

**В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов**

# **ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ**

*Учебник*

3-е издание

Рекомендовано уполномоченным учреждением  
Министерства образования и науки РФ —  
Государственным университетом управления  
в качестве учебника для студентов  
экономических вузов, обучающихся по направлению  
подготовки «Прикладная информатика»

Регистрационный номер рецензии 089 от 22.04.2009 г.  
(Федеральный институт развития образования)

Москва

Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°»  
2016

**УДК 004**  
**ББК 32.97**  
**В25**

**Авторы:**

*В. М. Вдовин* — заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, доктор военных наук, профессор;

*Л. Е. Суркова* — кандидат технических наук, доцент;

*В. А. Валентинов* — кандидат экономических наук, доцент.

**Рецензенты:**

*Л. И. Кушнарев* — доктор технических наук, профессор;

*И. И. Гратников* — доктор технических наук, профессор.

**Вдовин В. М.**

**В25**

Теория систем и системный анализ: Учебник для бакалавров / В. М. Вдовин, Л. Е. Суркова, В. А. Валентинов. — 3-е изд. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. — 644 с.

ISBN 978-5-394-02139-8

Учебник написан в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

При разработке материала учебника использовался опубликованный материал по данной тематике, опыт преподавания и изучения дисциплины в вузах Российской Федерации, а также личный опыт авторов. Практически все важные теоретические положения, приведенные в учебнике, иллюстрированы примерами. При этом для решения примеров использованы современные информационные технологии, в том числе “Excel”, “VBA”, “Mathcad”.

Для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки “Прикладная информатика”.

ISBN 978-5-394-02139-8

© Вдовин В. М., Суркова Л. Е,  
Валентинов В. А., 2012

© ООО «ИТК «Дашков и К°», 2012

---

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

<b>Введение .....</b>	<b>9</b>
<b>Раздел 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ .....</b>	<b>12</b>
<b>Глава 1. Определение дисциплины и основные понятия теории систем .....</b>	<b>12</b>
1.1. Теория систем и системный анализ .....	12
1.2. Понятие системы и ее свойства .....	12
1.3. Основные категории систем .....	17
1.4. Преобразования в системах .....	23
1.5. Типы шкал, фиксирующих процессы преобразования в системах .....	24
1.6. Жизненный цикл систем .....	27
<b>Глава 2. Свойства и возможности системы .....</b>	<b>33</b>
2.1. Свойства системы .....	33
2.2. Возможности системы .....	35
2.3. Обобщенный показатель качества системы .....	63
<b>Глава 3. Законы функционирования и методы управления системами .....</b>	<b>65</b>
3.1. Законы теории систем .....	65
3.1.1. Общие законы теории систем .....	65
3.1.2. Частные законы теории систем .....	69
3.1.3. Закономерности функционирования систем .....	72
3.2. Процессы в системе и управление системой .....	74
3.2.1. Переходные процессы в системах .....	74
3.2.2. Принцип обратной связи и устойчивость систем .....	82
3.2.3. Управляемость системы .....	84
3.2.4. Достижимость системы .....	85
3.3. Методы и принципы управления в системах .....	86

<b>Глава 4. Функционирование систем в условиях неопределенности. Критическое состояние систем.</b>	<b>91</b>
4.1. Общие положения по оценке состояния систем в условиях неопределенности	91
4.2. Прогнозирование состояния систем, функционирующих в условиях неопределенности	93
4.2.1. Основные понятия и определения	93
4.2.2. Методы прогнозирования	95
4.3. Прогнозирование критических ситуаций в экономических системах	105
4.4. Управление экономическими системами в условиях критического состояния (кризиса)	121
Тестовые задания	126
<b>Раздел II. ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА</b>	<b>129</b>
<b>Глава 5. Основные понятия и положения теории системного анализа.</b>	<b>129</b>
5.1. Системный анализ — подход к изучению систем	129
5.2. Общие правила и алгоритмы анализа систем	131
5.3. Общие правила и алгоритмы синтеза систем	135
5.4. Обобщенный алгоритм анализа и синтеза систем	140
5.5. Методы анализа и синтеза систем	143
5.5.1. Классификация методов анализа и синтеза систем	143
5.5.2. Информационный метод	146
5.5.3. Математические методы	147
5.5.4. Кибернетические методы	148
5.5.5. Исследование систем по аналогии	149
5.5.6. Интуитивный метод	150
5.5.7. Проблемный метод	150
5.5.8. Комбинированный метод	153
5.6. Сущность, содержание и технология исследования в ходе системного анализа	153
5.6.1. Закономерности целеобразования	154
5.6.2. Виды и формы представления структур целей	156
5.6.3. Методика выявления и анализа проблем в системах	157
<b>Глава 6. Основы анализа экономических систем.</b>	<b>184</b>
6.1. Конструктивное определение экономического анализа	184



6.1.1. Системное описание экономического анализа ...	184
6.1.2. Задачи экономического анализа .....	185
6.1.3. Экономические величины и показатели. ....	186
6.1.4. Сравнение в экономическом анализе. ....	188
6.2. Этапы экономического анализа .....	191
6.3. Методы анализа экономических систем .....	193
6.4. Анализ факторов, влияющих на процессы в экономических системах. ....	197
6.5. Факторный анализ финансовой устойчивости при использовании ординальной шкалы .....	210
6.5.1. Собственный капитал и факторный анализ финансовой устойчивости .....	210
6.5.2. Определение тенденции экономического роста....	211
<b>Глава 7. Анализ информационных ресурсов .....</b>	<b>213</b>
7.1. Информационный ресурс — сложная система.....	213
7.2. Методика анализа информационного ресурса .....	217
7.2.1. Общие положения методики анализа информационного ресурса .....	217
7.2.2. Алгоритм анализа информационного ресурса ...	219
7.2.3. Методика проведения анализа информационных порталов .....	219
<b>Глава 8. Организация экспертиз сложных систем .....</b>	<b>222</b>
8.1. Основы подготовки и проведения сложных экспертиз .....	222
8.2. Методы последовательного анализа и их применение при принятии решений по результатам экспертизы .....	226
8.2.1. Принятие решения по результатам экспертизы на основе отбраковки неприемлемых вариантов .....	226
8.2.2. Экспертиза по сравнительной оценке эффективности двух систем .....	228
8.2.3. Экспертиза качества системы по среднему значению выбранного параметра .....	232
8.2.4. Экспертиза качества системы по дисперсии выбранного параметра .....	238
8.3. Методы экспертных оценок, используемые при проведении сложных экспертиз .....	239
8.3.1. Метод парных сравнений .....	242
8.3.2. Метод ранжировки мнений .....	245
8.3.3. Метод шкальных оценок .....	246
8.4. Проведение экспертизы на основе построения причинно-следственной диаграммы .....	247

---

## **Глава 9. Системный анализ систем и процессов**

<b>управления</b> .....	250
9.1. Основные понятия управленческого решения .....	250
9.2. Условия принятия решений .....	258
9.3. Основные виды обеспечения процесса выработки и принятия решений .....	260
9.3.1. Информационное обеспечение процесса выработки и принятия решений .....	260
9.3.2. Морфологическое и лингвистическое обеспечение процесса выработки и принятия решений .....	262
9.3.3. Техническое и программное обеспечение процесса выработки и принятия решений .....	263
9.3.4. Оценка обстановки (ситуации) .....	263
9.4. Методы выработки решений .....	267
9.4.1. Математический метод выработки решений ...	269
9.4.2. Статистические критерии принятия решений. .	270
9.4.3. Байесова модель принятия решений в условиях неопределенности .....	276
9.4.4. Кибернетический метод выработки решений. .	280
9.4.5. Выработка и принятие решения по аналогии. .	284
9.4.6. Интуитивный метод принятия решения .....	286
9.4.7. Проблемный метод выработки решений .....	286
9.4.8. Комбинированный метод выработки решения. .	289
9.5. Работа органа управления системой по формированию управляющего воздействия (выработке решения) .....	289
9.6. Основные закономерности, принципы и правила выработки и принятия решений .....	293
9.7. Качество решений .....	295
9.8. Ошибки, допускаемые при выработке и принятии решений .....	298

## **Глава 10. Системный анализ качества продукции, процессов и систем** .....

10.1. Основные понятия системы качества .....	299
10.2. Системный анализ качества продукции .....	302
10.3. Системный анализ улучшения качества процессов ..	312
10.4. Системный анализ качества систем .....	342
Тестовые задания .....	348

## **Раздел III. Моделирование систем** .....

---

**Глава 11. Основы моделирования экономических систем. .... 353**

11.1. Общие положения по моделированию экономических систем .....	353
11.1.1. Определение понятия “модель” .....	353
11.1.2. Классификация моделей .....	358
11.1.3. Требования к моделям экономических систем ...	362
11.1.4. Математическая модель системы (на примере модели информационной системы) .....	364
11.2. Оценка точности и надежности результатов моделирования .....	374
11.3. Оценка целесообразности использования моделей для обоснования решения .....	391
11.4. Повышение точности и надежности результатов моделирования .....	392
11.5. Использование корректируемых моделей .....	396
11.6. Верификация моделей экономических систем .....	408

**Глава 12. Аналитические модели экономических систем .... 412**

12.1. Аналитические модели экономических систем, построенные на основе зависимостей, полученных по результатам обработки ретроспективной информации показателей их функционирования .....	412
12.2. Аналитические модели экономических систем, основанные на описании процессов с помощью дифференциальных уравнений .....	421
12.3. Аналитическая модель многоуровневой иерархической большой системы (на примере системы потребительской кооперации) .....	431

**Глава 13. Сетевые модели экономических систем .... 439**

13.1. Сетевая модель системы. Основные понятия и определения .....	439
13.2. Разработка сетевой модели системы .....	443
13.3. Расчет параметров сетевой модели .....	444
13.4. Современные информационные технологии разработки и применения сетевых моделей экономических систем .....	450

**Глава 14. Имитационные модели экономических систем .... 459**

14.1. Определение понятия “имитационное моделирование” .....	459
14.2. Цель, задача, проблема, система, элемент системы, состав и структура системы, работа, мероприятие, функция, событие, агрегат, процесс, заявка, транзакт ...	463

14.3. Время и пространство в имитационных моделях . . . .	465
14.4. Классификация имитационных моделей в экономике . . .	474
14.5. Общий порядок разработки имитационных моделей в экономике . . . . .	476
14.6. Обработка опытов (реализаций) в имитационных моделях . . . . .	497
14.7. Имитационное моделирование элементов экономических систем и процессов . . . . .	498
14.7.1. Имитационное моделирование элементов пространственной динамики. . . . .	498
14.7.2. Имитационное моделирование систем массового обслуживания при решении задач производства продукции и оказании услуг. . . . .	504
14.7.3. Имитационное моделирование финансовых операций для управления финансовыми рисками . . . .	511
14.8. Разработка имитационных экономических моделей в “Excel” . . . . .	531
14.9. Применение специализированных программных комплексов для разработки имитационных моделей экономических процессов. . . . .	537
14.10. Разработка имитационной модели предприятия в “Microsoft Excel” . . . . .	550
14.11. Разработка имитационной модели на основе программного продукта “Microsoft Access” . . . . .	572
14.12. Разработка имитационной модели управления бизнес-процессом на основе “Microsoft Project” . . . . .	600
14.12.1. Формирование планов бизнес-процесса . . . . .	600
14.12.2. Имитация временных показателей бизнес-процесса . . . . .	602
14.12.3. Имитация хода реализации бизнес-процесса (проекта) . . . . .	604
<b>Глава 15. Оптимизационные модели экономических систем. . .</b>	<b>611</b>
15.1. Основные понятия оптимизации и классификация методов решения оптимизационных задач. . . . .	611
15.2. Постановка задачи и общий порядок разработки оптимизационной модели экономической системы . . . . .	617
15.3. Примеры оптимизационных моделей экономических систем . . . . .	619
Тестовые задания . . . . .	638
<b>Литература . . . . .</b>	<b>641</b>

---

## ВВЕДЕНИЕ

---

Теория систем и системный анализ — система понятий, методов и технологий для изучения, описания, реализации систем различной природы и характера, междисциплинарных проблем. Это система общих законов, методов, приемов исследования систем.

*Объектами изучения* (исследования) в теории систем и системном анализе являются любые эмпирические и абстрактные объекты окружающего нас мира. Разнообразие и сложность объектов затрудняет их познание. Количество научных дисциплин, учитывающих конкретные проявления разнообразия, постоянно растет и в настоящее время насчитывает десятки тысяч дисциплин. Возникла проблема интеграции научного знания. Решение этой проблемы — единое, универсальное научное знание, общее для всех наук, которое является предметом исследования в теории систем и системном анализе.

Современные представления единого общего универсального научного знания выражены в законах и моделях систем, методах анализа и синтеза систем. Овладение единым научным знанием обеспечивает формирование у студентов фундаментальных основ научного знания, которые способствуют повышению качества обучения при сокращении сроков, улучшению понимания, развитию таких познавательных функций, как описание, объяснение и предсказание.

*Предметом изучения* (исследования) дисциплины являются законы, модели и методы систем, которые отражают универсального научное знание, общее для всех научных дисциплин.

*Цель изучения* (исследования) дисциплины — ознакомление студентов с единым научным знанием, развитие умений применять это знание на практике.

---

Задачи *изучения* (исследования) дисциплины: формирование у студентов системного подхода при решении задач управления, в особенности экономическими объектами; овладение студентами знаниями о законах и моделях систем, методах анализа и синтеза систем, которые отражают единое научное знание; развитие умений применять законы, модели и методы систем на практике; привитие навыков решения проблем методами системного анализа.

Основоположителем *теории систем* считается Л. фон Берталанфи, который в 30-е гг. XX в. предложил концепцию открытой системы. До Берталанфи в начале XIX в. наш соотечественник А. А. Богданов начал развивать системное направление в управлении, однако в силу исторических причин предложенная им всеобщая организационная наука *тектология* не нашла распространения и практического применения. Потребности практики почти одновременно со становлением теории систем привели к возникновению направления, названного *исследованием операций*; применительно к задачам управления в определенный период более широкое распространение получил термин *кибернетика*, введенный М. А. Ампером и принятый для названия новой “науки об управлении в живых организмах и машинах” Н. Винером. Наиболее конструктивным из направлений системных исследований считается *системный анализ*, который впервые появился в работах корпорации RAND в связи с задачами военного управления в 1948 г., а в отечественной литературе получил распространение после перевода книги С. Оптнера “Системный анализ деловых и промышленных проблем”.

На империческом уровне системными исследованиями занимались все, кто достиг в науке и практике значительных результатов. Это характерно для выдающихся научных результатов, полученных в областях физики, математики, теории машин и механизмов, а впоследствии и экономики.

Данный учебник предназначен для изучения дисциплины “Теория систем и системный анализ” студентами бакалавриата

---

направления подготовки “Прикладная информатика”, а также специальности “Прикладная информатика (в экономике)”. Содержание материала, его изложение, а также практическая база соответствуют требованиям Государственного стандарта, учитывают взаимосвязи с дисциплинами “Информатика”, “Информационные технологии в экономике”, “Проектирование информационных систем”, а также с экономическими и учетно-финансовыми дисциплинами, создающими предметную основу для обучения студентов автоматизированному решению экономических задач, эксплуатации и проектированию информационных систем.

---

# Раздел 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СИСТЕМ

---

## Глава 1. Определение дисциплины и основные понятия теории систем

### 1.1. Теория систем и системный анализ

Теория систем и системный анализ — наука, которая изучает общие положения, законы, принципы построения, функционирования систем и проведения системного анализа, а также основы моделирования систем.

**Объект** изучения — системы процессов и явлений окружающей нас действительности (социальных, экономических, биологических, технических и т. д.)

**Предмет** изучения — *общие* законы, закономерности, принципы, технологии функционирования систем и правила проведения системного анализа.

**Цель изучения:** получение знаний, овладение методологией, позволяющей системно рассматривать экономические процессы, процессы управления предприятиями и другими структурами, а также общими методами анализа и синтеза систем для принятия решения по управлению экономическими процессами.

**Задачей дисциплины** является изучение:

- основ теории систем;
- основ системного анализа;
- принципов моделирования как основы исследования систем.

### 1.2. Понятие системы и ее свойства

На основании целого ряда источников приводим несколько определений понятия “система”.



---

**Система** — совокупность элементов и отношений между ними.

**Система** есть нечто целое:

$$S=H(1,0),$$

где  $S$  — условное обозначение системы;

$H(1,0)$  — условное обозначение состояний системы;

1 — система обладает свойством целостности;

0 — система не обладает этим свойством.

**Система** есть организованное множество:

$$S=(OPG, M),$$

где  $OPG$  — оператор организации;

$M$  — оператор множества.

**Система** есть множество вещей, свойств и отношений:

$$S=(m, n, r),$$

где  $m$  — вещи;

$n$  — свойства;

$r$  — отношения.

**Система** есть множество входов, выходов и состояний:

$$S=(e, ST, BE, E),$$

где  $e$  — элементы;

$ST$  — структуры;

$BE$  — поведение;

$E$  — среда.

$$S=(X, G, S, \delta, \lambda),$$

где  $X$  — входы;

$G$  — выходы;

$S$  — состояния;

$\delta$  — функции переходов;

$\lambda$  — функции выходов.

**Система** имеет генетическое (родовое) начало, условия существования, обменные явления, развитие, функционирование и репродукцию:

$$S=(GN, KD, MB, EV, FC, RP),$$

---

где GN — генетическое начало;  
KD — условия существования;  
MB — обменные явления;  
EV — развитие;  
FC — функционирование;  
RP — репродукция.

**Система** имеет свойства моделирования, связей, пересчитывания элементов, обучения, самоорганизации, возбуждения:

$$S = (F, SC, R, FL, FO, CO),$$

где F — моделирование;  
SC — наличие связи;  
R — пересчитывание;  
FL — обучение;  
FO — самоорганизация;  
CO — возбуждение.

**Система** функционирует во времени, имеет входы и выходы, состояния, классы функций на входах и выходах, связи между выходами и входами:

$$S = (T, X, G, S, \Omega, V, \zeta, \mu),$$

где T — время;  
X — входы;  
G — выходы;  
S — состояния;  
 $\Omega$  — классы функций на входе;  
V — классы функций на выходе;  
 $\zeta, \mu$  — функциональные связи между выходом и входом.

**Система** учитывает цели, планы, ресурсы, исполнителей, процесс, помехи, контроль, управление, мотивацию, результат, эффективность:

$$S = (PL, SV, RQ, RI, EX, PR, DT, RG, M, R, EF),$$

где PL — цели;  
SV — планы;  
RQ — ресурсы;  
RI — исполнители;  
EX — процесс;  
PR — помехи;

---

DT — контроль;  
RG — управление;  
M — мотивация;  
R — результат;  
EF — эффективность.

**Классифицируют** системы в соответствии со следующими основными признаками:

♦ **по виду отображаемого объекта** — технические, биологические, социальные, экономические, комбинированные и др. Например, автомобиль — техническая система; человек — система биологическая; производственный коллектив — социальная система; производственное предприятие — экономическая система, включающая в качестве подсистем технические, социальные подсистемы и т. д.;

♦ **по виду научного направления** — математические, физические. Математическая модель предприятия — это математическая система. Натурная модель предприятия — это система физическая;

♦ **по виду формализованного аппарата** — детерминированные, статистические. Если в системе преобладают неслучайные процессы, явления, факторы, то говорят, что система детерминированная. Если процессы, протекающие в системе, зависят от факторов случайных и точно нельзя предсказать результат функционирования системы, то говорят, что система статистическая;

♦ **по степени сложности** — простые, сложные. Автомобиль — это сложная система. Он состоит из целого ряда подсистем, связанных между собой. В свою очередь, каждая подсистема состоит из элементов. Человек очень сложная система. Сложной системой является также и вселенная. Простые системы, как правило, состоят из одного или нескольких элементов, связанных простыми отношениями;

♦ **по степени открытости** — открытые, закрытые. Открытые системы, как правило, связаны с внешними системами верхнего, нижнего и смежного уровней. Эти системы организуются и функционируют с учетом внешних условий. Экономическая система России — это открытая система. Экономическая систе-

ма государства, имеющего эмбарго, является закрытой или же условно закрытой системой;

♦ **по степени организованности** — хорошо организованные, плохо организованные, самоорганизующиеся. Управляемая система, работающая без сбоев, — это система хорошо организованная. Управление такой системой осуществляется внешним органом. Если внешнего органа управления нет и система сама определяет себе цели, задачи, реализует функции управления, то это система самоорганизующаяся.

