будущее безнадежным?

Нравится ли вам ваша профессия? Если нет, то почему?

Часто ли вы чувствуете к себе жалость? Если да, то почему?

Завидуете ли вы тем, кто в чем-то вас превосходит?

Чему вы уделяете больше времени — мыслям от успеха или о поражении?

Прибывает или убывает уверенность в себе по мере взросления?

Извлекаете ли вы какой-либо прок из ошибок?

Позволяете вы родственникам или знакомым волновать вас и почему?

Бывает ли с вами так, что вы парите в облаках, а временами погружаетесь в глубины безнадежности?

Кто больше всего вдохновляет вас, и почему?

Терпите ли вы тех, кто влияет на вас негативно или обескураживающе, даже если этого можно избежать?

Безразличны ли вы к своей внешности? Если да, то в каких случаях и почему?

Умеете ли вы "топить" тревоги в делах, быть настолько занятым, что просто нет времени раздражаться?

Назвали бы вы себя бесхребетным и слабовольным, позволяя другим думать за себя?

Как часто волнения, которых можно избежать, беспокоят вас и почему вы их терпите?

Употребляете ли вы спиртное, наркотики или сигареты "для успокоения нервов"? Если да, то почему вместо этого вы не включаете волю?

"Придирается" ли кто-нибудь к вам и почему?

Есть ли у вас главная цель в жизни? Если да, то что это за цель? Какой план вы разработали для ее достижения?

Страдаете ли вы от какого-либо из шести основных страхов? Если да, то от каких?

Есть ли у вас метод защиты от отрицательных влияний?

Занимаетесь ли вы обдуманно и постоянно самовнушением, чтобы настроить ваше сознание на позитивную работу?

Чем вы больше дорожите — материальными ценностями или возможностью контролировать свои мысли?

Можно ли на вас легко повлиять, даже вопреки вашему суждению?

Прибавил ли сегодняшний день что-нибудь ценное к вашему знанию или умонастроению?

Смотрите ли вы в лицо обстоятельствам, делающим вас несчастливым, или предпочитаете уходить от ответственности?

Анализируете вы свои ошибки и неудачи с тем, чтобы извлечь пользу, или считаете, что этого делать не надо?

Можете ли вы назвать слабости, приносящие вам наибольший ущерб? Что вы делаете, чтобы избавиться от них?

Побуждаете ли вы других людей приходить к вам за сочувствием со своими проблемами?

Что, по вашему жизненному опыту, помогает вам больше в продвижении вперед — собственные уроки или чье-то влияние?

Оказывает ли ваше присутствие на других устойчивое отрицательное воздействие?

Какие привычки в других вас раздражают более всего?

Составляете ли вы о себе мнение сами или находитесь под посторонним влиянием?

Научились ли вы приходить в такое умонастроение, которое защищало бы вас от обескураживающих влияний?

Наполняет ли ваша профессия душу верой и надеждой?

Сознаете ли вы, что обладаете духовной силой достаточной для поддержания умонастроения свободным от всех страхов?

Настраивает ли религия вашу душу на положительные мысли?

Считаете ли вы своим долгом разделять чужое беспокойство и почему?

Если вы согласны с поговоркой "Два сапога — пара", то что вы знаете о себе из наблюдения за вашими друзьями?

Видите ли вы какую-либо связь между людьми, с которыми вы общаетесь наиболее тесно, и любой из ваших неприятностей?

Возможно ли, что кто-то, кого вы считаете другом, является на самом деле злейшим вашим врагом в силу отрицательного влияния, которое он на вас оказывает?

По каким критериям вы определяете кто вам полезен, а кто вреден? Люди вашего ближайшего окружения интеллектуально выше или ниже вас?

Какое время каждый день вы уделяете работе, сну, развлечениям и отдыху, самообразованию, ничегонеделанию?

Кто из ваших знакомых больше всех вас вдохновляет, предостерегает, обескураживает?

Что беспокоит вас сильнее всего? Почему вы это терпите?

Когда кто-либо дает вам бесплатный совет, что вы делаете: следуете совету бездумно, или анализируете его возможные мотивы?

Подумайте, чего вы больше всего желаете. Хотите ли вы реализовать это желание? Сколько раз в день вы думаете о достижении вашей цели?

Часто ли вы меняете свое мнение и почему?

Завершаете ли вы обычно начатое вами дело?

Сильное ли впечатление производят на вас титулы, звания и богатство других людей?

Важно ли для вас то, что окружающие думают и говорят о вас?

Угождаете ли людям из-за общественного, интеллектуального и финансового положения?

Кого вы считаете величайшим из живущих людей? В каких отношениях этот человек превосходит вас?

Сколько времени вы посвятили изучению этих вопросов и ответов на них?

Эти вопросы и честные ответы необходимо изучить тщательным образом, что позволит узнать о себе больше, чем подавляющее число людей. Ответы на вопросы лучше записать, при затруднении, посоветуйтесь с теми, кто хорошо вас знает и относится к вам без лести. Для введения вопросов и ответов в подсознание их надо изучать и продумывать в течение дня, затем возвращаться к списку раз в неделю несколько месяцев, производя при этом самоконтроль сознания, возникающих при этом мыслей.

Или вы контролируете ум и управляете сознанием, или оно вами; компромиссов не бывает, от этого существенно зависит ваш успех.

Все неудачники схожи в одном: они все знают причины неудач и представляют железное алиби почему они не преуспели. Миру интересен только успех, а не алиби. Если бы ... — это самое существенное "если" — у меня было мужество увидеть себя таким, каким я есть, я бы понял, что во мне не так, и исправил это, чтобы получить шанс на успех.