♦ **по виду деятельности** — системы выработки и принятия решений; планирования деятельности и т. д.;

♦ **по принадлежности к тем или иным системам управления** — автоматические системы управления, автоматизированные системы управления. Например, техническая система регулирования подачи топлива в котлы ТЭЦ (при изменении температуры наружного воздуха) является автоматической системой. Она функционирует без вмешательства человека. Автоматизированная система — система, в контур управления которой включен человек. Примером такой системы может быть транспортное средство;

♦ **по структуре** — системы последовательные, параллельные, линейные, кольцевые, звездные, шинные, иерархические, смешанные. Характерными примерами таких систем являются системы электроснабжения, автоматизированные информационные системы, работающие в сетях и др.;

♦ **по наличию обратной связи** — разомкнутые, замкнутые. Разомкнутые системы не имеют обратной связи. Для таких систем действует принцип “что-то сделал и забыл”. Например, экономическая система, в которой не осуществляется анализ рынка. Эту систему можно классифицировать как разомкнутую, или же условно разомкнутую. Система, при выработке управляющих воздействий в которой учитывается состояние рынка, будет замкнутой;

♦ **по расположению системы** в иерархической структуре — системы верхнего уровня; нижнего уровня; смежные системами. Если рассматривать в качестве экономической системы, например, отрасль, то можно выделить смежные предприятия, предприятия, выпускающие аналогичную продукцию, — смеж-

ные системы. Предприятия-поставщики в отрасли — системы нижнего уровня. Системы верхнего уровня — это министерства или управляющие компании;

♦ **по важности выполняемых задач** — основные; вспомогательные; обеспечивающие и резервные системы. Если предприятие рассматривать как совокупность систем (подсистем), то основное производство — основная система, вспомогательное производство — вспомогательная система. Резервное производство (такое может быть в ряде случаев) — резервная система;

♦ **по наличию антагонистических противоречий целей** — противоборствующие; конкурирующие; взаимодействующие с единой целью (действующие совместно); взаимодействующие с различными целями. Например, системы, участвующие в вооруженной борьбе или же в каких-либо экономических операциях, являются противоборствующими. Предприятия, принадлежащие различным собственникам и выпускающие один и тот же вид продукции, являются, как правило, конкурирующими. Предприятия — поставщики материалов и комплектующих изделий на предприятие своей отрасли являются системами, взаимодействующими с единой целью. Если поставки осуществляются предприятиями различных отраслей, то цели могут быть различны;

♦ **по уровню реализации функций управления** системы могут быть управляющими и управляемыми. Управляющая компания в холдинге — это управляющая система. Все остальные предприятия, входящие в холдинг, — управляемые системы.

### 1.3. Основные категории систем

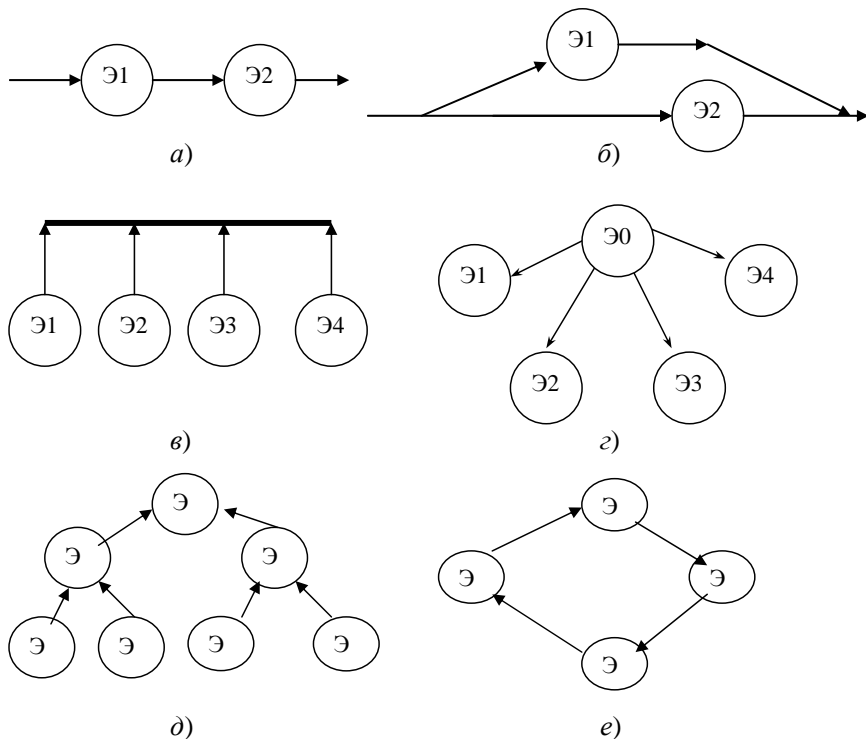
Понятие “система” содержит следующие категории:

**Элемент** — простейшая неделимая часть системы.

**Подсистема** — делимая часть системы. Эта часть может самостоятельно выполнять определенные функции.

**Структура** — расположение элементов или групп элементов системы и связи (взаимосвязи) между элементами, т. е. совокупность функциональных элементов системы, объединенных связями.

Структуры системы бывают: случайными; произвольными; иерархическими; последовательными; параллельными; смешанными; с сильными связями; слабыми связями; линейными; кольцевыми; радиальными; шинными. Примеры некоторых структур приведены на рис. 1.1 (а-е).



**Рис. 1.1.** Возможные структуры систем:

*а — последовательная структура; б — параллельная структура;  
в — шинная структура; г — радиальная структура;  
д — иерархическая структура; е — кольцевая структура*

Структуры изображаются в виде теоретико-множественных описаний, матриц, графов и др.

**Связь.** Понятие “связь” входит в любое определение системы наряду с понятием элемент. Связь обеспечивает возникно-

вание и сохранение структуры и свойств системы. Связи между элементами системы могут быть физическими, информационными, мысленными, фиктивными. Связь может быть прямой и обратной.

*Прямая связь* предназначена для заданной функциональной передачи ресурсов.

*Обратная связь* выполняет в основном функции управления процессами.

**Обратные связи** могут быть положительными (усиливают результат первоначального воздействия) и отрицательными (ослабляют результат первоначального воздействия).

**Среда** — то, в чем функционирует система. Среда бывает двух видов: физическая и абстрактная.

*Физическая среда* включает пространство и время, где располагается система. Например, географическое расположение, температура, влажность, давление, партнеры, конкуренты и др.

*Абстрактная среда* включает правовую и законодательную среду существования системы, нравственную, моральную среду, традиции и нормы поведения в системе, рынок и нормы поведения в рыночных условиях. Например, в экономике средой предприятия являются партнеры, конкуренты, рынок, время года и др.

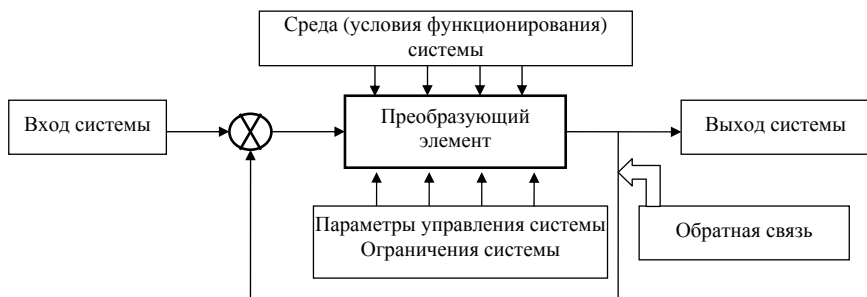
**Параметры управления** — совокупность условий, характеризующих режим работы системы. Для технической системы, например автомобиля, параметрами управления являются угол поворота руля, положение педали газа и др. Для экономической системы одним из многих параметров управления является величина средств, выделяемых на каждую из статей бюджета.

**Ограничения** — условия и связи, сужающие область функционирования системы. Практически любая система функционирует в системе ограничений. Этими ограничениями могут быть:

- указания и распоряжение вышестоящего органа управления;
- предельные возможности объекта управления;
- возможности органа управления и т. д.

**Преобразующий элемент системы** — элемент, осуществляющий преобразование входа системы (с учетом обратной связи) с целью формирования выхода системы.

**Изображение простейшей системы** (вход, выход, обратная связь, преобразующий элемент, сравнивающее устройство, среда, параметры управления) приведено на рис. 1.2.



**Рис. 1.2.** Схема простейшей системы

Важнейшими понятиями теории систем является **результат функционирования системы** (показатель выхода системы), затраты. Под результатом понимается состояние, которое достигнуто в ходе функционирования системы.

Основными признаками классификации результата могут быть: вид объекта (реальный объект, информационный объект, объект сознания); физический смысл ощущения результата (температура в холодильной системе, угол поворота в следящей системе, объем продаж в экономической системе и т. д.); время фиксации результата (текущий результат, результат конечный); фактор случайности проявления результата (детерминированный, случайный, чисто случайный); степень и знак влияния результата на функционирование систем более высокого, низкого или смежного уровней (сильное и слабое влияние, положительное и отрицательное влияние); степень влияния на потенциал системы — отрицательный и положительный результат (прибыль и убытки в экономике).

Основным признаком классификации **затрат** может быть вид затрат (реальные, информационные, интеллектуальные). Реальные затраты — это затраты сил, средств и времени. Ин-



формационные затраты — объем и качество информации, необходимый для функционирования системы. Интеллектуальные затраты — величина интеллектуального потенциала, реализуемого при разработке и функционировании системы.

**Элементами системы** могут быть:

— реальные объекты (вещество, энергия и др.), т. е. все то, что воспринимается или регистрируется с помощью специальной аппаратуры или органов чувств;

— информация — совокупность сведений о состоянии элементов системы и системы в целом;

— объекты сознания (психика) — представления в сознании о поведении чего-либо.

**Состояние элементов** (статическое, динамическое, переходное):

$\vec{U}_{\phi} = \vec{U}_{\phi}(U_1; U_2; U_3; \dots U_n)$  — вектор фактического состояния системы;

$\vec{U}_{ж} = \vec{U}_{ж}(U^*_1; U^*_2; U^*_3; \dots U^*_n)$  — вектор желаемого состояния системы;

$U_{yc} = U_{yc}(U_{yc1}; U_{yc2}; U_{yc3}; \dots U_{ync})$  — вектор условий;

$\vec{U}_{ув} = \vec{U}_{ув}(U_{ув1}; U_{ув2}; U_{ув3}; \dots U_{уvn})$  — вектор управления системой.

Ограничения системы также характеризуются некоторой совокупностью параметров;

$\vec{U}_{огр} = \vec{U}_{огр}(U_{огр1}; U_{огр2}; U_{огр3}; \dots U_{огрn})$  — вектор ограничений.

Система находится в **статическом** состоянии, если вектор фактического состояния системы равен вектору желаемого состояния, значения параметров, характеризующих вектор управления, равны нулю, и значения производных от параметров, характеризующих вектор условий, также равны нулю.

Система находится в **динамическом** состоянии, если непрерывно изменяются вектор фактического состояния, или вектор желаемого состояния, или вектор условий (или все вместе) и непрерывно вырабатывается вектор управления системой.

---

Система находится в **переходном** состоянии, если вектор желаемого состояния системы не равен вектору фактического состояния, изменился вектор условий и задано значение вектора управления системой.

**Теория систем** оперирует следующими основными понятиями:

**1. Цель** — желаемый результат, который может иметь место при функционировании системы.

**Функция** — совокупность задач, работ и мероприятий, выполняемых системой.

**Задача** — то, что необходимо сделать для достижения цели функционирования системы.

**Работа** — действие, связанное с затратами ресурсов: людских, материально-технических, финансовых средств и времени.

**Мероприятие** — совокупность действий, связанных с затратами ресурсов.

**Событие** — факт достижения цели или выполнения какой-либо задачи или какой-либо работы (мероприятия, функции, процесса).

**Процесс** — совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в выходы.

**Проблема** — различие между полученным результатом и тем, что хочется получить.

**Несоответствие** — различие между полученным результатом и тем, что должно быть в соответствии с требованиями к процессу или системе.

**Вариант функционирования** — совокупность условий, параметров управления (работ, мероприятий), ограничений, при которых осуществляется функционирование системы.

**2. Состояние** — “срез” системы. Состояние системы характеризуется совокупностью параметров.

**Поведение** — реакция системы на внешние воздействия и управления. Поведение системы характеризуется изменениями параметров системы во времени и пространстве.

---

**Равновесие** — равенство (условное) условий, возмущающих и стабилизирующих систему.

**Устойчивость** — сохранение параметров функционирования системы при не незапланированных воздействиях.

**Развитие** — улучшение показателей, характеризующих состояние системы (совершенствование системы).

**Управляемость** — способность системы изменять свое состояние.

**3. Объект управления** — элемент системы, воздействие на который приводит к изменению показателей ее функционирования, что в конечном итоге оказывает влияние на степень достижения системой в целом.

**Орган управления** — элемент системы, оказывающий воздействие на объект управления.

**Переходный процесс** — процесс перехода из начального в конечное состояние в результате управляющего воздействия, которое происходит в течение определенного времени, называемого лагом, или временем релаксации.

**Лаг** — задержка между моментами времени управляющего воздействия и перехода системы в конечное состояние. Известны два вида лагов: сосредоточенный и распределенный.

**Сосредоточенный лаг** равен времени между началом управляющего воздействия и временем получения конечного результата.

**Распределенный лаг** характеризует динамику переходного процесса из начального в конечное состояние системы.

## 1.4. Преобразования в системах

Преобразования в системах могут осуществляться для получения реального объекта; информационного объекта; объекта сознания.

Способы получения *реального* объекта:

**Re — Re.** Это сочетание фундаментальных классов соответствует любым процессам реальной действительности. Причина здесь — реальный объект, а цель — превращение также в реальный объект.

**Inf — Re.** Это получение реального объекта по его информационному представлению.

**Im — Re.** Это специфический класс превращений, означающий двигательную активность человека под влиянием внутренних образов.

Способы получения *информационного* объекта:

**Re — Inf.** Это сочетание классов соответствует превращениям при регистрации информации о реальных объектах.

**Inf — Inf.** Это сочетание классов соответствует преобразованию информационных объектов.

**Im — Inf.** Этот класс простейших превращений пуст. Не существует прямых превращений умственных образов в информационные объекты, минуя двигательную активность человека.

Способы получения *объектов сознания*:

**Re — Im.** Это восприятие в сознании человека реальных объектов. Например, формирование образов.

**Inf — Im.** Это выработка представлений по информационным объектам.

**Im — Im.** Это внутрипсихические преобразования образов в ходе мышления, фантазии, мысленного эксперимента, формирования намерений, работы с понятиями и др.

## 1.5. Типы шкал, фиксирующих процессы преобразования в системах

Существует пять типов шкал измерений: номинальная, порядковая, интервальная, относительная и дихотомическая.

**Номинальная шкала** (*nominal scale*) — шкала, содержащая только категории; данные в ней не могут упорядочиваться, с ними не могут быть произведены никакие арифметические действия.

Номинальная шкала состоит из названий, категорий, имен для классификации и сортировки объектов или наблюдений по некоторому признаку.

Примеры такой шкалы: профессия, город проживания, семейное положение. Для этой шкалы применимы только такие операции: равно (=), не равно ( $\neq$ ).

---

**Порядковая шкала (*ordinal scale*)** — шкала, в которой числа присваивают объектам для обозначения относительной позиции объектов, но не величины различий между ними.

Шкала измерений дает возможность ранжировать значения переменных. Измерения же в порядковой шкале содержат информацию только о порядке следования величин, но не позволяют сказать, “на сколько одна величина больше другой” или “на сколько она меньше другой”.

Примеры такой шкалы: место (1, 2, 3-е), которое команда получила на соревнованиях, номер студента в рейтинге успеваемости (1-й, 23-й, и т. д.), при этом неизвестно, насколько один студент успешней другого, известен лишь его номер в рейтинге.

Для этой шкалы применимы только такие операции: равно ( $=$ ), не равно ( $\neq$ ), больше ( $>$ ), меньше ( $<$ ).

**Интервальная шкала (*interval scale*)** — шкала, разности между значениями которой могут быть вычислены, однако их отношения не имеют смысла.

Эта шкала позволяет находить разницу между двумя величинами, обладает свойствами номинальной и порядковой шкал, а также позволяет определить количественное изменение признака.

Пример такой шкалы: температура воды в море утром  $19^{\circ}\text{C}$ , вечером —  $24^{\circ}\text{C}$ , т. е. вечерняя температура на  $5^{\circ}\text{C}$  выше, но нельзя сказать, что она в 1,26 раз выше.

Номинальная и порядковая шкалы являются дискретными, а интервальная шкала — непрерывной, она позволяет осуществлять точные измерения признака и производить арифметические операции сложения, вычитания, умножения, деления.

Для этой шкалы применимы только такие операции: равно ( $=$ ), не равно ( $\neq$ ), больше ( $>$ ), меньше ( $<$ ), операции сложения ( $+$ ) и вычитания ( $-$ ).

**Относительная шкала (*ratio scale*)** — шкала, в которой есть определенная точка отсчета и возможны отношения между значениями шкалы.

Пример такой шкалы:

— вес новорожденных детей (4 кг и 3 кг). Первый в 1,33 раза тяжелее;

— цена картофеля в супермаркете выше в 1,2 раза, чем цена на базаре.

Для этой шкалы применимы только такие операции: равно (=), не равно ( $\neq$ ), больше ( $>$ ), меньше ( $<$ ), операции сложения (+) и вычитания (-), умножения ( $\cdot$ ) и деления ( $/$ ).

Относительные и интервальные шкалы являются числовыми.

**Дихотомическая шкала (*dichotomous scale*)** — шкала, содержащая только две категории.

Пример такой шкалы: пол (мужской и женский).

Пример использования разных шкал для измерений свойств различных объектов, приведен в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Множество измерений свойств различных объектов**

Номер объекта	Профессия (номинальная шкала)	Средний бал (интервальная шкала)	Образование (порядковая шкала)
1	Слесарь	22	Среднее
2	Ученый	55	Высшее
3	Учитель	47	Высшее

Пример использования различных шкал для измерений свойств одной системы (в данном случае температурных условий) приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Дата измерения	Облачность (номинальная шкала)	Температура в 8 часов утра (интервальная шкала), °C	Сила ветра (порядковая шкала)
1 сентября	Облачно	22	Сильный
2 сентября	Пасмурно	17	Слабый
3 сентября	Ясно	23	Очень сильный

Таким образом, мы обсудили типы шкал. Номинальная шкала описывает объекты или наблюдения в терминах качественных признаков. На один шаг далее идут порядковые шкалы, позволяющие упорядочивать наблюдения или объекты по определенной характеристике. Интервальные и относительные

шкалы более сложны, в них возможно определение количественного значения признака.

## 1.6. Жизненный цикл систем

Жизненный цикл любой системы включает: создание (зарождение), функционирование, развитие и разрушение (гибель), восстановление.

### **Создание (зарождение) систем**

#### *1. Общий алгоритм создания систем:*

- выполняется оценка деятельности (функционирования) системы;
- формируется состав и структура целей, задач и функций, которые необходимо реализовать для достижения целей;
- определяется целесообразность создания новой системы (подсистемы), формируются требования к ней;
- формируется облик системы, ее состав, структура и основные параметры;
- разрабатывается математическая модель системы;
- выполняется моделирование, оценивается качество и выбирается оптимальный вариант системы;
- разрабатывается макет и оригинал системы, выполняется ее испытание и доводка.

Решение задач в области экономики усложняется динамичными условиями внешней среды, в которых осуществляются поставки продукции, недостаточным уровнем надежности деятельности поставщиков, значительным временным интервалом между началом планирования поставок и их осуществлением и др.

Рассмотрим основные принципы формирования экономической системы:

- ориентация на удовлетворение потребностей потребителей;
- ориентация на функциональный и информационный процессы;
- ориентация на предотвращение ошибок, сбоев, несоответствий, недостатков, насколько это возможно;

---

• ориентация на совершенствование процессов, процедур и документации по логистическому обслуживанию потребителей;

• участие сотрудников функциональных подразделений предприятия в обеспечении требуемого уровня логистического обслуживания потребителей;

• четкое распределение должностных обязанностей работников предприятия;

• выполнение заказов с точки зрения разработанных и внедренных на предприятии стандартов обслуживания;

• непрерывное и постоянное поддержание требуемого потребителями уровня обслуживания;

• учет факторов внешней среды;

• достижение эффективности функционирования системы.

Специалисты службы экономики реализуют следующие принципы в набор целей в области обслуживания потребителей:

• четкое установление заказов и принятие соответствующих мер в области политики обслуживания потребителей;

• предупреждающие (превентивные) воздействия и реализация механизма контроля над качеством логистического обслуживания;

• оптимизация затрат ресурсов предприятия, связанных с обеспечением требуемого потребителями уровня обслуживания;

• разработка корпоративных обязательств по поддержанию внутрифирменных стандартов логистического обслуживания потребителей;

• постоянный анализ требований, предъявляемых к системе, с целью определения возможностей по поддержанию требуемого потребителями уровня обслуживания.