Алиби — это национальное бедствие, опасная привычка, она стара как мир и фатальна для успеха, она не нужна тем, кто контролирует свое сознание, кто думает и стремится к успеху. Победите страх болезни, станьте здоровым, и вам откроются величайшие сокровища прекрасной жизни, чтобы вы ими обладали.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований разработаны теоретические основы методологии синтеза и анализа АСЦУ ЭНТП, БП с использованием аналитического вероятностного моделирования алгоритмического и программного обеспечения к нему.

Предметом аналитического вероятностного моделирования является синтез структур, оценка вероятностных и информационных, временных, точностных и экономических характеристик, а также обобщенных функционально-статистических показателей эффективности, качества и оптимальности с целью получения квазиоптимальных или оптимальных АСЦУ ЭНТП, БП и ее подсистем. Описанные средства позволяют реализовать математические модели в масштабе времени, приближенному к реальному и со значительной экономией памяти ЭВМ по сравнению с системами имитационного моделирования.

Методы аналитического вероятностного моделирования включают методы теории случайных процессов, автоматического управления, системного моделирования, теории информации и вероятностей, вычислительной математики. Средства моделирования объединяются в разработанной совокупности моделей, алгоритмов и систем машинного моделирования АСЦУ ЭНТП, БП.

Основные результаты, изложенные в книге, сводятся к следующему:

изложена методика отбора значимых факторов координат уровня ЭНТП предприятия, методика оценки и прогнозирования вероятности выполнения задачи АСЦУ на основе теории сплайнов и линейного целочисленного программирования.

Описаны математические модели и алгоритмы распределения ресурсов в АСЦУ ЭНТП, БП, модели и алгоритмы распределения ресурсов в условиях неопределенности и в динамических системах, а также модели и алгоритмы обобщенной оценки состояния вектора координат ЭНТП, статистические модели и алгоритмы оценки точности решений при управлении ЭНТП, модели статистического критерия проверки гипотезы о существовании различия производственных координат на основе отношения правдоподобия,

сравнения средних, дисперсий, долей признаков в двух и нескольких выборках, модели оценки характера распределения производственных координат, обобщенный алгоритм оценки точности научных и производственных решений; модель и алгоритм целевого управления ЭНТП предприятия, модель обобщенной оценки эффективности ЦКП, рекомендации по составлению ЦКП ЭНТП, БП; математические модели и алгоритмы функционально-стоимостного анализа в АСЦУ ЭНТП БП и информационного обеспечения АСУ ФСА; способы формализованного описания эффективных моделей использованием эквивалентных структурных схем, Q-графов и сетей Петри.

Достоверность описанных моделей и алгоритмов подтверждается сопоставлением полученных результатов при большом объеме данных экспериментальных исследований с результатами точных аналитических преобразований для ряда частных случаев.

Системы моделирования прошли всестороннюю проверку, а их новизна подтверждена включением в Государственный фонд алгоритмов и программ.

На основе описанной методологии, математических моделей, программных и технических средств моделирования решены важные практические задачи, связанные с проведением научных исследований и проектированием АСЦУ ЭНТП, БП: оптимизация координат и оценка эффективности АСУ стратегического управления ПО.

Результаты, изложенные в книге, нашли применение в учебном процессе в Киевском и Винницком политехнических институтах как основа при разработке курсов "Основы теории сложных систем" и "Моделирование устройств и систем автоматики и телемеханики" для студентов специальности "Автоматика и управление в технических системах", могут найти также применение при проведении научных исследований по разработке ЦКП проведения НИР, при разработке, прогнозировании и оптимизации АСУ и АСЦУ ЭНТП, БП, а также в других задачах системного моделирования, кибернетики, информационно-измерительной техники, использующих вероятностный подход.

Дальнейшее развитие исследований в этом направлении должно быть связано с разработкой теории эффективности на основе Q-графов, теории прогнозирования на основе сплайнов, теории оптимизации координат методом линейного целочисленного программирования, теории оптимального распределения ресурсов и принятия решений. Важным представляется также разработка основ структурного и параметрического синтеза АСЦУ ЭНТП, БП с использованием аналитических статистических моделей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хилл Н. Думаи и богатей.—М.: Начала-пресс, школа, 1994.—160 с.
2. Автоматизированные системы управления гибкими технологиями/ В. И. Скурихин, А. А. Павлов, Э. П. Путилов, С. Н. Гриша.—К.:Техніка, 1987.—166 с.
3. Алексеев В. М., Тихомиров В. М., Фомин С. В. Оптимальное управление.—М.: Наука, 1979.—430 с.
4. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний.—М.: Наука, 1981.—568 с.
5. Автоматизированные системы управления городским хозяйством/ И. В. Кузьмин, Э. Г. Петров. И. А. Алферов, В. В. Евсеев, Л. В. Мигунов.—К.: Будівельник, 1978.—143 с.
6. Вашин М. Л. Прогнозирование научно-технического прогресса.—М.: Моск. рабочий, 1970.—306 с.
7. Веллаи Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях// Вопросы анализа и процедуры принятия решений.—М.: Мир, 1976.—С. 172—215.
8. Венайон Р., Ларичев О. И., Ж-де-Моильфи, Георги Ж. Линейное программирование с многими критериями. Метод ограничений//Автоматика и телемеханика.—1971.—№ 8.—С. 25—27.
9. Березюк Н. Т., Шилов В. Н. Элементы алгоритмической теории вычислительных систем.—Харьков: ХВКИУ, 1968.—142 с.
10. Бурков В. Н., Кондратьев В. В. Механизмы функционирования организационных систем.—М.: Наука, 1981.—384 с.
11. Вавилов А. А. Имитационное моделирование производственных систем.—М.: Машиностроение, 1983.—323 с.
12. Валах В. Я., Кузьмин А. И. Математическое моделирование и оптимизация систем целевого управления производственного объединения в условиях НТП//Сб. научн. трудов ин-та кибернетики АН УССР.—К., 1986.—С. 31—36.
13. Васильев В. В., Козлов Б. А., Ткаченко Л. Г. Надежность и эффективность радиоэлектронных устройств.—М.: Сов. радио, 1964.—243 с.
14. Венцель Е. С. Теория вероятностей.—М.: Наука, 1964.—550 с.
15. Вычисление энтропии состояния объекта при интенсивных возмущающих воздействиях/Кузьмин И. В., Литвин В. А., Волошин В. В., Кузьмин А. И.—Винница, 1984.—11 с.—Деп. в УкрНИИНТИ №288 УК—84 Деп.
16. Гвишиани Д. М., Лисичкин В. А. Прогностика.—М.: Знание, 1968.—216 с.
17. Гермейер Ю. Б. Игры с противоположными интересами.—М.: Наука, 1976.—328 с.
18. Гермейер Ю. Б., Моисеев Н. Н. О некоторых задачах теории иерархических систем//Проблемы прикладной математики и механики.—М.: Наука, 1971.—С. 30—43.
19. Глушков В. М. Введение в АСУ.—К.: Техніка, 1974.—319 с.

20. *Глюшинский В. Г., Флиореней Г. И.* Теоретические основы инженерного прогнозирования.—М.: Наука, 1973.—300 с.
21. *Гнатюк Н. М., Бородюк В. М.* Республиканские комплексные целевые программы и интенсификация производства.—К.: Знание, 1982.—32 с.
22. *Горелин В. А., Кононенко А. Ф.* Теоретико-цифровые модели принятия решений в эколого-экономических системах.—М.: Радио и связь, 1982.—144 с.
23. *Данилин Н. С., Гусев Л. И., Загоровский Ю. И.* Обеспечение качества РЭА методами диагностики и прогнозирования.—М.: Изд-во стандартов, 1983.—224 с.
24. *Дайер Дж.* Многоцелевое программирование с использованием человеко-машинных процедур/Под ред. И. Ф. Шахнова//Вопросы анализа и процедуры принятия решений.—М.: Мир, 1976.—С. 109—125.
25. *Джордж Л.* и др. Целевое управление организацией.—М.: Сов. радио, 1979.—148 с.
26. *Добров Г. М.* Наука о науке.— К.: Наукова думка, 1970.—314 с.
27. *Емельянов А. С.* Программно-целевое планирование — важное средство совершенствования хозяйственного механизма//Коммунист Украины.—1982.—№ 6.—С.73—80.
28. *Емельянов С. В.* и др. Модели и методы векторной оптимизации//Техническая кибернетика. Итоги науки и техники.—М.: ВИНТИ, 1972.—Т. V.—С. 386—448.
29. *Жданюк В. Ф.* Основы статистической обработки проектных измерений.—М.: Сов. радио, 1978.—384 с.
30. *Завьялов Ю. С., Квасов Б. Н., Мирошниченко В. Л.* Методы сплайн-функций.—М.: Наука, 1980.—352 с.
31. *Закин Я. Х., Рашидов Н. Р.* Основы научных исследований.—Ташкент: УкитУВИИ, 1981.—206 с.
32. *Ивахненко А. Г., Лапа В. Г.* Предсказание случайных процессов.—К.: Наукова думка, 1971.—416 с.
33. *Индикаторный элемент:* А. С. 936018 СССР: МКИ<sup>3</sup> Ж 09 Ж 3/12/Ю. Р. Носов, И. Т. Рассохин, А. Н. Мироненко, А. И. Кузьмин—СССР. № 2998458/1824; Заявлено 28.08.80; опубл. 15.06.82.—Бюл. № 22.—2 с.: ил.
34. *Исследование и разработка информационно-математических моделей систем управления производственным объединением, создание рекомендаций по системе управления производственным объединением:* Отчет о НИР промежуточный/ВНТИЦентр; Руководитель М. Р. Вальдман.—Гос. рег. № 01820088841; Инв. № 02840088014.—М.: 1984.—143 с.
35. *Исследование операций.* Модели и применение/Под ред. Д. Ж. Моудера, С. Элмаграби.—М.: Мир, 1981.—Т. II.—677 с.
36. *Использование обобщенного статистического критерия для выбора контролируемых параметров объекта/И. В. Кузьмин, В. А. Литвин, В. В. Волошин, А. С. Агеев, А. И. Кузьмин.*—Винница, 1987.—Деп. в УкрНИИТИ № 108, УК-87 Деп.
37. *Итоги науки и техники/Под ред. Б. А. Петрова//Техническая кибернетика.*—М.: КИНТИ, 1972.—Т. 4.—471 с.
38. *Кини Р. Д., Райфа Х.* Принятие решений при многих критериях: предпочтение и замещения.—М.: Радио и связь, 1981.—560 с.