Для решения этих задач специалисты службы экономики формируют структуру системы. Трудности при формировании системы обуславливаются специфичностью “продукции” системы. Попытки использовать в области логистического обслуживания потребителей подходы, традиционно применяющиеся в сфере производства материальной продукции, могут быть неэффективными из-за того, что:



---

• деятельность в сфере логистического обслуживания носит “творческий характер” и уровень ее качества оценивается потребителями непосредственно в процессе потребления;

• процессы предоставления и потребления логистического обслуживания протекают одновременно;

• в сфере логистического обслуживания высок процент индивидуального труда, уровень качества которого зависит от индивидуальных личностных особенностей привлеченных работников предприятия;

• многообразие требований, предъявляемых потребителями, затрудняет унификацию и стандартизацию методов, видов и уровней обслуживания;

• исполнитель и потребитель услуг непосредственно взаимодействуют при предоставлении обслуживания;

• условия обслуживания, характеризующие комплекс показателей обслуживания, воздействуют на потребителя услуг;

• конечная оценка уровня логистического обслуживания осуществляется на этапе непосредственного контакта потребителя и производителя услуг;

• невозможно транспортировать и хранить экономические услуги.

Под *условиями обслуживания* понимается совокупность факторов, воздействующих на потребителя в процессе предоставления услуги.

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к формированию систем:

• интеграция звеньев цепи поставок в единую логистическую систему, обеспечивающую эффективное сквозное управление материальными и информационными потоками;

• интеграция систем контроля над движением и использованием сырья, материалов и другой продукции, поступающей в производство, а также готовой продукции, доставляемой потребителю;

• обеспечение эффективного взаимодействия и согласованности функционирования функциональных элементов системы;

---

- четкое вписывание системы в действующие бизнес-процессы, а также в систему управления предприятием;

- функционирование системы в соответствии с принципом Парето, призванным помочь специалистам службы экономики предприятия выявить важные задачи и возможности, т. е. экономическая система должна включать элементы, способствующие решению действительно важных и приоритетных задач (таких, для которых должны быть выделены ресурсы в первую очередь);

- уделение внимания в равной мере методам, объектам, субъектам и самому предмету исследования в системах;

- упорядоченность и ясность систем (что не исключает ценности интуиции), совместимые со стилем управления, принятым на предприятии, и ориентированность на действия.

Определение требований, которым должна удовлетворять экономическая система, осуществляется на основе анализа целей функционирования системы и ограничений внешней среды:

- гибкость, необходимость быстрой адаптации к изменениям факторов внешней среды в условиях политической и экономической нестабильности;

- возможности функционирования при неразвитой инфраструктуре и сфере обращения.

### **Функционирование и развитие систем**

1. Работа системы по формированию результатов и других показателей системы в соответствии с целевым предназначением.

2. Аудит системы и выполнение мероприятий по поддержанию системы в работоспособном состоянии.

3. Оценка условий функционирования системы и корректировка целей функционирования системы.

4. Разработка и реализация мероприятий по достижению новых показателей системы.

Самым необходимым условием функционирования и развития системы является контроль. Способами контроля могут быть: непрерывный контроль за деятельностью системы (по типу следящей системы); дискретный контроль (контроль в заданные моменты времени); контроль после выполнения или перед выполнением каких-либо важных задач (вехи); контроль перед изменением режима работы системы.

---

## **Разрушение (гибель) систем**

Основными причинами разрушения (гибели) систем являются:

1. Неправильный учет законов формирования состава, структуры и функций системы.
2. Ошибочное представление целей, задач и функций системы.
3. Несоответствие целей подсистем низшего уровня подсистемам высшего уровня.
4. Неправильный учет законов управления системой.
5. Выбор нерациональных методов управления системой.
6. Физический, биологический и моральный износ элементов системы.
7. Внешнее воздействие, направленное на разрушение системы (состава, структуры и функций).
8. Воздействие, направленное на изменение информации об условиях функционирования системы.
9. Воздействие, направленное на изменение целей функционирования системы.
10. Чрезмерная сложность системы, не позволяющая оперативно переходить в адаптивное состояние (низкая гибкость системы).
11. Сбои или же полная ликвидация обратных связей системы.
12. Несоответствие затрат на создание и эксплуатацию системы ее потребностям.
13. Изменение состава, структуры функций и свойств систем верхнего, нижнего и смежного уровней.
14. Различие общих требований к системе в целом и требований к элементам системы.
15. Сбои в формировании управляющих воздействий (полная или частичная потеря управления системой).

Стадии разрушения системы: снижение результатов деятельности системы; неадекватное реагирование системы на изменение условий; сбои в работе отдельных элементов системы; сбои в работе системы в целом; разрушение связей между элементами системы; потеря управляемости системы; прекращение

---

реагирования системы на изменение условий; прекращение работы системы.

### **Восстановление систем**

Восстановление систем осуществляется в такой последовательности:

1. Выполняется оценка состояния системы после ее разрушения (гибели) и принимается решение на ее восстановление. В ходе оценки:

- определяются элементы и связи, выход из строя которых привели к разрушению (гибели) системы;
- выявляются причины выхода из строя этих элементов, приведших к разрушению (гибели ) системы;
- определяются мероприятия и работы, которые необходимо выполнить для восстановления системы;
- формируются варианты восстановления системы, оцениваются затраты на ее восстановление.

2. Разрабатывается план восстановления системы:

- определяются работы и мероприятия, которые необходимо выполнить для восстановления системы;
- определяется последовательность выполнения работ и мероприятий по восстановлению системы. При этом в первую очередь восстанавливаются управляющие элементы и наиболее важные элементы системы;
- определяются силы, средства и материалы, которые необходимы для восстановления системы;
- определяются ответственные за выполнение отдельных работ и мероприятий;
- разрабатывается линейный, сетевой и календарный планы восстановления системы.

3. Разрабатываются мероприятия по обеспечению и управлению мероприятиями и работами по восстановлению системы.

4. Выполняются работы по восстановлению системы.

5. Проводится испытание системы после выполнения работ по восстановлению системы.

6. Принимаются решения о вводе системы в дальнейшую эксплуатацию.

---

## Глава 2. Свойства и возможности системы

### 2.1. Свойства системы

**Целостность системы** проявляется в том, что в системе все элементы связаны между собой. Полное представление о системе можно получить, только рассматривая ее как единое целое.

**Делимость системы** проявляется в том, что все элементы системы можно объединить в самостоятельные взаимосвязанные модули, которые выполняют определенную функцию в системе. Например, в любой системе можно выделить модули ввода, обработки, вывода информации.

**Изолированность системы** проявляется в том, что система является самодостаточной для существования в окружающей среде и при соблюдении некоторых условий может существовать изолированно от себе подобных систем.

**Идентифицируемость системы** означает наличие у нее отличительных признаков, которые позволяют выделить ее из других систем. Обычно идентифицируемый признак находится в названии системы.

**Неопределенность системы** проявляется в том, что внешние воздействия определены неполностью.

Сложные открытые системы не подчиняются вероятностным законам. В таких системах можно оценивать “наихудшие” ситуации. Этот способ обычно называется методом гарантированного результата. Он применим, когда неопределенность не описывается аппаратом теории вероятностей.

**Синергия системы** состоит в том, что результативность системы равна сумме результатов деятельности каждого элемента плюс синергетический эффект, равный дополнительному результату, вызванному взаимодействием их элементов.

Для получения синергетического эффекта требуются затраты ресурсов, связанных с оптимизацией процессов и обучения персонала.

---

**Эквифинальность системы** [*equifinality*] — свойство системы приходить в некоторое состояние, определяемое лишь ее собственной структурой, независимо от начального состояния и изменений среды. Это динамическое свойство системы, осуществляющей переход из различных начальных состояний в одно и то же конечное состояние.

Оно состоит в том, что при определенной системе управления, контроля и планирования процессов и сфер деятельности влияние отдельных внутренних или внешних факторов не способно в корне изменить поступательный характер результативности проводимых работ.

**Оптимальность системы** состоит в том, что управление процессами в системе направлено на оптимизацию затрат ресурсов для получения конечного результата. Свойством оптимальности обладают все формы живых организмов, устройства машин, конструкций и т. д.

**Эмерджентность системы** — качество, свойства системы, которые не присущи ее элементам в отдельности, а возникают благодаря объединению этих элементов в единую целостную систему. То есть это наличие у системного целого (какой-либо системы) особых свойств, не присущих ее подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями.

Веник для уборки пола — это система. Элементами системы являются веточки, связанные в веник. Каждая отдельно взятая веточка может быть сломана и при этом зафиксировано усилие, приводящее к этому событию. Просуммируем все усилия. Свяжем веточки (точно такие же) в веник и попробуем сломать его, зафиксировав усилие. Сравним усилия. Они будут не равны. В этом и проявляется новое свойство — эмерджентность системы.

**Робастность системы** (от англ. *robust* — крепкий, сильный) — способность сохранять частичную работоспособность сложной системы при отказе ее отдельных элементов или подсистем.

---

Робастность сложной системы обеспечивается функциональной избыточностью или избыточностью связей между элементами.

Например, человеческий мозг как сложная система обладает свойством робастности. Если несколько элементов (нервных клеток) погибнет, то мозг будет продолжать функционировать за счет того, что нервные клетки имеют избыточные связи между собой.

При организации каналов передачи важных сообщений используется “горячее” резервирование, суть которого состоит в одновременной работе как основного, так и резервных каналов передачи информации. При отказе в работе основного канала тут же происходит переход на один из резервных каналов. “Горячее” резервирование используется при ретрансляции телевизионных сигналов, космической связи, бортового оборудования самолетов, космических станций и т. д. “Горячее” резервирование обеспечивает системе обработки информации свойства робастности.

Другой пример. Сервисная организация как сложная система должна обладать свойством робастности, которое проявляется в том, что при отказе одного канала обслуживания необходимо предусмотреть переход на резервный канал.

## 2.2. Возможности системы

Любая система (экономическая, военная, техническая, социальная и др.) предназначена для решения каких-либо задач. При этом задачи могут решаться с различным качеством — плохо, хорошо, своевременно и т. д.

Степень реализации этого качества характеризуется категорией **ВОЗМОЖНОСТИ**.

Возможности системы определяются совокупностью показателей, основными из которых являются:

- 1) организационно-структурные показатели систем;
- 2) пространственные показатели систем;
- 3) временные показатели систем;
- 4) функциональные показатели систем;
- 5) информационные показатели систем;

- 
- 6) технологические показатели систем;
  - 7) показатели качества организации управления системой;
  - 8) показатели взаимодействия системы с другими системами;
  - 9) показатель качества системы;
  - 10) показатели итогов функционирования систем;
  - 11) финансово-экономические показатели системы;
  - 12) показатели эффективности систем.

**1. Организационно-структурные показатели систем:**

- состав системы;
- размещение элементов системы;
- средства, используемые в различных элементах системы;
- характер связей между различными элементами системы;
- резервирование различных элементов системы;
- средства, используемые для защиты элементов системы;
- подвижность элементов системы;

Рассмотрим сущность и содержание основных организационно-структурных показателей системы.

**Состав системы** определяется совокупностью ее элементов и отношений между ними.

Показателями, характеризующими состав системы, являются: количество элементов, входящих в систему управления; элементная база; функции каждого элемента системы; характеристики отношений между элементами системы.

Показателями, определяющими **характер и качество связей между элементами** системы, являются: количество каналов связи; надежность каналов связи; помехозащищенность каналов связи; пропускная способность каналов связи между элементами системы.

Эти показатели используются для оценки функциональных показателей системы.

**2. Пространственные показатели систем:** размеры системы, подсистем и элементов, пространства, в котором они функциони-



руют, размеры пространства, в пределах которого распространяются свойства системы: тепловое, световое, и др.

Обобщенным показателем пространственных возможностей системы (например, системы управления) является вероятность нахождения объекта управления в интегральной области управления. Для случая, если параметры, влияющие на эту вероятность, подчинены нормальному закону, ее значение может быть определено так:

$$P_0 = 1 - \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - 0,5 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{D_i - D_{\text{ср}i}}{\sigma_{D_i}} \right) \right] \right\},$$

где  $n$  — количество элементов системы, с которых может осуществляться воздействие в данной точке пространства;

$D_i$  — максимальное удаление, на котором может находиться объект управления от  $i$ -го элемента системы;

$D_{\text{ср}i}$  — среднее удаление границы поля от  $i$ -го элемента;

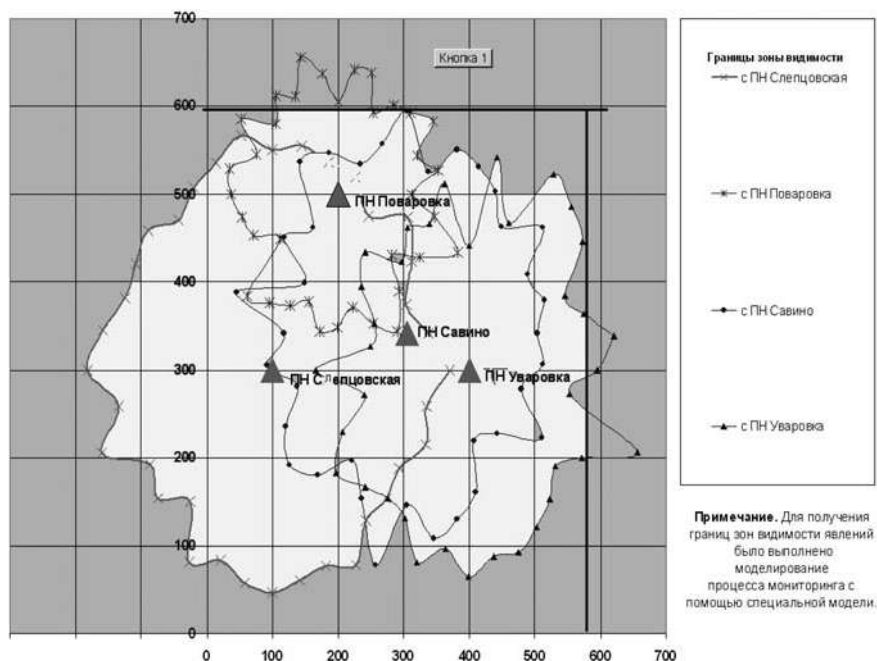
$\sigma_{D_i}$  — среднее квадратическое отклонение ошибки определения этого удаления.

**Пример.** Система экологического мониторинга северо-восточного направления включает четыре пункта наблюдения за состоянием земной поверхности, а также воздушной среды и пространства. Зона наблюдения ограничивается: с севера — рубеж 600 км, с востока — рубеж 600 км. Параметры наблюдения и возможности по их обнаружению с каждого наблюдательного пункта приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Параметры наблюдения	Воздушные суда	Газово-пылевые выбросы	Производственные дымы	Пожары
Средняя дальность обнаружения, км	350	250	80	80
Среднее квадратическое отклонение ошибки определения дальности, км	30	20	10	15
Вероятность обнаружения	0,8	0,95	0,8	0,85

Оценить пространственные показатели системы экологического мониторинга.



**Рис. 1.3.** Области экологического мониторинга

С учетом взаимного расположения постов экологического мониторинга, а также данных, приведенных в табл. 1.3, выполнено моделирование и определены пространственные показатели системы.

На рис. 1.3 показаны области надежного наблюдения опасных явлений и воздушных судов с каждого пункта наблюдения, а также обобщенная область (она выделена светлым тоном). Оценки пространственных показателей имеют очень большое значение практически для всех видов систем. Пространственные показатели могут характеризовать сферы влияния систем, условия взаимодействия с другими системами, условия совместного функционирования и др.

---

### 3. Временные показатели систем:

- время начала и окончания функционирования системы;
- продолжительность функционирования системы;
- время перехода системы из одного состояния в другое;
- время протекания отдельных процессов в системе.

Временными показателями возможностей системы управления являются:

- продолжительность выполнения работ при осуществлении управленческих функций;
- время развертывания системы;
- время функционирования системы;
- время начала и окончания управления;
- частота управляющих воздействий;
- цикл управления.

Для оценки временных показателей возможностей системы может быть использован критерий, сущность которого состоит в определении вероятности события, состоящего в том, что фактическое время выполнения работы (мероприятия) —  $t_\Sigma$  будет не более заданного  $t_3$ . Если параметры, влияющие на эту вероятность, подчинены нормальному закону, ее значение может быть определено так:

$$P_t = (t_\Sigma \leq t_3) = 0,5 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{t_3 - t_\Sigma}{\sigma_{t_\Sigma}} \right) \right],$$

где  $\sigma_{t_\Sigma}$  — среднее квадратическое отклонение суммарной ошибки фактического и заданного времени выполнения работ (мероприятий).

Реальные процессы управления, как правило, включают совокупность работ (мероприятий), осуществляемых последовательно, параллельно или же с временем задержки. В этом случае время между исходным и завершающим событием равно сумме времен выполнения работ (мероприятий), находящихся на критическом пути, который может быть определен с помощью метода сетевого планирования и управления. Временные пока-

затели экономических и некоторых других систем могут быть оценены с помощью программы “Microsoft Project”, в основу которой положен метод сетевого планирования и управления.

**Пример.** Система экологического мониторинга северо-восточного направления включает несколько пунктов наблюдения за состоянием земной поверхности, а также воздушной среды и пространства. В ходе наблюдения обнаружены опасные явления и приняты меры по их локализации. Потребное время локализации опасного явления 8 часов. Время на обнаружение опасного явления, оценку обстановки, принятие решения, планирование и реализацию мероприятий по его локализации а также среднее квадратическое отклонение ошибки приведены в табл. 1.4

Таблица 1.4

№ п/п	Наименование мероприятия	Среднее время, ч	Среднее квадратическое отклонение ошибки определения времени, мин
1	Обнаружение и оценка обстановки	0,28	5
2	Принятие решения и планирование мероприятий	0,89	10
3	Подготовка сил и средств для реализации мероприятия по локализации явления	3,01	15
4	Реализация мероприятия по локализации явления	3,01	20
5	Оценка результатов реализации мероприятий по локализации явления	1,12	10

Оценить временные показатели системы экологического мониторинга. Определить вероятность события состоящего в том, что опасное явление будет локализовано своевременно.

**Решение задачи** (решение с помощью программы “Microsoft Project”).

1. Вводятся исходные данные (наименование работы, мероприятия, длительность, время начала и окончания работы или мероприятия, номер работы, предшествующей данной работе.
2. Получают линейный, а при необходимости и сетевой графики процесса, рис. 1.4 (шкала времени — часы).



**Рис. 1.4.** Линейный график мониторинга (график Ганта)

3. С использованием системы фильтров программы получают линейный график работ, находящихся на *критическом пути* (рис. 1.5). Определяют время критического пути (оно же среднее время реализации процесса) 8 ч 25 мин,  $t_{\Sigma} = 0,28 + 3,01 + 4,01 + 1,12 = 8,42$  (ч).



**Рис. 1.5.** Определение работ, находящихся на критическом пути

4. Вычисляют среднее квадратическое отклонение ошибки определения продолжительности критического пути:

$$\sigma_{t_{\Sigma}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_{t_i}^2} = \sqrt{(5^2 + 10^2 + 15^2 + 20^2 + 10^2)} \approx 27,4 \text{ мин.}$$

5. Вычисляют вероятность события, состоящего в том, что явление будет локализовано не более чем за 8 ч:

$$P_t = (t_{\Sigma} \leq t_3) = 0,5 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{t_3 - t_{\Sigma}}{\sigma_{t_{\Sigma}}} \right) \right] = 0,5 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{8 - 8,42}{0,456} \right) \right] = 0,5 [1 + 0,178] = 0,589.$$

**4. Функциональные показатели** систем (адаптивность, гибкость, пропускная способность, живучесть, устойчивость, восстанавливаемость, надежность, корректируемость систем).

**Адаптивность** системы управления характеризует степень соответствия целей функционирования фактическим показателям, характеризующим возможности системы.

Если потребные показатели возможностей системы соответствуют фактическим, то говорят, что система управления адаптивна.

Основными показателями адаптивности могут быть:

— вероятность пребывания системы в адаптивном состоянии;

— вероятность пребывания системы в адаптивном состоянии в течение заданного времени;

— вероятность пребывания системы в адаптивном состоянии по частному показателю ее возможностей.

Вероятность пребывания системы в адаптивном состоянии может оцениваться с помощью следующего приближенного соотношения:

$$P_A = 0,5^n \prod_{i=1}^n \left\{ 1 + \Phi \left( \frac{M_{\pi_i} - m_{\phi_i}}{\sigma_{m_i}} \right) \right\},$$

где  $n$  — количество параметров, характеризующих состояние системы управления;

$m_{\phi_i}$  — математическое ожидание оценки  $i$ -го параметра, характеризующего фактическое состояние системы;

$\sigma_{m_i}$  — среднее квадратическое отклонение ошибки определения  $i$ -го параметра, характеризующего фактическое состояние системы;

$M_{\pi_i}$  — потребное значение  $i$ -го параметра, характеризующего состояние системы

**Гибкость системы** — способность изменять цели функционирования, состав и структуру при изменении цели, варианта применения системы управляемого объекта или условий, иными словами способность системы управления переходить в адаптивное состояние.

Основными показателями гибкости системы управления являются:

— вероятность перехода системы управления в адаптивное состояние;

— вероятность перехода системы управления в адаптивное состояние к заданному сроку;

— математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение времени перевода системы управления из фактического состояния в адаптивное.

При определении соотношений для количественной оценки гибкости системы управления целесообразно исходить из следующих предпосылок:

— система управления является гибкой, если к заданному сроку могут быть переведены в желаемое состояние все ее параметры;

— фактическое рассогласование параметров системы управления характеризует ее адаптивность  $\Delta m_{\Phi_i} = M_{n_i} - m_{\Phi_i}$ ;

— рассогласование системы может быть устранено при изменении ее структуры или же при проведении организационных мероприятий,  $\Delta m_i = \frac{d}{d\Phi_i} [f(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n)] \Delta \Phi_i$ ;

— система является гибкой по  $i$ -му параметру, если  $\Delta m_i \geq \Delta m_{\Phi_i}$ .

С учетом этих предпосылок вероятность перехода степени управления в адаптивное состояние (показатель гибкости управления) определяется так:

$$P_d = 0,5^n \prod_{i=1}^n \left\{ 1 + \Phi \left( \frac{M_{n_i} - m_{\Phi_i} + \frac{d}{d\Phi_i} [f(\Phi_1, \dots, \Phi_n) \Delta \Phi_i]}{\sigma_{m_\Sigma}} \right) \right\}.$$

**Пропускная способность системы** — показатель, характеризующий ее возможности по скорости переработки информации в управлявшее воздействие.

Если скорость поступления информации в систему управления характеризовать величиной  $\lambda_1 = \frac{dI}{dt}$ , где  $I$  — объем информации, а скорость переработки информации состоянием в управляющее воздействие  $\mu_1 = \frac{dy}{dt}$ , где  $y$  — объем обработанной информации для выработки управляющего воздействия, то:

— при  $\frac{dI}{dt} - \frac{dy}{dt} = 0$  — система управления выполняет свои функции на пределе своих возможностей;

— при  $\frac{dI}{dt} - \frac{dy}{dt} > 0$  — система управления не в полном объеме выполняет свои функции;

— при  $\frac{dI}{dt} - \frac{dy}{dt} < 0$  — система управления работает в облегченном режиме.

С учетом того, что параметры потока информации, поступающей в систему управления, в общем случае имеют случайный характер, а закон распределения времени ее поступления близок к пуассоновскому, вероятность события, состоящего в том, что входящая информация потока будет принята и по ней будет выработано управляющее воздействие, определяют следующим образом.

### **Система массового обслуживания с отказами**

#### **Критерии оценки**

- вероятность обслуживания очередной заявки:

$$P_{\text{обс}} = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot P_0, \quad P_0 = \left[ \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} \right]^{-1},$$

где  $n$  — число каналов обслуживания;

$\alpha = \frac{t_{\text{обс}}}{t_{\text{сп}}}$  — приведенная интенсивность входящего потока заявок;

$t_{\text{обс}}$  — время обслуживания очередной заявки, поступающей в систему;



$t_{\text{ср}}$  — среднее время между моментами поступления заявок в систему;

- среднее число занятых каналов

$$\xi_k = \alpha \cdot P_{\text{обс}}.$$

**Система массового обслуживания с неограниченным временем ожидания и числом заявок в очереди**

**Критерии оценки**

- вероятность немедленного обслуживания очередной заявки:

$$P_{\text{обс}(n)} = 1 - \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{n}{n - \alpha} \cdot P_0;$$
$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \cdot \frac{\alpha}{n - \alpha} \right]^{-1};$$

- среднее число заявок в очереди

$$r_{\text{ср}} = (1 - P_{\text{обс}(n)}) \cdot \frac{\alpha}{n - \alpha};$$

- среднее время ожидания заявки в очереди

$$t_{\text{ож}} = (1 - P_{\text{обс}(n)}) \cdot \frac{t_{\text{обс}}}{n - \alpha}.$$

**Пример.** Телефонная связь между двумя органами управления имеет три канала. Средняя продолжительность сеанса связи составляет 6 мин. В рассматриваемый период времени в течение часа поступает в среднем 12 заявок на предоставление канала связи. В случае занятости всех каналов связи абонент может действовать по двум вариантам:

1. Записаться в очередь и ждать обслуживания обычной телефонной связью (система массового обслуживания с ожиданием).

2. Воспользоваться каналом мобильной телефонной связи (система массового обслуживания с отказами).

Необходимо определить: для варианта № 1 вероятность немедленного предоставления связи, среднее число абонентов в очереди, среднее время ожидания канала связи; для варианта № 2 — вероятность обслуживания очередной заявки, среднее число занятых каналов системы. Используя технологию “Поиск решения”, определить, при каких значениях времени обслуживания вероятности обслуживания для каждого из вариантов будут равны 0,98.

### ***Решение задачи***

Указания по решению задач. Для вычисления показателей разработать программы в VBA, для чего: подготовить лист Excel (см. ниже); открыть “Visual Basic”; сформировать модуль; определить процедуру (указать имя, и тип — ФУНКЦИЯ); на листе модуля сформировать программный код для вычисления критериев (как это сделано в задании); убедиться в формировании функций, определенных пользователем (Вставка-f(x) — Функции, определенные пользователем); использовать функции, определенные пользователем, для решения задачи.

Результаты оценки эффективности систем массового обслуживания приведены на рис. 1.6.

***Живучесть системы.*** Основными показателями живучести системы являются:

- вероятность нахождения системы в функциональном состоянии;
- среднее время пребывания системы в функциональном состоянии.

Значения этих показателей зависят от таких факторов, как устойчивость, техническая надежность и восстанавливаемость системы.

***Устойчивость системы.*** Под ***устойчивостью*** системы понимается ее способность сохранять рабочее состояние при физическом, информационном и другом внешнем воздействии. Если в результате этих воздействий система не прекращает выполнять возложенные на нее функции, то система — устойчива. Если же после воздействия система не выполняет или частично выполняет свойственные ей функции, то система не устойчива.

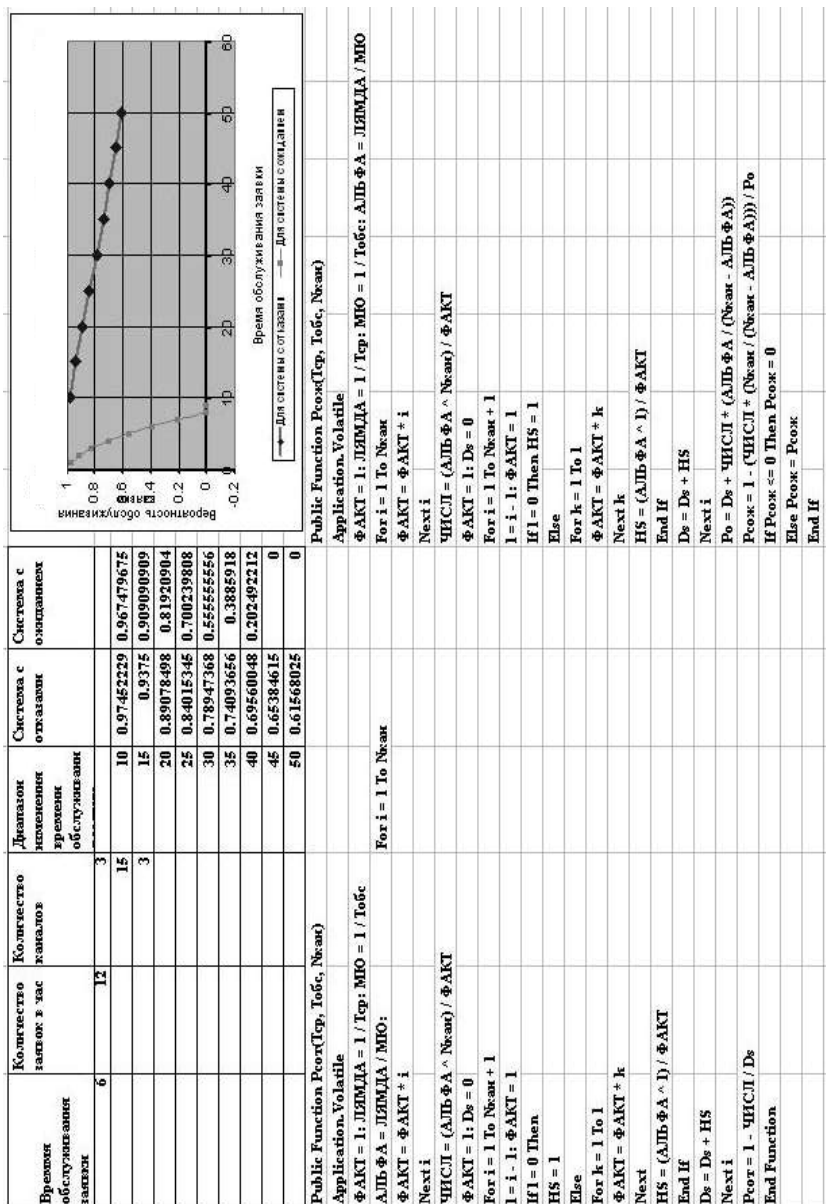


Рис. 1.6. Оценка эффективности систем массового обслуживания

Основными показателями устойчивости системы управления являются:

— среднее время перехода системы в состояние, при котором она не выполняет свойственных ей функций после внешних и внутренних воздействий;

— вероятность нахождения системы в состоянии, не обеспечивающем выполнения (полностью или частично) функций;

— частота вывода системы из строя в результате внешних и внутренних воздействий.

$$K_{уст} = \frac{t_{нрс}}{t}; \quad t_{нрс} = e^{\lambda t} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^m}{m!} \cdot m \cdot t_{вост},$$

где  $t_{нрс}$  — среднее время нахождения системы в нерабочем состоянии;

$\lambda$  — интенсивность “воздействий” переводящая систему в нерабочее состояние;

$t_{вост}$  — время восстановления системы;

$t$  — время, в течении которого оценивается устойчивость системы.

**Пример.** Для данных, приведенных в табл. 1.5, оценить устойчивость системы.

При отказе системы осуществляется ее восстановление. Количество запасных элементов, предназначенных для восстановления системы, равно 20 ед.

Таблица 1.5

Признак типа	Среднее время между воздействиями, сут.	Среднее время восстановления, сут.	Количество запасных элементов	Дни эксплуатации	Среднее время нахождения в нерабочем состоянии	Показатель устойчивости
1	15	2	20	1	?	?

Результаты оценки устойчивости системы приведены на рис. 1.7.

Признак типа системы	Среднее время между воздействиями на систему	Среднее время восстановления	Количество запасных элементов	Дни эксплуатации	Среднее время нахождения сис. в нерабочем состоянии	Показатель устойчивости системы	Показатель устойчивости системы
1	15	2	20	1	1.668840318	0	0.607647045
ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ							
Public Function PUCT(Pmin, Trp, Tpos, Ntrap, n)				2	1.141839986	0.479680007	0.826496743
Application Variable				3	1.218730753	0.593786416	0.914699702
Lasqua = 1 / Trp; MBO = 1 / Tpos; Sum = 0				4	1.399201672	0.675184582	0.95397965
For i = 1 To Ntrap + 1				5	1.38197977	0.73360405	0.973078001
m = i - 1; Faki = 1				6	1.470320046	0.75446659	0.983105112
If m = 0 Then				7	1.560422419	0.77082512	0.988733987
Ds = 1				8	1.653312886	0.79335889	0.99208321
Else				9	1.48811636	0.805687596	0.9941794
For k = 1 To m				10	1.846750452	0.815324955	0.995550292
Faki = Faki * k				11	1.946971968	0.823001548	0.996481776
Next k				12	2.049328964	0.829221586	0.997136112
Ds = ((Lasqua * m) ^ m) / Faki * (m * Tpos)				13	2.15683718	0.834332022	0.997609301
End If				14	2.259907388	0.838578044	0.997960283
Sum = Sum + Ds				15	2.36787441	0.842141371	0.998216468
Next i				16	2.4	0.86	0.999
PUCT = Exp(-Lasqua * m) * Sum				17	2.42	0.89	0.9999
End Function							

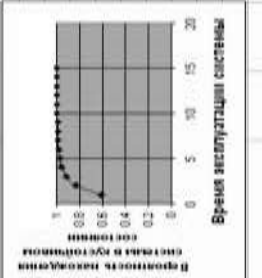
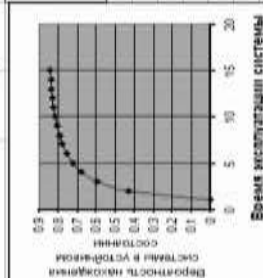


Рис. 1.7. Оценка устойчивости системы

**Восстанавливаемость системы.** Под *восстанавливаемостью* системы понимается ее способность переходить в состояние, в котором она может выполнить возлагаемые на нее функции в соответствии с целевым предназначением.

Основными показателями восстанавливаемости системы управления являются:

- среднее время восстановления системы;
- вероятность восстановления системы к заданному сроку.

Среднее время восстановления системы управления определяется на основе обработки статистических данных, полученных в ходе эксплуатации ее элементов. Этот показатель в дальнейшем используется для оценки живучести системы.

**Надежность системы.** Основными *показателями надежности* системы являются: среднее время безотказной работы; вероятность безотказной работы.

Известно, что любая система включает элементы, которые обеспечивают основные функции. Функции выполняются, если не выполняет свои функции (отказывает) какой-либо из элементов этой системы.

Если предположить, что каждый элемент системы может не выполнить свои функции (может отказать) с интенсивностью  $\lambda_i$ , то суммарное значение интенсивности “отказов” будет равно

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t),$$

где  $n$  — количество нерезервируемых элементов системы при наличии запасных элементов системы управления.

Рассмотрим методику определения надежности системы для различных вариантов ее построения.

#### **Надежность элемента системы**

Критерий надежности — вероятность безотказной работы

$$P_n = e^{(-t/t_{cp})},$$

где  $t$  — время, за которое определяется надежность элемента системы;

$t_{cp}$  — среднее время безотказной работы элемента системы (определяется по статистическим данным, накопленным в ходе опытной эксплуатации элемента системы);

$$\lambda = \frac{1}{t_{cp}} \text{ — интенсивность отказов.}$$

**Надежность нерезервированной системы** (системы из последовательно соединенных элементов)

$$P_{H(сис)} = \prod_{i=1}^n P_{H_i}.$$

**Надежность резервированной системы** (горячий резерв)

$$P_{P(сис)} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{H_i}),$$

где  $P_{H_i}$  — вероятность безотказной работы (надежность)  $i$ -го элемента системы;

$n$  — количество элементов несистемы.

**Надежность системы с восстановлением**

Задача о запасных элементах:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \sum_{m=0}^N \frac{(\lambda t)^m}{m!},$$

где  $N$  — количество запасных элементов.

**Надежность системы из одного элемента с задержанным восстановлением**

$$P(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t},$$

где  $\mu$  — интенсивность восстановления системы,  $\mu = \frac{1}{t_{восст}}$ ;

$t_{восст}$  — среднее время восстановления системы.

**Надежность системы из нескольких элементов с выключением системы**

$$P(t) = \frac{\mu}{n\lambda + \mu} + \frac{n\lambda}{n\lambda + \mu} e^{-(n\lambda + \mu)t}.$$

**Пример.** Для данных, приведенных в табл. 1.6, оценить надежность системы.

При отказе системы осуществляется ее немедленное восстановление (мгновенная замена отказавшего элемента). Количество запасных элементов, предназначенных для восстановления системы, равно 2 ед.

Результаты оценки надежности системы приведены на рис. 1.8

Таблица 1.6

Признак типа системы	Среднее время между отказами (наработка на отказ) сут.	Среднее время восстановления, сут.	Количество запасных элементов	Время эксплуатации, сут.	Вероятность безотказной работы
1	2	1	3	1	?

**Пример.** Для данных, приведенных в табл. 1.7, оценить надежность системы.

При отказе системы осуществляется ее **задержанное** восстановление. Количество запасных элементов, предназначенных для восстановления системы, равно 2 ед.

Результаты оценки надежности системы приведены на рис. 1.9.

Таблица 1.7

Признак типа системы	Среднее время между отказами (наработка на отказ), сут.	Среднее время восстановления, сут.	Количество запасных элементов	Время эксплуатации, сут.	Вероятность безотказной работы
1	10	2	2	1	?



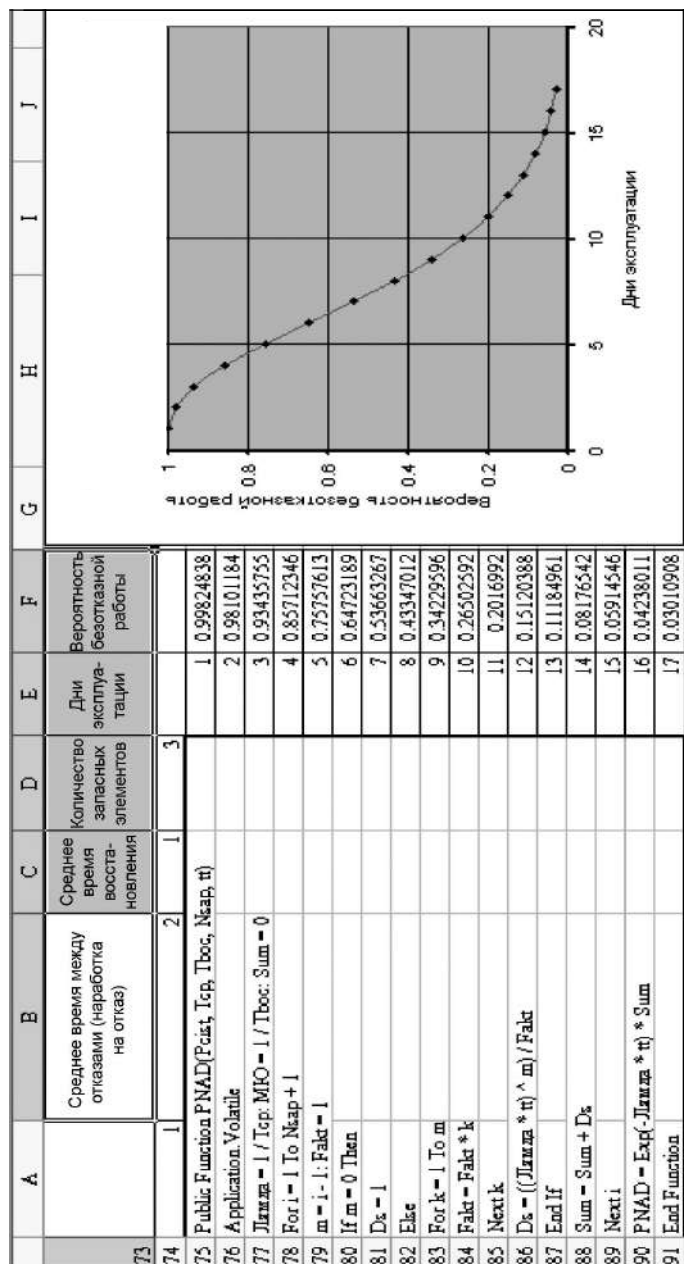


Рис. 1.8. Оценка надежности системы

**5. Информационные показатели систем** (объем информации, точность информации, надежность информации, стоимость информации, ответственность за качество информации, характеристики входящего в систему и исходящего из нее потоков, способы доступа к информации, функционирующей в системе).

Качество информационного обеспечения системы определяется в основном тремя факторами: количеством и качеством источников информации, возможностью системы приема информации и помехозащищенностью системы.

Если система управления имеет  $n_{\text{и}}$  каналов приема информации и по каждому каналу может поступать поток информации с интенсивностью ( $\lambda_{\text{и}}$ ) и полезностью ( $\delta$ ), то органом управления принимается информация (объем) ( $\theta_{\text{и}}$ ).

В то же время для реализации всех управленческих функций необходим объем информации, равный ( $\theta_{\text{п}}$ ).

Критерием качества информационного обеспечения принимается вероятность события, состоящего в том, что объем необходимой информации, поступившей в орган управления, будет не менее потребного, т. е.  $\theta_{\text{и}} \geq \theta_{\text{п}}$ .

При показательном законе времени поступления информации значение этой вероятности определяется так:

$$P_{\text{к.и}} = \exp\left\{-\delta(1 - K_{\text{пз}})K_{\text{скр}}K_{\text{х}}\Theta_{\text{и}}/\Theta_{\text{п}}\right\},$$

где  $\delta$  — показатель, характеризующий степень полезности информации, поступающей в орган управления;

$K_{\text{пз}}$  — показатель, характеризующий помехозащищенность системы;

$K_{\text{скр}}$  — показатель, характеризующий скрытность системы;

$K_{\text{х}}$  — показатель, характеризующий качество хранения и передачи информации объекту управления.