39. Кирилин В. А. Энергетика сегодня и завтра. — М.: Педагогика, 1983. — 145 с.
40. Кодирование информации/Н. Т. Березюк, А. Г. Андрущенко, С. С. Мошинский и др.—К.: Вища школа, 1978.—259 с.
41. Козлов Ю. К. Организационные проблемы научно-технического прогресса//Неделя.—1981.—№ 7.—С. 7—8.
42. Колмогоров А. Н. Интерполирование и экстраполяция стационарных последовательностей//Изв. АН СССР. Сер. Математическая.—1941.—Т. V.—№ 1.—С. 42—81.
43. Краснопоясковский А. С., Калюжная С. А. О выборе обобщенной шкалы для входных переменных при многофакторном эксперименте//Автоматизированные системы управления.—Харьков, 1984.—Вып. 5.—С. 114—118.
44. Кузьмин А. И. Анализ вариантов построения информационно-измерительной системы радиомаяка//Матер. 2-й республ. научн.-техн. конф.: Физические основы построения первичных преобразователей.—Винница, 1982.—С. 15—16.
45. Кузьмин А. И. К вопросу об оценке эффективности сложных систем целевого управления.—Винница, 1985.—22 с.—Деп. в УкрНИИТИ № 1013, УК-85 Деп.
46. Кузьмин А. И. К вопросу об оценке эффективности сложной системы управления производством//Тез. докл. VII Всесоюзн. научн.-техн. конф.—Винница, 12—14 сент. 1985.—С. 21—22.
47. Кузьмин А. И. О некотором вопросе оценки эффективности управления научно-техническим прогрессом на приборостроительном объединении//Теория и практика оценки народнохозяйственной эффективности научно-технического прогресса: Тез. докл. научн.-практ. конф.—Новосибирск, 1986.—С. 27—28.
48. Кузьмин А. И. Об одном способе оценки надежности сложных систем//Сб. научн. трудов ин-та кибернетики АН УССР.—Киев, 1983.—С. 57—60.
49. Кузьмин А. И. Прогнозирование НТП с использованием метода кубических сплайнов//Внедрение САПР — путь совершенствования инженерного труда и качества разработок: Научн.-техн. конф.—Винница, 1987.—С. 10—11.
50. Кузьмин А. И. Предпосылки управления НТП на предприятии и оценка эффективности системы управления//Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами: Тез. докл. Всесоюзной школы.—Харьков, 1986.—С. 104—106.
51. Кузьмина О. И., Лесная Н. С., Кузьмин А. И. Синтез структурно-аналитических моделей шерстопрядения с использованием методов распознавания образцов//Тез. докл. Всесоюзного семинара "Оптимизация сложных систем".—Винница, 1983.—С. 26—27.
52. Кузьмин И. В., Кедрус В. А. Основы теории информации и кодирования.—2-е изд., перераб. и доп.—К.: Вища школа, Головное изд-во, 1986.—238 с.
53. Кузьмин И. В., Колесник А. В., Кузьмин А. И. Методологические проблемы автоматизации проектирования систем ситуационного управления для ГАСУ "Урожай">//Проектирование автоматизированных систем контроля и

управления сложными объектами.—Харьков, 1984.—С. 35—36.

54. Кузьмин И. В., Кузьмин А. И., Нехаевская Н. А. Оценка эффективности сложных технических систем//Теория и практика функционально-стоимостного анализа: Тез. докл. научн.-практ. семинара.—Новосибирск, 1984.—С. 17—19.

55. Кузьмин И. В., Кузьмин А. И. Энтропийный и информационный резонанс при распознавании образов//Исследование и проектирование систем "человек—машина".—К.: ИК АН УССР, 1984.—С. 3—6.

56. Кузьмин И. В. Оценка эффективности и оптимизации АСКУ.—М.: Сов. радио, 1971.—296 с.

57. Кузьмин И. В., Петров Э. Г., Евсеев В. В. О взаимоотношениях цели, ограничений и критериев оценки эффективности системы//Электроника и моделирование.—К.: Наукова думка, 1974.—№ 4.—С. 79—82.

58. Кузьмин И. В., Петров Э. Г., Стеценко Ю. А. Пути уменьшения методологических ошибок при управлении подвижными объектами//Техническая кибернетика.—К.: ИК АН УССР, 1970.—С. 80—85.

59. Куксов В. П., Сидоренко И. Г. Синтез алгоритмов на основе критериев сильного приближения//Оптимизация сложных систем.—Винница, 1983.—С. 42—176.

60. Кухарев Б. Е. Выбор компромиссного решения в условиях многокритериальности//Автоматизированные системы управления и приборы автоматики.—Харьков: Вища школа, 1975.—Вып. 35.—С. 6—12.

61. Ларичев О. И. Анализ процессов принятия решений человеком при альтернативах, имеющих оценки по многим критериям (обзор)//Автоматика и телемеханика, 1982.—№ 8.—С. 31—41.

62. Лоскутов В. И. Основы современной техники управления.—М.: Экономика, 1973.—331 с.

63. Луцкий В. А. Расчет надежности и эффективности радиоэлектронной аппаратуры.—К.: Наукова думка, 1986.—208 с.

64. Ляшко И. И., Великованкенко И. М. Численно-аналитическое решение краевых задач теории фильтрации.—К.: Наукова думка, 1973.—263 с.

65. Месаревич М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем.—М.: Мир, 1973.—344 с.

66. Методические рекомендации по статистической оценке решений при управлении надежностью в приборостроительном производственном объединении//И. В. Кузьмин, М. Р. Вальдман, Ю. Ф. Панов, В. И. Шолохов, В. Г. Ноженко, А. Г. Цисарь, А. И. Кузьмин, Б. В. Герасименко.—Винница, 1987.—75 с.

67. Методические рекомендации по применению микрокалькулятора "Электроника БЗ-34" для синтеза математических моделей параметров сложных систем//Ю. Ф. Панов, М. Р. Вальдман, Л. И. Горбенко, Э. Д. Плаван, Л. Я. Ратушная, А. И. Кузьмин, 1984.—85 с.