Рассмотрим подходы к методике определения параметров, характеризующих скрытность системы.

**6. Технологические показатели систем** (как, когда, в какой последовательности, с помощью каких методов и средств осуществляются преобразования в системе).

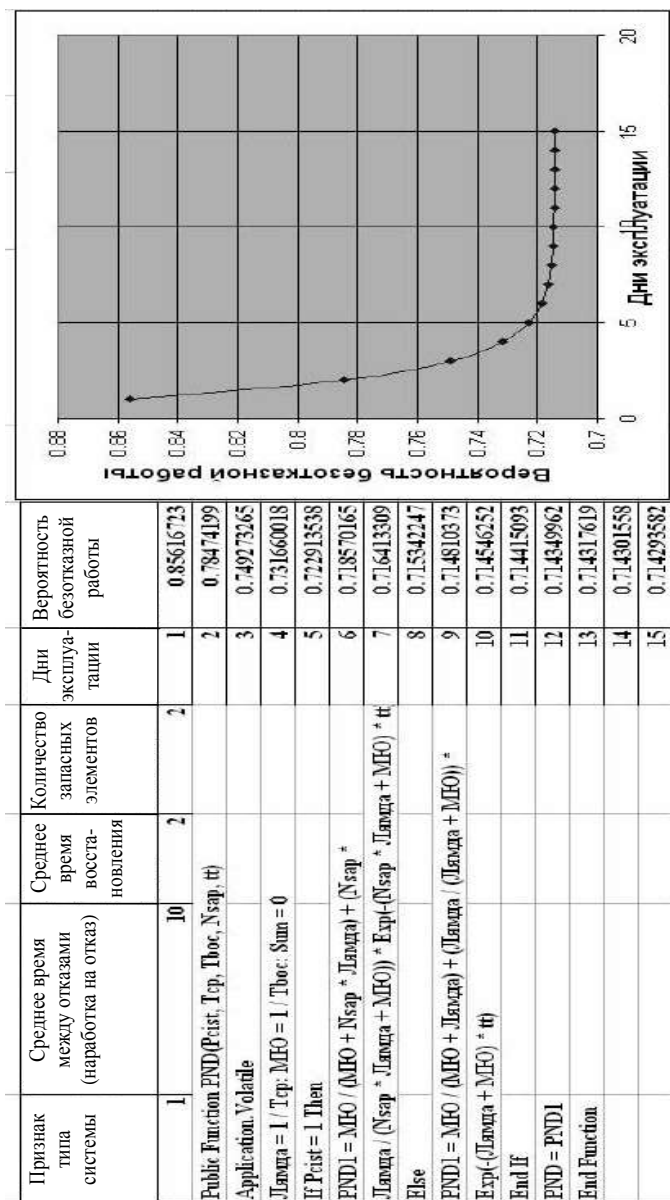


Рис. 1.9. Оценка надежности системы с задерживаемым восстановлением

## **7. Показатели качества организации управления системой.**

Основными показателями качества организации управления являются:

- уровень активности органа управления;
- непрерывность управления;
- качество контрольных функций управления;
- степень твердости управления.

### ***Активность органа управления***

Активность органа управления характеризуется средним количеством управляющих на объект управления в единицу времени.

### ***Непрерывность управления***

Под непрерывностью управления понимается способность системы обеспечить процесс управления в необходимом темпе и функционирование управляемых объектов без снижения качества реализации их функций.

### ***Качество контрольных функций управления***

Контрольная функция — одна из важнейших функций управления. Качество контрольных функций может характеризоваться системой показателей, основным из которых является вероятность осуществления эффективного контроля со стороны органа управления

***Твердость управления*** характеризуется способностью органа управления реализовать управляющее воздействие.

Твердость управления является интегральным показателем качества организации управления. Этот показатель учитывает такие качества органа управления, как активность, способность осуществлять непрерывное управление, качество контрольных функций.

**8. Показатели взаимодействия системы с другими системами** (верхнего, нижнего и среднего уровней), влияние показателей взаимодействия на состояние системы.

## **9. Показатели качества системы**

***Оптимальность*** — характеризует степень соответствия фактического и требуемого качества системы.

$$K_{\text{опт}} = \max \left( \frac{K_{\text{сист}}^{(\text{факт})}}{K_{\text{сист}}^{(\text{тр})}} \right) \quad \text{или} \quad K_{\text{опт}} = \max \left\{ K_{\text{сист}}^{(\text{факт})} \right\},$$

где  $K_{\text{сист}}^{(\text{факт})}$ ,  $K_{\text{сист}}^{(\text{тр})}$  — показатели, характеризующие фактическое и требуемое качество системы.

Выполняя анализ систем, необходимо помнить, что все показатели, характеризующие систему, могут быть фактическими, прогнозируемыми и нормативными. При этом они могут вычисляться или определяться до изменений в системе  $\Pi_i^{(0)}(t)$  и после изменений  $\Pi_{(i)}^{(*)}(t)$ .

Разницу между этими значениями показателей принято называть **эфффе́ктом**.

Величина эффекта вычисляется по формуле

$$\Xi_i(t) = \Pi_i^{(0)}(t) - \Pi_{(i)}^{(*)}(t).$$

При этом показатели возможностей системы могут быть:

- показателями, характеризующими сферу деятельности системы;
- абсолютными показателями возможностей системы;
- относительными показателями возможностей системы;
- фактическими показателями — оцениваются по результатам функционирования системы;
- планируемыми (прогнозируемыми) показателями — могут быть получены на этапе выработки решений и планирования применения системы;
- нормативными показателями, в соответствии с которыми оценивается система (критерии);
- точечными, интервальными и интегральными показателями;
- показателями качества возможностей системы.

**10. Показатели итогов функционирования систем** (результат, результативность, успешность, производные показателей результата и др.).

**Результат** — то, что достигнуто после применения системы. Результат может быть как положительным, так и отрицательным.

**Долевые показатели функционирования системы** — характеризуют относительную важность выполняемых задач, а также величину долевого участия сил и средств при выполнении конкретной задачи.

*Степень важности элементов*

$$C_{\text{оп}_i} = \frac{\Pi_{B_i}}{\sum_{i=1}^n \Pi_{B_i}},$$

где  $\Pi_{B_i}$  — потенциал элемента системы;

$n$  — количество элементов в составе системы.

*Вклад элемента системы в достижение цели*

$$C_{\text{вкл}} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i},$$

где  $P_i$  — результат, выраженный в условных единицах, достигнутый  $i$ -м элементом системы.

*Показатели долевого участия сил и средств, осуществляющих деятельность системы:*

$$C_{\text{дол}_i} = \frac{\Pi_i}{\sum_{i=1}^n \Pi_i},$$

где  $\Pi_i$  — потенциал элемента системы, участвующего в выполнении задачи.

*Показатели, характеризующие отношение потенциала элемента системы, непосредственно определяющей результат деятельности ( $\Pi_d$ ), сил управления ( $\Pi_y$ ) и обеспечения ( $\Pi_o$ ) к общему потенциалу системы ( $\Pi_\Sigma$ ):*

$$K_d = \frac{\Pi_d}{\Pi_\Sigma}, \quad K_o = \frac{\Pi_o}{\Pi_\Sigma}, \quad K_y = \frac{\Pi_y}{\Pi_\Sigma},$$

$$K_d + K_o + K_y = 1.$$

**Показатели производительности функционирования системы** — характеризуют величину результата функционирования системы, приходящегося на единицу средств ( $\Pi_N$ ), времени ( $\Pi_T$ ) и пространства ( $\Pi_V$ ). Физический смысл этих показателей состоит в оценке скорости изменения результата во времени, пространстве и состоянии

$$\begin{aligned} \Pi_N &= \frac{P}{N}, & \Pi_T &= \frac{P}{T}, & \Pi_V &= \frac{P}{V}, \\ \Pi_N &= \frac{dP}{dN}, & \Pi_T &= \frac{dP}{dt}, & \Pi_V &= \frac{dP}{dv}, \end{aligned}$$

где  $P$  — результат деятельности;

$N$  — число средств, привлекаемых к деятельности;

$V$  — размеры пространства;

$T$  — время, в течение которого достигается результат.

**Целевые показатели функционирования системы** — характеризуют условия достижения главной и частных целей функционирования системы.

Основными целевыми показателями являются:

- структура цели функционирования системы;
- результат, соответствующий цели ( $R_{\text{потр}} \subset \Pi_d$ ),

где  $R_{\text{потр}}$  — потребный результат деятельности;

$\Pi_d$  — цель деятельности.

**Успешность функционирования системы**

$$Y = \frac{R_{\text{факт}}}{R_{\text{потр}}}, \quad R_{\text{потр}} \equiv \Pi(\text{цель}),$$

**Результативность** — отношение результата по его достижении к непосредственным затратам:

$$P_{\text{рез}} = \frac{R_{\text{факт}}}{C}.$$

**11. Финансово-экономические показатели системы:** стоимость элемента; стоимость системы в целом; стоимость положительных результатов системы; стоимость отрицательных

результатов системы; соотношение стоимостей подсистем; соотношение стоимостей положительных и отрицательных результатов; структура стоимостей элементов и системы в целом и др.

**12. Показатели эффективности систем** (целевая эффективность системы, функциональная эффективность системы, экономическая эффективность системы).

**Эффект** — приращение какого-либо из показателей системы за счет совершенствования системы.

**Обобщенный показатель эффективности системы** — степень полезной отдачи от затрат:

$$K_{эс} = \frac{P}{R_y},$$

где  $P$  — результат функционирования системы;

$R_y$  — величина затрат.

**Целевая эффективность системы.** Целевая эффективность характеризует степень достижения цели вариант применения системы управляемого объекта при фактическом уровне реализации функций управления.

Величина показателя целевой эффективности управления может быть определена с помощью следующего соотношения:

$$K_{цэ} = \frac{PP_y + P^*(1 - P_y)}{P_3},$$

где  $P_y$  — вероятность выработки эффективного управляющего воздействия;

$P, P^*$  — результаты, вычисленные при условии выработки и невыработки эффективного управляющего воздействия соответственно;

$P_3$  — заданный результат, при котором достигается цель вариант применения системы.

**Пример.** В результате подведения итогов очередного финансового года были определены финансово-экономические показатели, характеризующие эффективность деятельности предприятия. В результате анализа этих показателей опреде-



лено несоответствие планируемой и фактической прибыли. При этом величина планируемой прибыли составляла 100 млн руб., а величина фактической прибыли — 80 млн руб. Классифицировать показатели эффективности предприятия как систему.

Оценить величину показателя целевой эффективности системы.

### **Решение задачи**

$$K_{цэ} = \frac{P_{пл}}{P_з} = 0,8/100 = 0,8 .$$

**Вывод.** Величина показателя целевой эффективности системы равна 0,8, что свидетельствует о том, что цель деятельности не достигнута.

**Функциональная эффективность системы.** Под функциональной эффективностью понимается степень реализации органом управления возлагаемых на него функций.

Величина показателя функциональной эффективности управления может вычисляться с помощью следующего приближенного соотношения:

$$K_{фэ} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{y_i}}{n} ,$$

где  $n$  — количество функций, возлагаемых на орган управления;

$P_{y_i}$  — вероятность реализации органом управления  $i$ -й функции (вероятность выработки органом эффективного управляющего воздействия при реализации  $i$ -й функции управления).

**Пример.** В результате внедрения автоматизированных информационных систем (АИС) функции управления (стратегическое управление, оперативное управление, управление персоналом и др.) предприятием стали выполняться с показателями, приведенными в табл. 1.8. Определить значение показателя функциональной эффективности системы.

Таблица 1.8

Наименование показателя	Сбор и обработка информации	Учетные функции	Выработка и принятие решений	Планирование	Организация производства	Контрольные функции
Значение показателя	0,8	0,9	0,95	0,9	0,89	0,95

**Решение задачи:**

$$K_{\phi\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{y_i}}{n} = (0,8 + 0,9 + 0,95 + 0,9 + 0,89 + 0,95) / 6 = 0,898.$$

**Вывод.** Величина показателя функциональной эффективности системы примерно равна 0,9, что свидетельствует о том, что практически все функции, возложенные на систему, будут выполнены.

**Экономическая эффективность системы.** Под экономической эффективностью управления понимается степень полезной отдачи от средств, выделенных на разработку, эксплуатацию системы и осуществление управления.

Величина показателя экономической эффективности может быть определена по формуле

$$K_{\phi} = \frac{\Delta P C_p}{C_{cy}},$$

где  $\Delta P$  — приращение результатов (вариант применения системы за счет совершенствования системы);

$C_p$  — стоимость единицы результата;

$C_{cy}$  — стоимость мероприятий по совершенствованию системы.

**Пример.** В систему управления предприятием внедрена новая АИС, стоимость которой составила 1 млн руб. Прогно-

зируемый срок эксплуатации АИС (амортизационный период) составляет 6 лет.

Оценить величину показателя экономической эффективности системы, если ежегодные эксплуатационные затраты равны 1 млн руб, а ежемесячное прогнозируемое приращение прибыли предприятия за счет использования АИС — 200 000 руб.

#### **Решение задачи**

$$K_9 = \frac{\Delta PC_p}{C_{cy}} = (12 \cdot 6 \cdot 200000) / (1000000 + 6 \cdot 1000000) = 2,057.$$

**Вывод.** Величина показателя экономической эффективности системы примерно равна 2. Это свидетельствует о том, что экономический эффект от внедрения системы составит примерно 200%.

### **2.3. Обобщенный показатель качества системы**

Показатель качества системы как степень соответствия характеристик требованиям определяется в два этапа:

- формирование требований к системе;
- определение качества системы.

#### **Формирование требований, предъявляемых к системе**

Требования формируются на основе анализа и оценки:

- а) соответствия целей функционирования системы целям систем вышестоящего, нижестоящего и смежного уровней;
- б) соответствия состава, структуры, функций и процессов системы условиям достижения целей и решению задач вышестоящего, нижестоящего и смежного уровней;
- в) соответствия вышестоящего, нижестоящего и смежного уровней.

#### **Оценка качества системы по ее соответствию предъявляемым требованиям**

Для количественной оценки качества системы по ее соответствию предъявляемым требованиям может быть использовано следующее соотношение:

$$K_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot P_i,$$

где  $n$  — количество требований, предъявляемых к системе;

$\gamma_i$  — относительная важность  $i$ -го требования, предъявляемого к системе;

$P_i$  — вероятность удовлетворения  $i$ -го требования, предъявляемого к системе.

Для оценки относительной важности каждого требования могут быть использованы различные методы и критерии, например критерий Фишборна.

Относительная важность каждого требования в этом случае определяется с помощью следующего соотношения:

$$\gamma_i = \frac{2(n+1-i)}{n(n+1)},$$

где  $i$  — номер требования в порядке убывания его важности, определенной методом экспертных оценок.

Значение вероятности удовлетворения  $i$ -го требования, предъявляемого к системе, может быть найдено как вероятность события, состоящего в том, что параметр, характеризующий фактическое состояние системы, будет находиться в требуемых пределах, т. е.  $P_i(U_i^{(\Phi)} > U_i^{(\text{потр})})$ .

$$P_i = 0,5 \left[ 1 - \Phi \left( \frac{U_i^{(\text{потр})} - U_i^{(\Phi)}}{\sigma_{\Sigma_i}} \right) \right].$$

где  $U_i^{(\Phi)}$ ,  $U_i^{(\text{потр})}$  — значение  $i$ -го параметра, характеризующего фактическое и потребное состояния системы соответственно.

$\sigma_{\Sigma_i}$  — среднее квадратическое отклонение суммарной ошибки  $i$ -го параметра фактического и потребного состояния системы соответственно.

Для приближенной оценки качества системы можно использовать следующие критерии:

- при  $K_{\text{сист}} \geq 0,8$  система полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям;

- 
- при  $0,5 < K_{\text{сист}} < 0,8$  система частично удовлетворяет предъявляемым требованиям;
  - $K_{\text{сист}} \leq 0,5$  система не удовлетворяет предъявляемым требованиям.

**Пример.** Оценить качество системы, показатели функционирования которой приведены в табл. 1.9.

**Решение задачи**

1. Рассчитывается относительная важность  $i$ -го требования, предъявляемого к системе — в ячейке С345,  $=2*(8+1-С344)/(8*8+8)$ .

2. Рассчитываются значения функции  $\Phi(\pi)$  — в ячейке С346,  $=\text{НОРМРАСП}(С342;С341;С343;\text{ИСТИНА})$ .

3. Рассчитывается значение  $P_i$  — в ячейке С347,  $=0.5*(1+С346)$ .

4. В ячейке С348 рассчитывается значение  $=С345*С347$ .

5. В ячейке С349 рассчитывается значение показателя качества системы.

**Вывод.** Показатель качества системы равен примерно 0,8. Это свидетельствует о том, что система практически полностью удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям.

## Глава 3. Законы функционирования и методы управления системами

### 3.1. Законы теории систем

#### 3.1.1. Общие законы теории систем

1. Закон **целеполагания** состоит в том, что выбор цели и варианта применения системы должен осуществляться на основе объективных законов движения (изменения) и специфических законов функционирования управляемого объекта. В противном случае цели и вариант применения системы будут выбраны нереальными, а управление — малоэффективно, хаотично.

Таблица 1.9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
340	Условный номер показателя	1	2	3	4	5	6	7	8		
341	Потребные показатели функционирования системы (требования)	50	40	15	550	400	300	780	40		
342	Фактические показатели функционирования системы	70	45	10	500	480	280	800	30		
343	Максимальное значение суммарной ошибки	30	15	1	80	60	40	10	10		
344	Ранг важности показателя	5	4	1	2	3	7	6	8		
345	Относительная важность требования	0.1111111	0.1388889	0.2222222	0.1944444	0.1666667	0.0555555556	0.0833333333	0.0277777778	1	
346	Значение функции Ф(п)	0.747508	0.3694414	1	0.7340145	0.091211	0.691462467	0.022750062	0.84134474		
347	Значение показателя Рi	0.873754	0.6847207	1	0.8670073	0.545606	0.845731234	0.511375031	0.92067237		
348	Классиф.	0.097084	0.0951001	0.222222	0.1685847	0.090934	0.046985069	0.042614586	0.025574233	0.7890908946	
349	Показатель качества системы(Классиф.)	0.7890908946									

---

2. Законы **развития** управляемого объекта теоретически уменьшают его возможное разнообразие. Они указывают, что движение (изменение) объекта управления протекает не хаотически и не в любых направлениях, а по определенным правилам. Управление этим объектом должно еще более ограничить его многообразие, а не вступать в противоречие с законами его развития. Отсюда следует, что управление базируется на знании специфических законов (развития) конкретного объекта, и только в этом случае может быть достигнуто качественное управление.

3. Закон **разнообразия** состоит в том, что разнообразие воздействия управляющего органа должно быть не менее чем разнообразие управляемого объекта. Этот закон иногда формулируют так: “Только разнообразие может сократить разнообразие”. Он говорит о том, что управляющий орган должен быть готов изменить любое из возможных, но нежелательных изменений управляемого объекта. Разнообразие управляющих вариантов применения системы от управляющего органа не может быть меньше разнообразия возможных изменений управляемого объекта, иначе будет нарушено ее управление. Нарушение этого закона, например, видно тогда, когда руководители, оправдываясь, говорят: “Этого мы не знали”, “Это мы не предусмотрели”, “Этого никто не ожидал”, “Это случайно” и т. д.

Повышение разнообразия управляющего органа — важнейший путь повышения качества управления. Тот, кто обладает большими знаниями и опытом, может управлять в любой ситуации, управлять качественно и эффективно, потому что он обладает большим разнообразием в управлении.

4. Закон **движения** (изменения) предполагает наличие в ходе управления изменений состояния органов и объектов, а также процессов, происходящих в системе. Без возможных изменений в системе, связанных с ходом достижения цели, управления быть не может.

5. Закон **противодействия** учитывает проявление “инерции”, плохих привычек и плохих традиций, наличие внутренних противоречий в самом органе управления как субъективного,

так и объективного характера; влияние вредных возвариант применения системы на систему извне.

6. Закон **накопления** опыта управления управляемым объектом есть отражение того объективного факта, что если управляемый объект испытывает несколько раз определенную последовательность управляющих возвариант применения системы, то затем он приходит в заданное состояние при осуществлении этой последовательности управляющих возвариант применения системы независимо от своего начального состояния, т. е. управляемый объект как бы накапливает некоторый опыт. Иначе говоря, повторяющиеся последовательности управляющих возвариант применения системы имеют тенденцию уменьшать начальное разнообразие управляемого объекта во все увеличивающейся степени. Управляемый объект становится все более управляемым. На действии этого закона управления базируются тренировки в выработке навыков.

7. Закон **разделения функций (труда)** - выделение из общего производства особого вида деятельности - управленческого труда в интересах достижения более высокого результата в производительности труда, а также определение в самом управленческом труде его разновидностей по содержанию, объему и технологии на различных уровнях системы управления.