68. Кузьмин И. В. и др. Кустовые вычислительные центры—М.: Статистика, 1978.—232 с.

69. Мироненко А. Н., Носов Ю. Р., Кузьмин А. И. Оптоэлектронное устройство ввода и вывода графической информации//Материалы XXXVI Всесоюзн. научн. сессии, посвящ. дню Радио.—М., 1981.—С. 6—7.

70. Михайлов А. В. Эксплуатационные допуски и надежность в радиоэлектронной аппаратуре.—М.: Сов. радио, 1970.—215 с.

71. Михновский С. Д., Стогний А. А. Вопросы автоматизации проектирования без данных//Управляющие системы и машины, 1979.—№ 6.—С. 18—21.

72. Моисеев Н. Н., Иванилов Ю. П., Столяров Е. М. Методы оптимизации.—М.: Наука, 1978.—352 с.

73. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа.—М.: Наука, 1981.—488 с.

74. Мокшн Б. И., Головатюк Н. А., Кузьмин А. И. Эффективность и ее проекции в пространстве критериев.—Винница, 1984.—31 с.—Деп. в УкрНИИТИ № 208 УК-84 Деп.

75. Мыркова Л. С. Научно-технический прогресс: сущность и механизм управления//Изв. Ан СССР. Сер. Экономическая, 1977.—№ 3.—С. 16—19.

76. Научно-технический прогресс и эффективность общественного производства/Под ред. М. А. Виленского.—М.: Наука, 1972.—392 с.

77. Научно-технический прогресс и эффективность общественного производства/Под ред. Г. А. Емазаряна.—М.: Экономика, 1979.—320 с.

78. Новицкий П. Н. Основы информационной теории измерительных систем.—К.: Вища школа, 1981.—360 с.

79. Об использовании стоимостного критерия при установлении сроков проверки восстанавливаемых АСКУ/И. В. Кузьмин, В. А. Литвин, В. В. Волошин, А. И. Кузьмин.—Винница, 1984.—9 с.—Деп. в УкрНИИТИ № 1963 УК-84 Деп.

80. Орищенко Н. Н., Бычков А. А. Основы теории надежности РЭС.—М.: МО СССР, 1968.—273 с.

81. Орлов А. И. Устойчивость социально-экономических моделей.—М.: Наука, 1979.—296 с.

82. Орнатилей Л. П. Теоретические основы информационно-измерительной техники.—К.: Вища школа, 1976.—436 с.

83. Основы моделирования сложных систем/Под ред. И. В. Кузьмина.—К.: Вища школа, 1981.—360 с.

84. О целесообразности установления случайных и фиксированных сроков проверки АСКУ/И. В. Кузьмин, В. А. Литвин, В. В. Волошин, А. С. Агеев, А. И. Кузьмин.—Винница, 1987.—7 с.—Деп. в УкрНИИТИ № 107 УК-87 Деп.

85. Павлов А. А. Построение векторов с заданными свойствами на множестве Парето//Автоматика.—1983.—№ 4.—С. 43—46.

86. Пархоменко П. П., Сагомонин Е. С. Основы технической диагностики. Организация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства.—М.: Энергоиздат, 1981.—318 с.

87. Пересада В. П. Автоматическое распознавание образцов.—Л.: Энергия, 1970.—92 с.

88. Петров В. М. ВУЗы и научно-технический прогресс.—М.: Высшая школа, 1973.—245 с.

89. Петров Э. Г., Зотов В. Г. Теоретико-множественный подход к оценке

эффективности сложных систем//Автоматика.—1976.—№ 6.—С. 64—74.

90. *Петров Э. Г., Кузьмин И. В.* Анализ оптимальности систем автоматического управления по затратам материальных ресурсов//Приборы и системы автоматизи. — Харьков: Виша школа, 1972. — Вып. 2. — С. 18—22.

91. *Петров Э. Г., Кузьмин И. В.* Сравнительный анализ оптимальности по затратам и точности методов управления конечным состоянием//Сб. трудов конференции "Юрема 1972". — Загреб, 1972. — С. 121—129.

92. *Петров Э. Г.* Организационное управление городом и его подсистемами (методы и алгоритмы). — Харьков: изд-во ХГУ, 1986. — 240 с.

93. *Петров Э. Г.* Разработка и исследование методов эффективного управления организационными системами /на примере управления регионом/:—Дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.07.—Харьков, 1982.

94. *Петров Э. Г.* Системный анализ целей функционирования города и пути их достижения//Теория и практика создания региональных автоматизированных систем управления.—К.: ИК АН УССР, 1977.—С. 3—11.

95. *Поджаренко В. А., Кузьмин А. И.* Информационно-энергетическая модель электромеханического преобразования//Оптимизация сложных систем: Тез. докл. Всесоюз. семинара.—Винница, 1983.—С. 145—146.

96. *Подиновский В. В., Гаврилов В. М.* Оптимизация по последовательно применяемым критериям.—М.: Сов. радио, 1975.—192 с.

97. *Поспелов Г. С., Ириков В. А.* Программно-целевое планирование и управление.—М.: Сов. радио, 1976.—440 с.

98. *Принятие решений в условиях нестатической неопределенности//* Межвуз. сб. научн. трудов.—Рига: РПИ, 1982.—126 с.

99. *Пуарьев Д.* Эконометрия структурных изделий.—М.: Статистика, 1981.—183 с.

100. *Пугачев В. С.* Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления.—М.: Физматгиз, 1962.—364 с.

101. *Пухов Г. Е., Кулик М. Н.* Гибридное моделирование в энергетике.—К.: Наукова думка, 1977.—145 с.

102. *Растринин Л. А.* Современные принципы управления сложными объектами.—М.: Сов. радио, 1980.—232 с.

103. *Раяцкая Р. Л.* Система моделей планирования и прогнозирования.—М.: Экономика, 1976.—286 с.

104. *Рациональные научно-технические программы и их реализация в Украинской ССР/Л. Ф. Родзиевская, С. В. Волощенко.*—К.: УкрНИИТИ, 1983.—43 с.

105. *Редкозубов С. А.* Статистические методы прогнозирования в АСУ.—М.: Энергоиздат, 1981.—152 с.

106. *Рубан В. Я., Козак Ю. И., Задорожный С. В.* Программно-целевое управление в науке и технике.—К.: Виша школа, 1984.—69 с.

107. *Садовский В. Н.* Основы общей теории систем.—М.: Наука, 1975.—280 с.

108. *Салыга В. И., Зайцев И. Д.* Автоматизация проектирования непрерывных процессов.—К.: Техніка, 1979.—155 с.

109. *Самарский А. А.* Теория разностных схем.—М.: Наука, 1983.—616 с.

110. *Саркисян С. А., Ахундов В. М., Минаев Э. С.* Большие технические системы. Анализ и прогноз развития.—М.: Наука, 1977.—350 с.
111. *Свиридов В. В.* Контроль в сложных системах.—М.: Знание, 1976.—61 с.
112. *Сардаков А. С.* Автоматический контроль и техническая диагностика.—К.: Техніка, 1971.—241 с.
113. *Сигорский В. П.* Математический аппарат инженера.—К.: Техніка, 1975.—766 с.
114. *Сидоренко И. Г.* Разработка некоторых алгоритмов идентификации прогнозируемых кубических сплайнов//Одиннадцатой пятилетке — ударный труд, знание, инициативу и творчество молодых: Тез. докл. Школы молодых ученых.—Харьков, 1983.—С. 10—11.
115. *Силин В. Д., Заковряшин А. И.* Автоматическое прогнозирование составления аппаратуры управления и наблюдения.—М.: Энергия, 1973.—335 с.
116. *Синтез* вычислительных алгоритмов управления и контроля/И. В. Кузьмин, Н. Т. Березюк, К. К. Фурманов, В. Б. Шаронов.—К.: Техніка, 1975.—246 с.
117. *Справочное* пособие по математическому анализу/И. И. Ляшко и др.—К.: Вища школа, 1978.—Ч. I.—695 с.
118. *Стячник С. В., Субботин Ю. Н.* Сплайны в вычислительной математике.—М.: Наука, 1976.—248 с.
119. *Тищенко Н. М.* Введение в проектирование систем управления.—М.: Энергия, 1986.—248 с.
120. *Управление* научно-техническим прогрессом/Под ред. В. Г. Лебедева.—М.: Экономика, 1979.—256 с.
121. *Усмов А. И.* Системный подход и общая теория систем.—М.: Мысль, 1978.—272 с.
122. *Ушаков И. А.* Оценка эффективности функционирования сложных систем//Вопросы радиоэлектроники. Сер. XII. Общетеchnическая, 1962.—Вып. 13.—С. 8—12.
123. *Ушаков И. А.* Эффективность функционирования сложных систем.—М.: Сов. радио, 1966.—175 с.
124. *Форсайт Дж., Малькольм М., Моулерк.* Машинные методы математических вычислений.—М.: Мир, 1980.—280 с.
125. *Френкель А. А.* Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда.—М.: Экономика, 1972.—190 с.
126. *Характеристика* и анализ технико-экономических показателей сборочного производства: Отчет о НИР/Винницк. политехн. ин-т; Руководитель М. Р. Вальдман, № гос. рег. 01820088841; Инв. № 02840088014.—М.: 1984.—143 с.—Отв. исп. В. С. Петрунин, А. И. Кузьмин, В. А. Гарник, Л. М. Тычинская; Соисполн.: С. И. Гвардиян, М. А. Осадчая, И. А. Гладков, Э. Д. Плаван, Л. Я. Ратушная, А. А. Сыроватко, Н. А. Ключко, М. А. Рвачев.
127. *Четыркин Е. М.* Статистические методы прогнозирования.—М.: Статистика, 1977.—301 с.
128. *Чумаченко Н. Г.* Принятие решений в управлении производством.—К.: Техніка, 1978.—191 с.