8. Закон **интеграции** обуславливает использование различных (частных и общих) структур линейных, функциональных, линейно-штатных, матричных и других, обеспечивающих оперативность и эффективность управления.

9. Закон **гармонии** (органа управления с объектом и внутри системы управления). На основе этого закона определяются органы управления, устанавливаются единство системы управления на всех уровнях, оптимальное соотношение и пропорциональность частей системы, степень централизации и децентрализации управления, согласование функций на всех уровнях и др.

10. Закон **гомеостазиса** (равного состояния) - поддержание постоянства основных переменных системы для обеспечения оптимального режима ее функционирования.

Стремление системы удержать существенные переменные в необходимых пределах связано с процессами саморегулирования



и адаптации, которые направлены на ликвидацию последствий возмущения в тех или иных подсистемах. В технике принцип гомеостазиса используется для построения оптимальных систем автоматического управления.

### **3.1.2. Частные законы теории систем**

1. **Целостность.** Закон целостности проявляется в системе при возникновении “новых качеств, не свойственных ее компонентам”. Когда система является средством исследования, актуальной становится оценка степени ее целостности при переходе из одного состояния в другое. При этом могут быть два вида поведения системы: в новом состоянии сохраняется взаимосвязь элементов и система сохраняется; взаимосвязь элементов нарушается и элементы становятся независимыми, поэтому возникает опасность разделения системы на отдельные элементы.

Строго говоря, любая система находится всегда между крайними точками условной шкалы: реально существующая система при абсолютной ее целостности — формально существующая система при отсутствии ее целостности.

2. **Интегративность.** Этот термин часто употребляется как синоним целостности. Однако им обычно подчеркивают интерес не к внешним факторам проявления целостности, а к более глубоким причинам формирования этого свойства — к его сохранению. Интегративными называют системообразующие, системосохраняющие факторы, важными среди которых являются неоднородность и противоречивость ее элементов.

3. **Историчность.** Закон развития систем стали исследовать сравнительно недавно. С точки зрения диалектического и исторического материализма очевидно, что любая система не должна быть неизменной, что она не только функционирует, но и развивается. Можно привести примеры становления, расцвета, упадка и даже смерти биологических и общественных систем, но все же для конкретных случаев развития организационных и технических систем трудно определить эти периоды.

Не всегда даже руководители организаций и конструкторы сложных технических комплексов учитывают, что *время* являет-

ся неперменной характеристикой системы, что каждая система *исторична* и что это такая же закономерность, как целостность, интегративность и др.

Известна и основа закономерности историчности — внутренние противоречия между компонентами системы.

Но вот как управлять развитием или хотя бы понимать приближение соответствующего периода развития системы — эти вопросы еще мало исследованы.

В последнее время на необходимость учета закономерности историчности начинают обращать все больше внимания. В частности, в системотехнике при создании сложных технических комплексов требуют, чтобы уже на стадии проектирования системы рассматривались не только вопросы создания и обеспечения развития системы, но и вопрос, как и когда нужно ее уничтожить (возможно, предусмотрев и механизм уничтожения системы, подобно тому, как мы предусматриваем механизмы развития системы).

4. **Коммуникативность.** Этот закон составляет основу для рассмотрения системы, находящейся в единстве со средой. Как правило, любая система представляет собой элемент системы более высокого уровня.

5. **Иерархичность.** Это закономерность построения всего мира и любой выделенной из него системы. Л. фон Берталанфи показал, что “иерархическая упорядоченность” тесно связана с явлениями дифференциации и негэнтропийными явлениями в системах и является одним из наиболее важных средств исследования систем.

Все мы хорошо представляем проявление иерархической упорядоченности в природе начиная от атомно-молекулярного уровня и кончая человеческим обществом. Но не всегда, даже пытаясь применять иерархические структуры, учитываем важнейшую особенность иерархичности как закономерности, заключающуюся в том, что закономерность целостности проявляется на каждом уровне. Благодаря этому на каждом уровне возникают новые свойства, которые не могут быть выведены как сумма свойств элементов. При этом важно, что не только объединение

элементов в каждом узле приводит к появлению новых свойств, которых у них не было, и утрате некоторых свойств элементов, но и что каждый подчиненный член иерархии приобретает новые свойства, отсутствующие у него в изолированном состоянии.

Таким образом, на каждом уровне иерархии происходят сложные качественные изменения, которые не всегда могут быть формально представлены и объяснены. Но именно благодаря этой особенности рассматриваемая закономерность приводит к интересным следствиям, которые весьма полезны при применении системы представлений как средства исследования сложных объектов и процессов, как средства принятия решений.

Во-первых, с помощью иерархических представлений можно отображать системы с неопределенностью.

Во-вторых, построение иерархической структуры зависит от цели, соответственно для многоцелевых ситуаций можно построить несколько иерархических структур, соответствующих разным целям, и при этом в разных структурах могут принимать участие одни и те же компоненты.

В-третьих, если поручить формирование иерархической структуры разным исследователям даже при одной и той же цели, то в зависимости от их предшествующего опыта, квалификации и знания системы они могут получить разные иерархические структуры, т. е. по-разному разрешить качественные изменения на каждом уровне иерархии.

**6. Эквивиальность.** Это пока еще один из наименее исследованных законов. Она характеризует как бы предельные возможности систем определенного класса сложности. Л. фон Берталанфи, предложивший этот термин, определяет эквивиальность применительно к открытой системе как способность (в отличие от состояний равновесия в закрытых системах) систем, полностью детерминированных своими начальными условиями, достигать не зависящего от времени состояния. Причем это состояние не зависит от исходных условий системы и определяется исключительно ее параметрами.

Потребность во введении этого понятия возникает начиная с некоторого уровня сложности систем.

По-видимому, идею Берталанфи об эквифинальности можно пояснить наиболее наглядно на примерах “живых” систем. Можно, например, говорить об уровне развития крокодила или обезьяны и характеризовать их предельными возможностями, предельно возможным состоянием, к которому может стремиться тот или иной ряд, а соответственно, и стремлением к этому предельному состоянию из любых начальных условий, даже если индивид появился на свет раньше положенного времени или если провел, подобно Маугли, некоторый период жизни в несвойственной ему среде.

К сожалению, не исследованы еще вопросы: какие именно параметры в конкретных системах обеспечивают свойство эквифинальности, как обеспечивается это свойство, как проявляется закономерность эквифинальности в организационных системах.

**7. Закон необходимого разнообразия.** Закономерность, известную под этим названием, впервые сформулировал У. Р. Эшби. Он доказал теорему, на основе которой можно сделать вывод, что для того чтобы создать систему, способную справиться с решением проблемы, обладающей определенным, известным *разнообразием*, нужно, чтобы система имела еще большее разнообразие, чем разнообразие решаемой проблемы, или была способна создать в себе это разнообразие. Этот закон достаточно широко применяется на практике. Он позволяет, например, получить рекомендации по совершенствованию системы управления предприятием

**8. Закон осуществимости и потенциальной эффективности.** Развивая идею о потенциальной осуществимости системы, Флейшман связывает сложность структуры системы со сложностью поведения, предлагает количественные выражения.

Анализ предельных законов надежности, помехоустойчивости, управляемости и других качеств системы показывает, что на их основе можно получить количественные оценки порогов осуществимости.

### **3.1.3. Закономерности функционирования систем**

Помимо общих и частных законов имеются и закономерности функционирования систем, к которым относятся:

- 
- единство подсистем управления на всех ступенях управляемой системы;
  - оптимальность соотношения (пропорциональности) частей системы;
  - оптимальное соотношение централизации и децентрализации управления;
  - целесообразное распределение прав между органами управления на различных уровнях;
  - поддержание непрерывности и ритмичности функционирования;
  - сокращение числа ступеней управления;
  - возрастание или убывание масштаба функций управления на различных ступенях управления;
  - концентрация функций управления на каждой ступени.

В **развитии систем** можно выделить следующие закономерности:

1. Постоянное улучшение всех процессов экономической системы является одним из принципов повышения эффективности деятельности организации.

2. Изменения во времени среды существования системы может привести к ее росту или спаду.

Система существует во внешней, внутренней средах и во времени. Время воздействует как на внутреннюю, так и на внешнюю среды, что приводит к изменениям в них. Изменения среды может влиять на систему в сторону ее развития или упадка.

3. Развитие систем происходит циклически.

В теории систем цикл развития включает три этапа: медленный рост, связанный с накоплением потенциала для развития (обучение персонала, научно-исследовательская работа, получение ноу-хау для процессов, увеличение финансового капитала); бурный рост, связанный с реализацией накопленного потенциала системы; замедление темпов роста, связанное с полностью реализованным потенциалом и накоплением нового потенциала для развития и повторение цикла развития.

---

## 3.2. Процессы в системе и управление системой

### 3.2.1. Переходные процессы в системах

Изложим более подробно переходные процессы системы из исходного состояния в конечное под воздействием управляющего воздействия.

При описании динамических свойств элементов системы и системы в целом используются, как правило, системы дифференциальных уравнений. Это положение справедливо практически для любых систем, так как любая динамика предполагает учет производных от параметров системы по времени. Однако прямая постановка применения этого подхода связана с реализацией огромного объема вычислительных операций. Для решения этой проблемы были разработаны специальные методы, основанные на применении преобразований Лапласа и Карсона. С использованием этих преобразований наиболее легко описать передаточные и переходные свойства системы.

**Передаточная функции** — отношение конечного состояния системы (выхода) к начальному состоянию (входу), выраженное **в операторной** форме или отношение изображения выходной величины к входной при нулевых начальных условиях.

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)},$$

где  $W(p)$  — передаточная функция;

$p$  — оператор преобразования Лапласа.

Если известна передаточная функция и величина, поступившая на вход элемента —  $x(t)$ , то может быть получен выходной сигнал —  $y(t)$  (например, результат функционирования системы, элемента системы), т. е.

$$y(p) = W(p) \cdot x(p).$$

Понятие передаточной функции определено только для линейных объектов. Все реальные объекты являются нелинейными, но если их характеристики близки к линейным, то в не-

большом диапазоне изменения входной координаты их можно считать линейными, а координаты линеаризовать.

В общем случае передаточную функцию линейного объекта можно представить в виде дроби с полиномами в числителе и знаменателе:

$$W(p) = \frac{b_m \cdot p^m + b_{m-1} \cdot p^{m-1} + \dots + b_1 \cdot p^1 + b_0}{a_n \cdot p^n + a_{n-1} \cdot p^{n-1} + \dots + a_1 \cdot p^1 + a_0},$$

где условием *физической реализуемости* данного объекта (элемента, системы) является  $m \leq n$ .

Такую дробь можно представить в виде произведения нескольких дробей или суммы. Следовательно, любой линейный объект (систему) можно представить в виде последовательного (произведение) или параллельного (сумма), или другого соединения нескольких типовых объектов.

Получение передаточных функций элементов систем — очень сложный процесс, требующий знания специальных методов и технологий, которые изучаются в специальных дисциплинах. Для типовых элементов созданы специальные базы этих функций. Например, для систем регулирования и управления типовыми элементами могут быть:

#### 1. Усилительное звено:

— передаточная функция:  $W(p) = K$ ;

— дифференциальное уравнение:  $y(t) = K \cdot x(t)$ ,

где  $K$  — коэффициент усиления объекта.

#### 2. Аperiodическое звено:

*I порядка:*

— передаточная функция:  $W(p) = \frac{K}{T \cdot p + 1}$ ;

— дифференциальное уравнение:  $T \cdot y'(t) + y(t) = K \cdot x(t)$ .

*II порядка:*

— передаточная функция:  $W(p) = \frac{K}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 \cdot p + 1)}$ ;

— дифференциальное уравнение:

$$T_1 \cdot T_2 \cdot y''(t) + T_1 \cdot y'(t) + T_2 \cdot y'(t) + y(t) = K \cdot x(t),$$

где  $T, T_1, T_2$  — постоянные времени объекта.

При последовательном соединении нескольких аperiodических звеньев получаем аperiodическое звено более высокого порядка.

**3. Интегрирующее звено:**

— передаточная функция:  $W(p) = \frac{K}{p}$ ;

— дифференциальное уравнение:  $y(t) = K \cdot \int_0^{t_m} x(t) dt$ .

Примером данного звена является емкость, в которую наливается жидкость. Уровень жидкости в ней повышается с течением времени. Происходит интегрирование, т. е. накопление вещества в сосуде.

**4. Колебательное звено:**

— передаточная функция:  $W(p) = \frac{K}{T_1 \cdot p^2 + T_2 \cdot p + 1}$ .

Корнями такого уравнения, стоящего в знаменателе, являются комплексные корни;

— дифференциальное уравнение:

$$T_1 \cdot y''(t) + T_2 \cdot y'(t) + y(t) = K \cdot x(t).$$

**5. Идеально дифференцирующее звено:**

— передаточная функция:  $W(p) = K \cdot p$ ;

— дифференциальное уравнение:  $y(t) = K \cdot x'(t)$ .

Это звено физически нереализуемо.

**6. Реально дифференцирующее звено:**

— передаточная функция:  $W(p) = \frac{K \cdot p}{T \cdot p + 1}$ ;

— дифференциальное уравнение:  $T \cdot y'(t) + y(t) = K \cdot x'(t)$ .

**7. Звено чистого запаздывания:**

— передаточная функция:  $W(p) = K \cdot e^{-p\tau}$ ;

— дифференциальное уравнение:  $y(t) = K \cdot x(t - \tau)$ ,

где  $\tau$  — время чистого запаздывания.

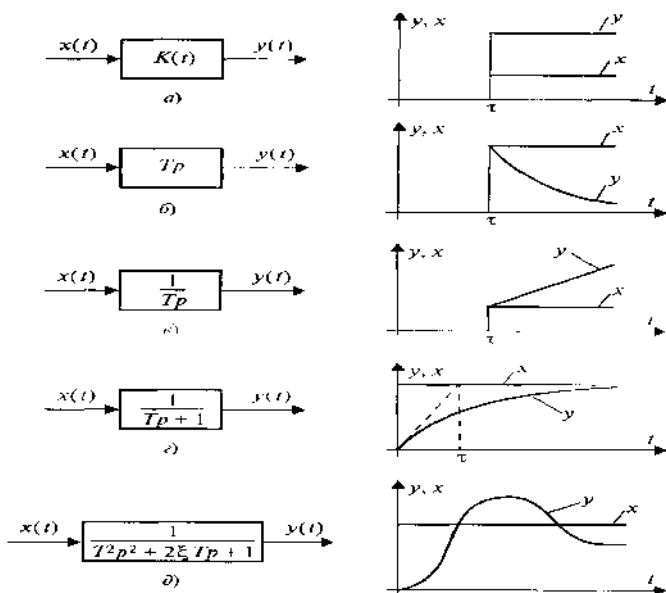


Очень часто объект (система) реагирует на входную координату с некоторым запаздыванием. Время между моментом нанесения возмущения и моментом реакции объекта на это возмущение называется *временем чистого запаздывания*.

Примером такого звена является транспортер: что положили на начало транспортной ленты, то и получили в ее конце, но через некоторое время.

Звено чистого запаздывания часто используют при описании звеньев с распределенными координатами. Их представляют как последовательное соединение аperiodических звеньев I, II и III порядка и звена чистого запаздывания.

Передаточные функции и графики изменения входного и выходного параметра усилительного, дифференцирующего, интегрирующего, аperiodического и колебательного элементов приведены на рис. 1.10.



**Рис. 1.10.** Отображение типовых звеньев:

а — усилительного; б — дифференцирующего; в — интегрирующего; г — аperiodического; д — колебательного (где  $T$  — постоянная времени,  $\xi$  — показатель затухания,  $p$  — оператор Лапласа)

Если соединения элементов в системе образуют сложную структуру, то передаточная функция системы может быть найдена путем выполнения соответствующих операций агрегирования системы, при этом соединение элементов системы преобразуется в эквивалентный элемент (рис. 1.11):

- для **последовательного** соединения элементов (рис. 1.11, а):

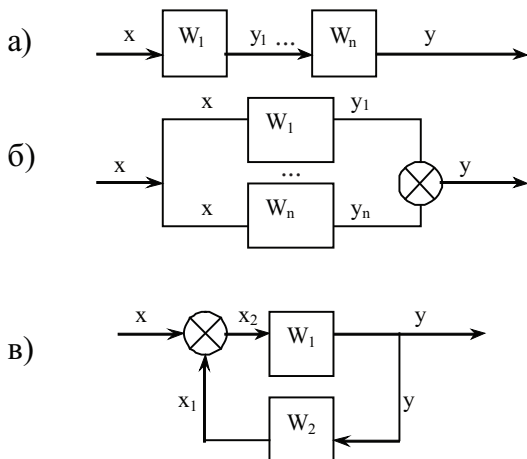
$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot \dots \cdot W_n(p);$$

- для **параллельного** соединения элементов (рис. 1.11, б):

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p) + \dots + W_n(p);$$

- для элементов **с обратной связью** (положительной) (рис. 1.11, в):

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 - W_1(p) \cdot W_2(p)}.$$



**Рис. 1.11.** Типовое соединение звеньев:

а) последовательное; б) параллельное; в) с обратной связью

Полную информацию о линейном объекте (системе) можно получить экспериментальным путем, подавая испытательный сигнал на вход и определяя реакцию на него. *Типовые испытательные сигналы* — сигналы, которые используются для исследования свойств объекта (системы, элемента).

---

Существует несколько **ТИПОВЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ**:

- **Единичное ступенчатое воздействие (единичный скачок).**

Единичный скачок — это скачкообразное ступенчатое изменение входной координаты (ступенчатая функция — в момент  $t = \tau$  достигает значения  $A = \text{const} = 1$  и далее остается постоянной). Величина скачка типового сигнала равна единице:

$$l(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t \geq 0; \\ 0 & \text{при } t < 0. \end{cases}$$

Реакция объекта на единичный скачок — это **переходная функция**, она описывает переход от одного состояния ( $x = 0$ ) к другому ( $x = 1$ ). Эту же функцию называют также **кривой разгона**. **Кривая разгона** — реакция объекта на единичный скачок. Обозначают:

$$h(t) = y(t) \text{ при } x(t) = l(t).$$

Значение переходной функции элемента системы может быть определено так:

$$h(p) = \frac{W(p)}{p}.$$

Это изображение переходной функции. Имея изображение переходной функции и выполнив обратное преобразование Лапласа<sup>1</sup>, можно получить оригинал переходной функции  $h(t)$ .

На рис. 1.10 приведены примеры типовых звеньев в структурных схемах и графическое изображение переходного процесса.

• **Импульсное возмущение.** Импульсное возмущение — это резкое увеличение и сразу же резкое уменьшение входной координаты. Типовой импульс описывается  $\delta(t)$  функцией. Некоторая идеализация импульсного возмущения имеет вид:

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{при } t = 0; \\ 0 & \text{при } t \neq 0. \end{cases}$$

---

<sup>1</sup> Технологии прямого и обратного преобразований рассматриваются в соответствующих разделах высшей математики.

---

Импульсный сигнал называется *единичным импульсом*, если выполняется условие  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$ .

Реакцию объекта на  $\delta$ -функцию называют **весовой функцией**, или *импульсно-переходной функцией*. Обозначают эту функцию:

$$g(t) = y(t) \quad \text{при} \quad x(t) = \delta(t), \quad \delta(t) = l'(t).$$

Между переходной и весовой функцией *существует связь*:

$$g(t) = h'(t)$$

(весовая функция равна производной от переходной функции).

• *Гармонический сигнал*. Гармонический сигнал используется при исследовании частотных свойств объекта. На вход объекта подается гармонический сигнал

$$x(t) = A(\omega) \sin \omega t,$$

где  $A$  — амплитуда входного сигнала;

$\omega$  — частота входного сигнала.

На выходе формируется ответный сигнал

$$y(t) = B(\omega) \sin (\omega t + \varphi),$$

где  $B$  — амплитуда выходного сигнала;

$\varphi$  — сдвиг по фазе между входным и выходным сигналами.

Это выражение для выходного сигнала справедливо только для *устойчивого объекта*. Объект устойчив, если после снятия возмущения он возвращается в исходное состояние.

Передаточные и переходные функции используются при анализе и синтезе систем. С их помощью определяются статические, переходные и динамические характеристики систем, области устойчивости и т. д. Это осуществляется на этапе анализа систем.

На этапе синтеза определяются такие параметры элементов и системы в целом, при которых статические, переходные и динамические характеристики равны заданным (требуемым),

определяются также корректирующие и дополнительные элементы системы.

Кроме передаточных и переходных функций для решения целого ряда задач анализа и синтеза систем используются частотные характеристики, определяющие поведение систем при изменении частот входных сигналов и возмущающих воздействий. Если на вход объекта подавать в качестве испытательного сигнала гармонический сигнал заданной амплитуды  $A$  и частоты  $\omega$ , то на выходе формируется также гармонический сигнал той же частоты, но в общем случае другой амплитуды  $B$  и со сдвигом по фазе  $\varphi$ . Взаимосвязь между параметрами гармонических сигналов на входе и выходе объекта определяют **частотные характеристики**.