129. *Шакин В. А., Майнов Г. П., Малицкий М. Ф.* Автоматика для управления наукой и техникой // Обзорная информация ЦНИИТЭН приборостроения. № 1982.—Вып. 5.—18 с.
130. *Шимкин О. П.* Основы построения АСУ.—М.: МВ ССО СССР, 1979.—75 с.
131. *Шишонков Н. А., Репкин В. Ф., Барвинский Л. Л.* Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники.—М.: Сов. радио, 1964.—250 с.
132. *Шор Я. Б.* Статистические методы анализа и контроля качества и надежности.—М.: Сов. радио, 1962.—450 с.
133. *Яич Э.* Прогнозирование научно-технического прогресса.—М.: Прогресс, 1974.—568 с.
134. *Ямпольский С. М., Жемак Ф. М., Лисичкин В. А.* Проблемы научно-технического прогнозирования.—М.: Экономика, 1969.—296 с.
135. *Кузьмин И. В.* Проектирование телемеханических систем контроля и управления, ХВКИУ, 1967.
136. *Губинский А. И., Ротштейн А. П.* Методические рекомендации по построению моделей оценки эффективности, качества и надежности эрготехнических систем, АН СССР, —М., 1981.
137. *Кузьмин И. В., Кузьмин А. И.* Оценка эффективности, качества и оптимальности системы целевого управления НИП с помощью Q-графа.—ИКАН УССР.—К., 1989.
138. *Кузьмин И. В. и др.* Элементы вероятностных моделей АСУ—М.: Советское радио и связь, 1975.—335 с.
139. *Павлов А. А.* Алгоритмическое обеспечение сложных систем управления.—К.: Вища школа, 1989.—165 с.
140. *Анчихин А. И., Яременко Ю. В.* Темпы и пропорции развития.—М.: Экономика, 1967.
141. *Амиров Ю. Д.* Организация и эффективность НИОКР.—М.: Экономика, 1974.—200 с.
142. *Козлов Ю. К.* Организационные проблемы НТП.—М.: Мысль, 1972.
143. *Абрамовец М., Стиган И.* Справочник по специальным функциям.—М.: Наука, 1979.—832 с.
144. *Айвазян С. А., Еников И. С., Мешалкин Л. Д.* Прикладная статистика.—М.: Финансы и статистика, 1983.—471 с.
145. *Большев Л. Н., Смирнов Н. Н.* Таблицы математической статистики.—М.: Наука, 1983.—410 с.
146. *Браунли К. А.* Статистическая теория и методология в науке и технике.—М.: Наука, 1977.—408 с.
147. *Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д.* Математические методы в теории надежности.—К.: Наука, 1965.—524 с.
148. *Крамер Г.* Математические методы статистики.—М.: Мир, 1975.—648 с.
149. *Четыркин Е. М., Калихман И. Л.* Вероятность и статистика.—М.: Финансы и статистика, 1982.—319 с.
150. *Янко Я.* Математико-статистические таблицы.—М.: Госстатиздат ЦСУ УССР, 1961.—243 с.

151. ГОСТ 11.006.-74. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим.
152. *Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 13 марта 1987 г. № 325—329.*—М.: Минвуз СССР, 1987.
153. *Нормативные документы Минвуза СССР по перестройке высшего образования в стране. Сборник официальных материалов, в. 1 (1987 г.) и в. 2 (1988 г.), Управление делами Минвуза СССР.*—М.
154. *Перестройка высшего образования в 1987 г.*—М.: НИИ ПВШ, 1988.
155. *Ягодин Г. А. Через гуманизацию и демократию к новому качеству образования.*—Всесоюзный съезд работников народного образования.—Правда за 21.12.88.
156. *Материалы XXVI, XXVII съезда КПСС.*—М.: Политиздат, 1981, 1985.
157. *План организационных мероприятий МВ ССО УССР по реализации решений XXVI съезда КПСС и XXVI съезда Компартии Украины.*—К., 1981.
158. *Моисеева Н. К. Функционально-стоимостной анализ в машиностроении.*—М.: Машиностроение, 1987.
159. *Кузьмин И. В. и др. АСУ городским хозяйством.*—К.: Будівельник, 1978.
160. *Сосновский Я. Ш., Ткаченко П. Г. Функционально-стоимостной анализ.*—К.: Техніка, 1986.
161. *Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического симпозиума "Функционально-стоимостной анализ в повышении эффективности производства".*—М., 1985.
162. *Достал В., Лоцбал Я., Рыбникова Т. А. Возможность применения вычислительной техники на некоторых этапах ФСА. Экономика и организация промышленного производства.*—№ 12.—1984.
163. *Влчек Р. Функционально-стоимостной анализ в управлении.*—М.: Экономика, 1986.
164. *Скворцов Н. П., Омельченко Л. Н. Организация функционально-стоимостного анализа на машиностроительных предприятиях.*—К.: Техніка, 1987.
165. *Под ред. Карпунина М. Г. Функционально-стоимостной анализ в электротехнической промышленности.*—М.: Энергоиздат, 1984.
166. *Кузьмин И. В., Квятковская Е. А., Нехаевская Н. А., Кузьмин А. И. Методические рекомендации по проблемному чтению курса "Основы теории сложных систем". Ч. 1 "Основы построения математических моделей".*—Винница, 1983.
167. *Кузьмин И. В., Квятковская Е. А., Нехаевская Н. А., Кузьмин А. И. Методические рекомендации по проблемному чтению курса "Основы теории сложных систем". Ч. 2 "Основы теории оценки эффективности, качества и оптимальности сложных систем".*—Винница, 1984.
168. *Кузьмин И. В., Квятковская Е. А., Нехаевская Н. А., Кузьмин А. И. Методические рекомендации по проблемному чтению курса "Основы теории сложных систем". Ч. 3 "Основы теории оптимизации процессов в сложных системах".*—Винница, 1984.
169. *Панов Ю. Ф., Вальдман М. Р., Горбенко Л. И., Плаван Э. Д., Ратушная Л. Я., Кузьмин А. И. Методические рекомендации по применению*

микрокалькулятора "Электроника БЗ-34" для синтеза математических моделей параметров сложных систем.—Винница, 1984.—85 с.

170. Кузьмин И. В., Вальдман М. Р., Панов Ю. Ф., Шолохов В. И., Ноженко В. Г., Цисарь А. Г., Кузьмин А. И., Герасименко Б. В. Методические рекомендации по статистической оценке решений при управлении надежностью в приборостроительном производственном объединении.—Винница, 1987.—75 с.

171. Кузьмин А. И. Автоматизированные системы целевого управления научно-техническим прогрессом.—Тбилиси, 1991.

172. Мироенко А. Н., Носов Ю. Р., Кузьмин А. И. Оптоэлектронное устройство ввода и вывода графической информации. Материалы XXVI Всесоюзной научной сессии, посвященной дню радио.