Обобщенная частотная характеристика — **амплитудно-фазочастотная характеристика (АФЧХ)** (или АФЧХ) —  $W(i\omega)$ , может быть получена из передаточной функции при подстановке  $i\omega$  вместо  $p$  и представлена в виде:

$$W(i\omega) = M(\omega) \cdot e^{i\varphi(\omega)} = R(\omega) + iI(\omega).$$

Составляющие обобщенной частотной характеристики  $W(i\omega)$  имеют самостоятельное значение и названия.

Так, отношение амплитуды выходного сигнала к входному называют амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ):

$$M(\omega) = \frac{B(\omega)}{A(\omega)}.$$

Сдвиг по фазе между входным и выходным сигналами называют фазочастотной характеристикой (ФЧХ):  $\varphi(\omega)$ .

$R(\omega)$  и  $I(\omega)$  — действительная и мнимая части частотной характеристики. Они позволяют определить АЧХ и ФЧХ:

$$M(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)};$$

$$\varphi(\omega) = \arg(W(i\omega)).$$

Частотная характеристика  $W(i\omega)$  может быть построена на комплексной плоскости. В этом случае конец вектора, соответ-

ствующий комплексному числу  $W(i\omega)$ , при изменении  $\omega$  от 0 до  $\infty$  прочерчивает на комплексной плоскости кривую, которая называется амплитудно-фазочастотной характеристикой (АФХ).

Наряду с АФХ отдельно строят и все остальные частотные характеристики. Так АЧХ показывает, как пропускает звено сигнал различной частоты; причем оценкой пропускания является отношение амплитуд выходного и входного сигналов. ФЧХ показывает фазовые сдвиги, вносимые системой на различных частотах.

Применение для описания динамических свойств систем передаточных и переходных функций, а также частотных характеристик является более экономным в практическом отношении по сравнению с дифференциальными уравнениями.

Однако развитие современных компьютерных технологий (решение дифференциальных уравнений любой сложности, применение надежных методов оптимизации, применение современных технологий имитационного моделирования) существенно снижает это преимущество

*Примечание.* По мнению авторов, можно выделить в социальной сфере и экономике следующие основные звенья: активное, пассивное; прогрессивное, консервативное; реакционное, конструктивное; созидательное, разрушительное и т. д. Для каждого из этих звеньев при выполнении соответствующих исследований могут быть определены передаточные и переходные функции.

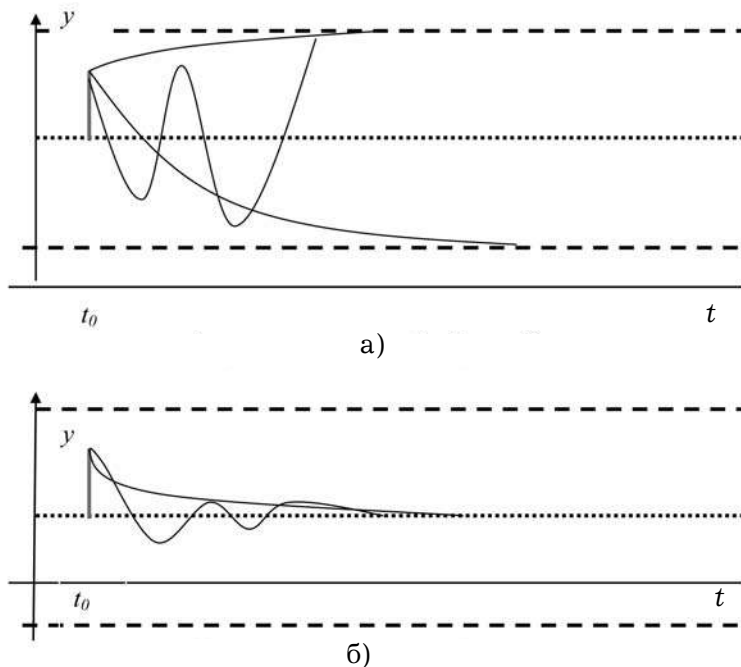
### **3.2.2. Принцип обратной связи и устойчивость систем**

Изложим более подробно принцип обратной связи, существующей между элементами системы.

Элементы системы связаны между собой, это приводит к тому, что изменение, происшедшее у одного элемента передается другим элементам и может вернуться к источнику возмущения. Если обратный сигнал усиливается элементом, то это свойство элемента называется положительной обратной связью, если ослабляется — то отрицательной обратной связью.

При положительной обратной связи возмущение в системе усиливается и достигает предельных значений, оно способно разрушить систему (например, гиперинфляция).

При отрицательной обратной связи возмущение уменьшается и система возвращается в свое устойчивое состояние. Переходные процессы воздействия возмущения могут протекать циклически или монотонно. Примеры переходных процессов при положительной и отрицательной обратной связи показаны на рис. 1.12 (а, б).



**Рис. 1.12.** Возможные варианты переходных процессов в системе:

а — при положительной обратной связи;

б — при отрицательной обратной связи:

центральная линия — равновесное значение переменной  $y$ ;

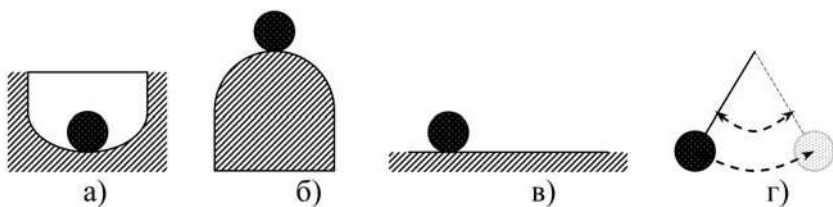
пунктирные линии (верхние и нижние) — допустимые значения  $y$ ;

сплошные линии — возможные траектории переходных процессов переменной  $y$

Устойчивость системы создается за счет отрицательной обратной связи между элементами системы.

Поэтому для обеспечения устойчивости системы управляющие воздействия должны с помощью отрицательной обратной связи вернуть систему (при появлении возмущений у элементов системы) в устойчивое состояние.

Рассуждая об устойчивости систем, вспомним основные ее определения. Все реальные объекты (системы, элементы) находятся под влиянием возмущений. После снятия возмущения системы могут вести себя по-разному. Если система после снятия возмущения возвращается в исходное состояние, то она называется **устойчивой** (рис. 1.13, а). Если система не возвращается в исходное состояние, то это **неустойчивая** система (рис. 1.13, б). Если после снятия возмущения система приходит в новое состояние равновесия, то эта система **нейтральная** (рис. 1.13, в). Если после снятия возмущения начнутся колебания вокруг исходного состояния равновесия, то система находится **на границе устойчивости** (рис. 1.13, г).



**Рис. 1.13.** Примеры устойчивости систем:

а — устойчивая система; б — неустойчивая система;

в — нейтральная система;

г — система на границе устойчивости.

При исследовании устойчивости систем предполагается, что возмущения на систему не действуют ( $x_{вх}=0$ ). Существуют разные методы определения устойчивости систем.

### 3.2.3. Управляемость системы

Если система может изменяться под воздействием управляющих воздействий, то она называется управляемой.



---

Для обеспечения управляемости системы необходимо: выделить все процессы в системе; наделить ответственного за процесс необходимыми правами и обязанностями; создать вертикальную и горизонтальную системы управления на стыках процессов их взаимодействия и сочетания, провести мониторинг всех процессов, провести коррекцию действий.

Рассмотрение событий в системе как процесс способствует созданию системы управления системой.

Вертикаль управления характеризует наличие иерархии между элементами.

Горизонталь управления характеризует связи между подобными себе элементами.

Мониторинг процессов предполагает перечисление необходимых характеристик процессов, определение допустимых численных значений характеристик процессов, создание системы наблюдения, контроля за характеристиками процессов, проведение коррекции, выполнение корректирующих, предупреждающих действий.

### **3.2.4. Достижимость системы**

Понятие достижимость системы характеризует условия достижения системой поставленных целей.

Достижимость системой поставленных целей имеет несколько характеристик:

1. Наличие цели деятельности системы. Если у капитана корабля нет цели доставки груза, то ни один ветер не будет попутным.

2. Наличие стратегических, тактических, оперативных планов достижения цели.

3. Организационное, ресурсное обеспечение для достижения цели.

4. Оценка риска достижения цели при наличии внутренних и внешних помех.

5. Наличие планов мероприятий по снижению влияния появившихся помех, для снижения риска достижения цели.

6. Обсуждение с персоналом цели системы.

7. Мотивация персонала по результату достижения цели.

---

### 3.3. Методы и принципы управления в системах

В теории систем рассматриваются следующие методы управления.

1. **Реактивный метод управления.** Результат действия управляемого объекта задан лишь качественно, при планировании не все возможные альтернативы в действиях управляемого объекта приняты во внимание, а управляющее воздействие вырабатывается на каждую возникшую ситуацию, т. е. имеет место конкретная, ранее не предусмотренная реакция на возникшую ситуацию. Поэтому этот метод и получил такое наименование.

2. **Метод целевого управления.** Имеет место тогда, когда требуемый результат варианта применения системы определен полностью. При планировании варианта применения системы разработаны и запрограммированы оптимальный и запасный планы всех альтернативных вариантов применения системы управляемого объекта, а управляющее воздействие заключается только в указании номера заранее спланированного варианта применения системы.

Между этими двумя методами, противоположными по значениям составляющих, можно, например, назвать стимулирующий, нормативный и другие методы управления.

3. **Стимулирующий метод управления** состоит в том, что определены только допустимые пределы вариантов применения управляемого объекта, все альтернативы возможных его вариантов применения системы рассмотрены, но не запрограммированы, а определены задачи (цели вариант применения системы); управляющее воздействие заключается лишь в создании стимулирующих условий для решения задачи или группы задач.

4. **Нормативный метод управления** заключается в том, что желаемый результат применения системы управляемого объекта (цель) определен, но не является однозначным, все возможные варианты применения системы рассмотрены, определены нормы применения системы по ним, но оптимальный вариант не определен, а управляющее воздействие состоит в выборе

соответствующей нормы применения системы для возникшей ситуации или группы ситуаций.

Эти четыре наиболее характерных метода управления могут и должны сочетаться между собой в различных вариантах и дополняться другими.

Если сопоставлять действия руководителя при реактивном и целевом методах управления, то можно сказать следующее.

При реактивном методе управления руководитель должен непрерывно следить за меняющейся обстановкой и реагировать на каждую возникшую ситуацию, т. е. он всегда должен быть на посту, тогда как при целевом методе управления для любой ситуации имеется заранее запрограммированный порядок вариантов применения системы, а упор в действиях руководителя переносится на четкое определение цели, критериев, детальное планирование и контроль исполнения. При целевом методе управления есть широкое поле деятельности для всего коллектива, где каждый может исполнить свой долг и проявить все свои лучшие качества.

Чем хорош целевой метод управления? Он дисциплинирует людей, и в первую очередь руководителей.

Широкое применение целевого метода управления — основной путь повышения качества и эффективности управления организациями.

В зависимости от *способа прогнозирования информации* об условиях управления, состоянии объекта и органа управления различают следующие методы управления:

- управление на основе реакции;
- стереотипное управление;
- управление с предвидением.

5. **Управление на основе реакции.** Управление на основе реакции может иметь место тогда, когда решаемой проблеме соответствует один и только один вариант деятельности. Время, затрачиваемое на выработку решения на этом уровне, является минимальным и определяется реактивностью (типом нервной системы принимающего решение — холерик, сангвиник, флегматик) и навыком. В данном случае возникновение проблемы вы-

зывает почти бессознательную, быструю, вполне определенную ответную реакцию. Такой уровень управления характерен для самых простых систем.

**6. Стереотипное управление.** Стереотипное управление имеет место тогда, когда законы управления известны и зафиксированы в памяти управляющей системы, а возможные варианты применения системы заранее предопределены в предвидении возникновения тех или иных типовых ситуаций. В этом случае возникновение какой-либо ситуации вызывает соответствующий однозначный и заранее осознанный ответ.

Стереотипное управление основано на использовании аналогичных ситуаций. Однако оно имеет существенные ограничения. Использование дает хороший результат только тогда, когда варианты поведения системы достоверны и заранее известны. В противном же случае неоправданное использование аналогии может привести к шаблону и, как следствие, к неудачам, к поражению.

**7. Управление с предвидением.** Управление с предвидением состоит в моделировании управляемой системы и предсказании (прогнозировании) возможного поведения ее по каждому из допустимых вариантов решения, а также выборе оптимального варианта. Такое управление в той или иной степени имеет место во всех военных системах и ему в теории решений уделяется основное внимание.

Управление с предвидением требует наличия в управляющей системе определенного запаса информации и критериев эффективности.

Управление с предвидением при малом запасе информации невозможно. Задача органа управления состоит в том, чтобы непрерывно повышать запас информации управляющей системы, т. е. добывать и соответствующим образом организовывать информацию о системе и окружающей среде.

В зависимости от **способа использования информации** о состоянии объекта управления и внешней среды различают следующие **методы управления**:

- программное управление;

- 
- управление по возмущениям;
  - управление по состоянию.

Рассмотрим сущность и содержание каждого из названных выше методов управления.

**8. Программное управление.** Сущность программного управления состоит в определении функционирования системы по заранее составленной и введенной в систему программе. Программа представляет собой последовательность управляющих воздействий, характеризующих вариант применения системы. Программа разрабатывается на этапах выработки решений и планирования. Команды объекту управления выдаются в определенные моменты времени без учета истинного состояния на данный момент времени. Управление идет только по каналам прямой связи, обратной связи здесь нет. Достоинством данного метода является высокая оперативность. Как недостаток следует отметить, что метод не учитывает влияния случайных факторов, что в конечном итоге существенно сужает область применения метода.

**9. Управление по возмущениям.** При управлении по возмущениям органом управления производятся измерения величины и характера возмущений со стороны внешней среды и на их основе формируются управляющие воздействия. Управляющее воздействие является функцией возмущения. Этот способ управления находит применение тогда, когда воздействие случайных факторов одинаково как для органа управления, так и объекта управления.

**10. Управление по состоянию.** Если возмущения на систему со стороны внешней среды отличаются большим разнообразием и диапазоном изменения, их измерение затруднительно или невозможно, то применяют управление по состоянию объекта управления. Такое управление реализуется в системах с обратной связью. Благодаря обратной связи становится возможным получить информацию о текущем состоянии объекта и тем самым определить отклонение от намеченной линии поведения. Исходя из величины этого отклонения и вырабатывается управляющее воздействие.

---

В зависимости от применяемых методов обработки информации при реализации функций управления различают: проблемный, интуитивный, кибернетический методы и метод управления по аналогии.

11. **Проблемный метод управления** основан на использовании коллективных знаний и опыта должностных лиц органа управления и предполагает: выработку решения (планирования, организации, руководства и др.) на основе всесторонней оценки обстановки и заслушивания предложений должностных лиц по реализации функций управления, определение вариантов применения системы по показателям эффективности, выбор оптимального варианта реализации функций управления.

12. **Метод управления по аналогии** основан на личных знаниях и опыте руководителя. Его суть заключается в том, что руководитель на основе оценки обстановки и воспроизведения в памяти ряда ранее успешно выполненных задач находит приближенный аналог, на основе которого с учетом оценки конкретной обстановки корректирует отдельные элементы аналога, определяет вариант управления.

13. **Интуитивный метод управления** основан на интуиции – концентрированном выражении высшего уровня знаний и опыта руководителя.

Для интуитивного метода характерны быстрое и целостное восприятие обстановки, выход на решение, минуя промежуточные этапы переработки информации. Без рассмотрения возможных вариантов применения системы и их аргументирования вырабатывается управляющее воздействие.

14. **Кибернетический метод** основан на использовании искусственного интеллекта, сформированного на базе экспертных систем. Основой построения таких систем являются базы знаний, используя которые ЭВМ формирует варианты применения системы в зависимости от заданных условий обстановки.

Базы знаний подготавливаются заблаговременно. При формировании баз знаний используются: результаты экспертного опроса специалистов конкретной предметной области; опыт работы систем; результаты научных исследований; результаты моделирования процессов более низкого уровня.

---

В теории систем реализуются следующие основные **принципы управления**:

1. **Пропорциональность** и рациональная соотносительность элементов системы управления. Действия данного принципа обеспечивают оперативность и непрерывность управления, требования к норме управляемости, которая соответствует для каждого органа управления — 5–7 объектов управления.

2. **Совместимость технических средств** управления. Действия данного принципа обеспечивают централизацию управления и взаимодействие с другими системами управления; проявляются в технической, информационной и программной совместимости средств управления.

3. **Комплексное применение средств** управления. Реализация этого принципа обеспечивает устойчивость и непрерывность управления, а его действие проявляется в необходимости применения различных (основных и дублирующих) средств управления с обязательным резервированием для восстановления или наращивания возможностей по передаче информации.

## **Глава 4. Функционирование систем в условиях неопределенности. Критическое состояние систем**

### **4.1. Общие положения по оценке состояния систем в условиях неопределенности**

В теории управления управление в условиях рисков и критических ситуаций рассматривается как особая форма управления. Основной предпосылкой к этому является то, что практически любая деятельность в экономической сфере ведется в условиях рисков или же критических ситуаций. Между тем в этой сфере есть ситуации, требующие применения особых методов управления. Этими ситуациями, например, могут быть собственно сама угроза ликвидации экономической системы, угроза банкротства, угроза утраты устойчивости экономической

системы, и т. д. Управление в этих условиях требует, как правило, кардинальных нестандартных решений с их реализацией в минимальное время. Исходя из общих функций, содержанием управления в этих условиях могут быть: *мониторинг условий, характеризующих критическую ситуацию; прогнозирование времени и условий, характеризующих критическую ситуацию; выявление основных факторов создающих критическую ситуацию; принятие решения по ослаблению или полной ликвидации критической ситуации; реализация решений.*

В основу решения этих важных по существу задач должны быть положены следующие основные принципы:

- не допустить критической ситуации, т. е. в максимальной степени ослабить действие факторов, которые оказывают влияние на ее возникновение;
- если не допустить критическую ситуацию не удалось, то необходимо учесть влияние факторов хотя бы таким образом, чтобы отодвинуть время ее проявления;
- для ликвидации критической ситуации необходимо мобилизовать все имеющиеся в наличии ресурсы (резервы) сил, средств;
- действия по ликвидации критической ситуации должны осуществляться с максимальной интенсивностью и максимальной концентрацией усилий во времени и пространстве.

Рассмотрим суть основных понятий и элементов процесса управления.

В общем случае под **риском** понимают возможность наступления некоторого неблагоприятного события, влекущего за собой возникновение различного рода потерь. Часто риск интерпретируется как возможность отклонения фактических результатов деятельности от ожидаемых. Следовательно, с точки зрения теории управления оценки мер (степеней) риска возможно связывать как со степенями отклонений фактических траекторий состояний объекта управления от плановых, так и со степенями отклонений целевых критериев управления от некоторых оптимальных значений. Так, например, используя в качестве условно-оптимального целевого критерия эффективность



операции, можно сказать, что риск и эффективность изменяются в одном направлении: чем выше планируемая эффективность, тем, как правило, выше риск операции.

В связи со случайным, а иногда и неопределенным (нечетким), характером рисков методы их количественного анализа базируются на теории вероятностей и математической статистике, теории нечетких множеств. Случайные события (процессы) описываются статистически обоснованными законами распределений вероятности их наступления или первыми моментами — математическими ожиданиями, дисперсиями. Для неопределенных или нечетких событий отсутствуют законы распределений; задаются лишь диапазоны значений описывающих данные события характеристик (параметров, признаков) и некоторые гипотетические степени принадлежности данным диапазонам.

## **4.2. Прогнозирование состояния систем, функционирующих в условиях неопределенности**

### **4.2.1. Основные понятия и определения**

*Предвидеть* — значит управлять. Эта фраза стала крылатой, стала догмой, неучет которой в реальных действиях всегда приводит к поражению, проигрышу и другим негативным последствиям реализации управленческого труда. Предсказание — *искусство суждения о будущем состоянии объекта управления, основанное на субъективной оценке большого количества качественных и количественных факторов.*

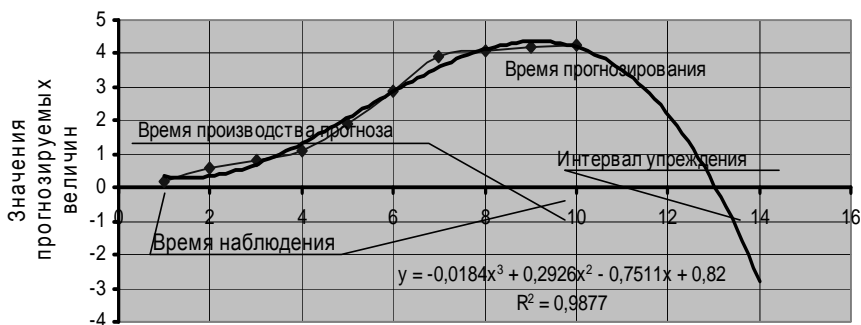
*Прогнозирование* — творческий процесс, в результате которого могут быть получены параметры состояния объекта управления как на уровне предсказания, так и на уровне точных количественных оценок процесса.