173. Кузьмин И. В., Литвин В. А., Волошин В. В., Агеев А. С., Кузьмин А. И. О целесообразности установления случайных и фиксированных сроков проверки АСКУ.—Винница, 1987.—7 с.—Деп. в УкрНИИТИ № 107 УК-87 Деп.

174. Поджаренко В. А., Кузьмин А. И. Информационно-энергетическая модель электромеханического преобразования.—Тез. докл. Всесоюзного семинара "Оптимизация сложных систем".—Винница, 1983.—С. 145—146.

175. Вальдман М. Р., Петрунин В. С., Кузьмин А. И., Гарник В. А., Тычинская Л. М. (Отв. исп.), Гвардиян С. И., Осадчая М. А., Гладков И. А., Плаван Э. Д., Ратушная Л. Я., Сыроватко А. А., Ключко Н. А., Рвачев М. А. Характеристика и анализ технико-экономических показателей сборочного производства. Отчет по НИР № гос. рег. 01820088841; инв. № 02840088014.—М., 1984.—143 с.

176. Кузьмин А. И. Разработка сложной системы целевого управления научно-техническим прогрессом производственного объединения. Отчет по НИР УДК 681.3.06.330.1157.—Винница, 1987.

177. Кузьмин А. И. Проблемы проектирования АСЦУ НТП предприятия. Всесоюзная школа "Проектирование АСУК сложными объектами".—Харьков—Туапсе, 1990.—С. 57.

178. Кузьмин А. И. Идеология создания систем управления НТП на приборостроительном предприятии. Всесоюзный семинар "Моделирование, идентификация, синтез систем управления в химических и химико-металлургических производствах".—Донецк, 1986.—4 с.

179. Карнеги Д. Как приобретать друзей и оказывать влияние на людей.—К.: Наукова думка, 1989.—222 с.

180. Патон Б. Е. Наука, техника, прогресс.—М.: Наука, 1987.—416 с.

181. Орлов Ю. М. Восхождение к индивидуальности.—М.: Просвещение, 1991.—288 с.

182. Кузьмин А. И. Разработка математических моделей и алгоритмов исследования систем целевого научно-техническим прогрессом предприятия, диссертация на соискание ученой степени д. т. н., Киев, 1992.—351 с.

183. Кузьмин И. В. Классификация задач, оценка эффективности и качества человеко-машинных систем, сб. тр. "Информационные и моделирующие системы в электронике и электроэнергетике".—К.: Наукова думка, 1980.—4 с.



А. И. Кузьмин,

В. Т. Сусиденко

Под общей редакцией проф. И. В. Кузьмина

**Эффективные модели экономического,  
научного и технического бизнеса  
и предпринимательства в условиях АСЦУ**

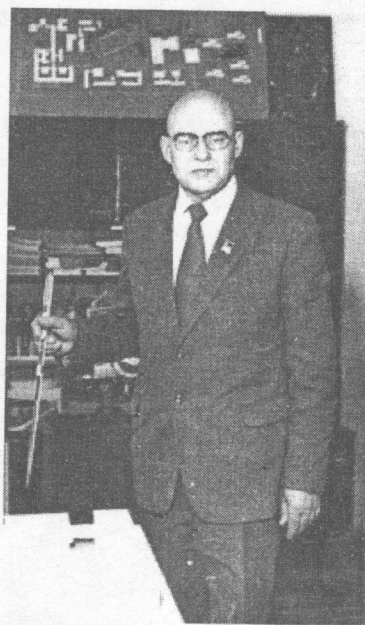
---

Набор и компьютерная верстка МНПП «ИТИ»  
г. Винница, ул. Келецкая, 56  
тел. (0432) 44-63-60

---

Сдано в набор 25.06.97г. Подписано в печать 10.04.98г. Формат 60x84/16.  
Бумага офсетная №1. Печать офсетная. Усл. печ. лист. 12,6. Заказ №502.

Государственная картографическая фабрика  
287100, г. Винница, ул. 600-летия, 19



**Иван Васильевич Кузьмин** — академик АН прикладной радиоэлектроники России, Украины и Беларуси, Заслуженный деятель науки и техники Украины, Лауреат Государственной премии Украины, доктор технических наук, профессор — родился в Новосибирской области 3 февраля 1924 г.

Трудовой стаж начал с 15 лет. Участник Великой отечественной войны. В Советской Армии прослужил с 1942 г. по 1971 г. вначале солдатом, затем сержантом и офицером в должностях радиста, инструктора практического обучения военного авиационного училища, слушателя и адъюнкта Военно-воздушной инженерной ака-

демии им. проф. Н.Е. Жуковского, начальника кафедры Военного инженерного училища им. маршала Н.И. Крылова.

После увольнения из армии работал заведующим кафедрой и проректором по науке Харьковского института радиоэлектроники, заведующим кафедрой и ректором Винницкого политехнического института. В настоящее время И.В. Кузьмин является Президентом винницкой МАН, Вице-президентом АН ПРЭ, профессором кафедры компьютерных систем управления Винницкого государственного технического университета.

Основными направлениями научной работы являются исследование методов автоматизированной обработки сигналов, получаемых с РЛС обзора и наведения; создание теории оценки эффективности, качества и оптимальности сложных автоматизированных систем контроля и управления, анализа и синтеза сложных авиационных, космических и производственных систем управления. Эти теории широко реализованы и внедряются на практике.

И.В. Кузьминым получено несколько патентов и около 100 авторских свидетельств на изобретение, опубликовано около 500 научных и методических работ, в том числе 30 книг. В его школах подготовлено более 100 кандидатов и докторов технических наук.