*Прогноз* — конечный результат предсказания и прогнозирования.

*Прогнозирующая система* — система, включающая в себя различные элементы (математические, логические, эвристиче-

ские и др.), на вход которой поступает имеющаяся информация о состоянии объекта управления, а на выходе выдается информация о будущем состоянии этого объекта.

**Интервал наблюдения** — отрезок времени, на котором имеются данные (статистика) о поведении объекта управления до настоящего момента времени. (рис. 1.14).



**Рис. 1.14.** К определению основных понятий прогнозирования

**Интервал упреждения** — отрезок времени с момента производства прогноза до момента времени в будущем, для которого делается прогноз.

**Время прогнозирования** — время, на которое делается прогноз.

Основной целью прогнозирования является:

- информационное обеспечение процессов мыслительной деятельности и технологий выработки и принятия управленческих решений;
- определение показателей, характеризующих качество системы;
- определение показателей, характеризующих состояние системы;
- определение условий функционирования системы;
- определение ограничений, влияющих на функционирование системы;
- определение варианта управления системой;
- определение результата функционирования системы.

---

Основными **задачами** прогнозирования являются:

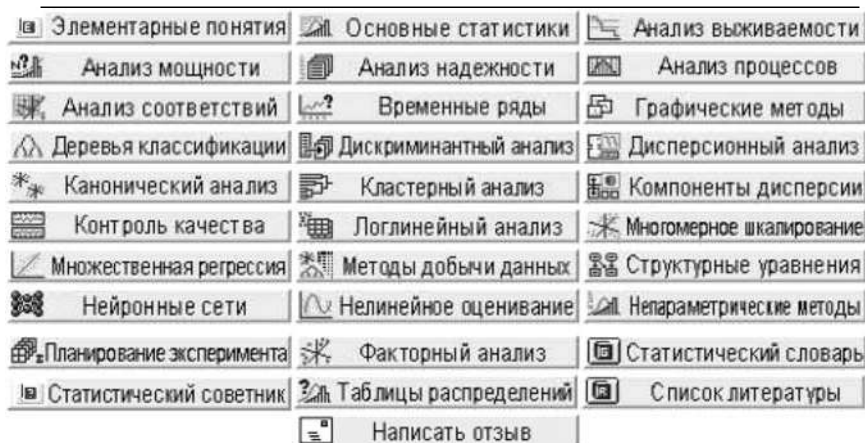
- определение объекта и предмета прогнозирования;
- определение целей прогнозирования;
- выбор метода (модели) прогнозирования;
- реализация метода при выработке прогноза.

При решении задач прогнозирования всегда отыскиваются ответы на следующие основные вопросы:

- Произойдет или не произойдет интересующее нас событие?
- Какое событие из полной группы несовместных событий произойдет?
- Какое значение примет случайная величина дискретного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Какое значение примет случайная величина непрерывного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Какое значение примет система случайных величин дискретного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Какое значение примет система случайных величин непрерывного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Каким образом будет протекать процесс?
- Какое состояние примут элементы системы?
- Как изменятся цели, задачи, функции и взаимосвязи элементов системы?
- Какой состав, структуру и состояние примет система в целом?
- Как изменятся цели, задачи, функции и взаимосвязи системы в целом?
- Каким образом и с каким результатом окажут влияние состав, структура, функции системы на воздействующие взаимосодействующие и взаимодействующие системы?

#### **4.2.2. Методы прогнозирования**

Решить задачи прогнозирования можно, применив для этих целей следующие методы и технологии, приведенные на рис. 1.15.



Аналитические и имитационные модели экономических систем

Комбинированные модели экономических систем

**Рис. 1.15.** Основные методы прогнозирования

Выше было отмечено, что методы прогнозирования могут быть различны. Изучение этих методов является объектом целого ряда самостоятельных дисциплин. Естественно при изучении данной дисциплины заниматься этим нецелесообразно. Однако будет полезно сформулировать и решить **задачу прогнозирования в общем виде**.

1. Прогнозирование по результатам обработки ретроспективной информации о ходе прогнозируемого процесса.

*Формула прогноза:* что будет (какое значение примут параметры процесса), если ранее эти параметры принимали определенные (известные) значения?

2. Прогнозирование условий, в которых протекает процесс, и в последующем вычисление для данных условий значений прогнозируемой величины.

*Формула прогноза:* что будет (какое значение примут параметры процесса), если условия, от которых они зависят, принимали определенные (известные случайные или неслучайные) значения?

3. Вычисление для данных условий значений прогнозируемой величины.

*Формула прогноза:* что произошло или произойдет, если величины, от которых зависят значения прогнозируемых величин, приняли или примут определенные значения.

4. Прогнозирование по результатам фактической информации о ходе процесса или явления.

*Формула прогноза:* что будет, если параметры, характеризующие процесс, приняли конкретные значения.

**Пример.** Одну из задач прогнозирования *состояния систем* рассмотрим на примере системы налоговый орган — налогоплательщики. Система имеет следующий состав: предприятия (хозяйствующие субъекты), осуществляющие производство товаров и оказание услуг населению, — налогоплательщики; предприятия связаны между собой различного рода отношениями; каждое из предприятий обладает определенным налоговым потенциалом и вносит в бюджет налоги; контроль за соблюдением “налоговой дисциплины” осуществляет налоговый орган, одной из задач которого является определение величины недоплат (переплат) налогов. Задача может быть сформулирована так.

*Известно:*

- количество предприятий (хозяйствующих субъектов), осуществляющих выплаты налогов;
- статистическая информация о величине и структуре выплат налогов за предыдущие годы;
- результаты контрольных проверок уплаты налогов предприятиями (хозяйствующими субъектами);
- налоговый потенциал предприятия (хозяйствующего субъекта).

*Требуется определить:*

- “надежность” налогоплательщика;
- статистические характеристики налоговых поступлений;
- вероятности сокрытия налогов;
- ожидаемую величину недоплат налогов;
- ожидаемую величину налоговых поступлений за очередной год.

Задача оценки статистических характеристик налоговых поступлений может быть формализована путем введения основных показателей.

1. Заявленные значения величин налоговых поступлений от каждого из хозяйствующих субъектов  $\|C_{hi}\|$ ,  $(i=\overline{1,n})$  — вектор налоговых поступлений;  $i$  — порядковый номер хозяйствующего субъекта;  $n$  — количество хозяйствующих субъектов.

$$C_{hi} = \sum_{k=1}^m C_{hki}^*,$$

где  $m$  — общее количество статей налоговых отчислений  $i$ -го хозяйствующего субъекта;

$C_{hki}^*$  — величина налогового отчисления по  $k$ -й статье  $i$ -го хозяйствующего субъекта.

2. Налоговый потенциал предприятия (хозяйствующего субъекта)  $\|\varepsilon_{hi}\|$ ,  $(i=\overline{1,n})$  — вектор налоговых потенциалов предприятий (хозяйствующих субъектов).

Величины  $\|\varepsilon_{hi}\|$  могут быть получены на основе анализа результатов финансово-экономической деятельности предприятий. Для определения величины налогового потенциала существуют соответствующие методики.

3. Вероятность сокрытия руководством предприятий средств для уплаты налогов (неуплаты налогов)  $\|P_{nni}\|$ ,  $(i=\overline{1,n})$  — вектор вероятностей сокрытия руководством предприятий средств для уплаты налогов.

Величина вероятности  $\|P_{nni}\|$  может быть получена с помощью специальной методики.

По указанной исходной информации определяются следующие характеристики налоговых поступлений:

- величина недоплат (переплат) налогов, вычисленная относительно спрогнозированных значений по каждому предприятию (хозяйствующему субъекту), —  $\Delta C_i$ ;

- прогнозируемые средние значения недоплат и средние квадратические отклонения ошибок их определения —  $M\{\Delta C_i\}$ ,  $\sigma_{\Delta C_i}$ ;

• корреляционный момент, характеризующий связь по неуплате налогов между каждой парой предприятий (хозяйствующих субъектов), —  $K_{\Delta C_{ij}}$ ;

• потребная величина налоговых поступлений от каждого предприятия (хозяйствующего субъекта) —  $\Delta C_{нп_i}$ .

*Допущения и упрощения:*

1. Величина налогового поступления от каждого предприятия (хозяйствующего субъекта) должна быть прямо пропорциональна величине его **налогового потенциала**.

С учетом этого допущения величина недоплаты налога  $i$ -м предприятием (хозяйствующим субъектом), вычисленная на основе анализа налоговых поступлений от  $j$ -го предприятия (хозяйствующего субъекта), может быть вычислена так:

$$\Delta C_{ij} = C_{н_i} - \left( \frac{\varepsilon_{н_i}}{\varepsilon_{н_j}} \right) C_{н_j},$$

где  $C_{н_i}$  — величина налогового поступления от  $i$ -го предприятия (хозяйствующего субъекта);

$C_{н_j}$  — величина налогового поступления от  $j$ -го предприятия (хозяйствующего субъекта);

$\varepsilon_{н_i}$ ,  $\varepsilon_{н_j}$  — налоговые потенциалы  $i$ -го и  $j$ -го предприятий (хозяйствующих субъектов) соответственно;

2. Для вычисления статистических характеристик  $j$ -е предприятие (хозяйствующий субъект) *условно* принимается в качестве **идеального налогоплательщика**.

**Порядок решения** поставленной задачи следующий:

1. С помощью приведенного выше соотношения по индексам  $i$  и  $j$  осуществляется вычисление величины недоплаты налоговых поступлений  $\Delta C_{ij}$ .

2. Формируется матрица недоплаты налогов:

$$\begin{pmatrix} \Delta C_{11} & \Delta C_{12} & \Delta C_{13} & \cdots & \Delta C_{1n} \\ \Delta C_{21} & \Delta C_{22} & \Delta C_{23} & \cdots & \Delta C_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \Delta C_{n1} & \Delta C_{n2} & \Delta C_{n3} & \cdots & \Delta C_{nn} \end{pmatrix}$$

3. Вычисляются: среднее значение недоплаты налогов  $i$ -м предприятием (хозяйствующим субъектом) (математическое ожидание  $M\{\Delta C_i\}$ ) и среднее квадратическое отклонение ошибки определения величины недоплаты ( $\sigma_{\Delta C_i}$ ):

$$M\{\Delta C_i\} = \frac{\sum_{j=1}^n \Delta C_{ij}}{n-1}$$

$$\sigma_{\Delta C_i} = \frac{\sum_{j=1}^n [\Delta C_{ij} - M\{\Delta C_i\}]^2}{n-1}$$

Суммирование осуществляется по строке, с последующим формированием векторов  $\|M\{\Delta C_i\}\|$ ,  $\|\sigma_{\Delta C_i}\|$ .

4. Для каждой пары предприятий (хозяйствующих субъектов) вычисляется величина корреляционного момента  $K_{ij}$ :

$$K_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\Delta C_i - M\{\Delta C_i\})(\Delta C_j - M\{\Delta C_j\}),$$

В результате указанной процедуры осуществляется формирование матриц

$$\|K_{ij}\| \text{ и } \|\rho_{ij}\|; \rho_{ij} = \frac{K_{ij}}{(\sigma_{\Delta C_i} \times \sigma_{\Delta C_j})},$$

где  $\rho_{ij}$  — коэффициент корреляции.

5. Вычисляются вероятности недоплаты налогов  $i$ -м предприятием (хозяйствующим субъектом) по показателям их финансово-экономической деятельности:

$$P_{\text{нф}_i} = 0,5 \left[ 1 - \Phi \left( \frac{M\{\Delta C_i\}}{\sigma_{\Delta C_i}} \right) \right],$$

формируется вектор вероятностей  $\|P_{\text{нф}_i}\|$ .





Среднее квадратическое отклонение ошибки определения недоплат налоговых поступлений  $i$ -м налогоплательщиком, вычисленных по результатам уплаты налогов идеальным налогоплательщиком, вычисляется так:

$$\sigma_{\Delta C_{ik}} = \sigma_{\Delta C_i} \sqrt{1 - \rho_{ik}}.$$

10. Вычисляется среднее значение величины недоплат налогов от  $i$ -го предприятия  $\Delta C_i$  на основе данных, полученных в результате коррекции:

$$\Delta C_i = \sum_{k=1}^{n^*} \frac{\sigma_{\Delta C_{ik}}^2}{\sum_{k=1}^n \sigma_{\Delta C_{ik}}^2} \Delta C_{ik},$$

где  $\Delta C_{ik}$  — величина недоплат налоговых поступлений от  $i$ -го предприятия, вычисленная при условии коррекции недоплат по  $k$ -му “идеальному” налогоплательщику;

$\sigma_{\Delta C_{ik}}$  — среднее квадратическое отклонение ошибки определения величины недоплат налоговых поступлений  $i$ -го предприятия, вычисленное при условии коррекции недоплат по  $k$ -му “идеальному” налогоплательщику;

$n^*$  — количество предприятий (хозяйствующих субъектов), принятых в качестве идеальных налогоплательщиков.

Среднее квадратическое отклонение ошибки определения величины недоплат налоговых поступлений от  $i$ -го предприятия при условии коррекции результатов определяется так:

$$\sigma_{\Delta C_i} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{k=1}^{n^*} \frac{1}{\sigma_{\Delta C_k}^2}}}.$$

11. Вычисляется максимально-возможная и минимально-возможная потребная величина налоговых поступлений от  $i$ -го предприятия (хозяйствующего субъекта):

$$\begin{aligned} C_i^{(\max)} &= C_i + (\Delta C_i + 3\sigma_{\Delta C_i}); \\ C_i^{(\min)} &= C_i + (\Delta C_i - 3\sigma_{\Delta C_i}). \end{aligned}$$

---

12. Формируются векторы налоговых поступлений  $\|C_i^{(\max)}\|$ ,  $\|C_i^{(\min)}\|$ , а также определяется суммарная величина налога от всех предприятий (хозяйствующих субъектов).

Изложив основные подходы к решению прогнозных задач, нельзя остановиться на этом. Во-первых, необходимо оценить точность и надежность прогноза. Во-вторых, необходимо определить, к чему приведут ошибки прогнозирования.

### ***Цена ошибки прогнозирования***

Ошибки прогнозирования состояния систем приводят к проявлению следующих **основных** состояний (это свойства самого верхнего уровня):

- попадание в критические условия деятельности предприятия;
- срыв заказов;
- невыполнение обязательств;
- невыполнение производственных планов;
- утрата живучести системы;
- утрата мобильности системы;
- нахождения предприятия на грани банкротства;
- ликвидация предприятия.

### ***Основные правила прогнозирования:***

1. Накопи как можно больше информации об условиях и объекте прогнозирования.
2. Прими во внимание даже ту информацию, которая кажется тебе абсурдной.
3. Четко сформулируй и изобрази макет результатов прогнозирования.
4. Выяви факторы, оказывающие влияние на результат и ход прогнозируемого процесса.
5. Раздели факторы на группы влияния.
6. Найди аналогии прогнозируемого процесса.
7. Сделай качественный прогноз, на основании чего определи границы (область ) прогноза.
8. Найди пессимистические и оптимистические оценки прогноза.
9. Примени математические модели прогнозирования.

---

10. Получи комбинированный прогноз.

11. Получи с помощью моделей результаты, оцени точность и надежность комбинированного прогноза.

### ***Средства прогнозирования***

1. Программный продукт “Excel”, технологии:

- “Мастер графиков” — получение трендовых зависимостей на заданный интервал прогнозирования;

- “Мастер функций”, функции “Линейн” и “Предсказ” — получение уравнений регрессии;

- “Поиск решения” — прогнозирование оптимального варианта деятельности предприятия;

- “Регрессия” — получение уравнений регрессии (производственных, бюджетных функций, функций спроса, потребления и т. д.);

- “Дисперсионный анализ”;

- “Корреляционный анализ”;

- “Скользящее среднее”.

2. Программный продукт “Statistica”, основные технологии:

- “Дисперсионный анализ”;

- “Корреляционный анализ”;

- “Кластерный анализ”;

- “Нейронные сети”;

- “Анализ временных рядов”.

3. Программный продукт “Стат Эксперт”, основные технологии:

- “Дисперсионный анализ”;

- “Корреляционный анализ”;

- “Кластерный анализ”;

- “Анализ временных рядов”.

4. Программный продукт “Deductor”, основные технологии:

- “Дисперсионный анализ”;

- “Корреляционный анализ”;

- “Кластерный анализ”;

- “Нейронные сети”;

- “Линейная регрессия”;

- “Дерево решений”.

- 
5. Программный продукт “Access”.
  6. Программные продукты “Бест-4”, “Бест-План”.
  7. Программный продукт “Audit Expert”.
  8. Программный продукт “Project Expert”.
  9. Программный продукт “ Microsoft Project”.

### **4.3. Прогнозирование критических ситуаций в экономических системах**

*Критическое* состояние системы — состояние, при котором она не может выполнять свойственные ей задачи или же выполняет, но в экстремальных (граничных) условиях.

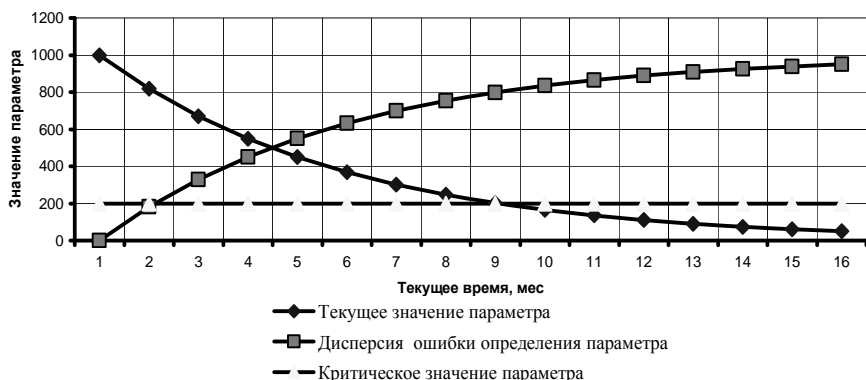
Оценка критического состояния исключительно важный вопрос теории систем, научных и практических сфер, где используются ее положения — экономики, политики, военного дела, техники и др. Овладеть теорией прогнозирования критических состояний — значит знать, когда, где и при каких обстоятельствах (условиях) система примет критическое состояние. В свою очередь, это позволяет предусмотреть мероприятия, не допускающие этого состояния. Здесь уместно вспомнить народную мудрость, которая гласит: “Если б знать, когда, где и при каких обстоятельствах упасть, то можно было бы подстелить соломинку”. Примерами критических состояний могут быть:

- в технике — разрушение систем или же их функционирование с нежелательными результатами;
- в военном деле — поражение в бою, операции и войне в целом, потеря управления войсками;
- в макроэкономике — наличие кризисов;
- в микроэкономике — банкротство предприятия или же его нахождение на грани банкротства;
- в медицине — пребывание больного в коме и т. д.

Примеров критических состояний систем различной классификации можно привести сколько угодно много. Несмотря на различия систем по предназначению и решаемым задачам, предпосылки, определяющие критическое их состояние, являются общими. Рассмотрим их суть.

Любой процесс, протекающий в системе, характеризуется совокупностью параметров, которые с течением времени могут принимать различные значения. Существуют критические значения параметров, при которых система прекращает качественно выполнять возложенные на нее функции. Задача прогнозирования критической ситуации состоит в том, чтобы в ходе оценки определить время, при котором параметры, характеризующие процесс, примут критические значения, а также оценить общее состояние системы при этом и обстоятельства (условия).

**Вероятность нахождения системы в критическом состоянии** — вероятность события, состоящего в том, что какой-либо параметр, либо совокупность параметров, характеризующих систему, примет критическое значение.



**Рис. 1.16.** Закон изменения параметра, характеризующего критическую ситуацию

Технология прогнозирования критической ситуации будет следующей:

1. Определяется совокупность параметров, характеризующих исследуемый процесс (рис. 1.16).
2. Разрабатывается модель для прогнозирования характеристик этих параметров (средние значения, дисперсии, корреляционные моменты и др.).

---

3. Определяются критические значения параметров, т. е. значения, при которых система прекращает выполнять возложенные на нее функции.

4. Осуществляется прогнозирование процесса на заданный интервал.

5. Определяются вероятности принятия параметрами критических значений.

6. Вычисляются значения комбинированного прогноза, на основании которых строятся функции распределения времени наступления критической ситуации.

7. По времени наступления критической ситуации определяется состояние системы.

Параметры, характеризующие реальные процессы, как правило, случайные. Поэтому для оценки времени и условий наступления критической ситуации используется аппарат теории вероятности.

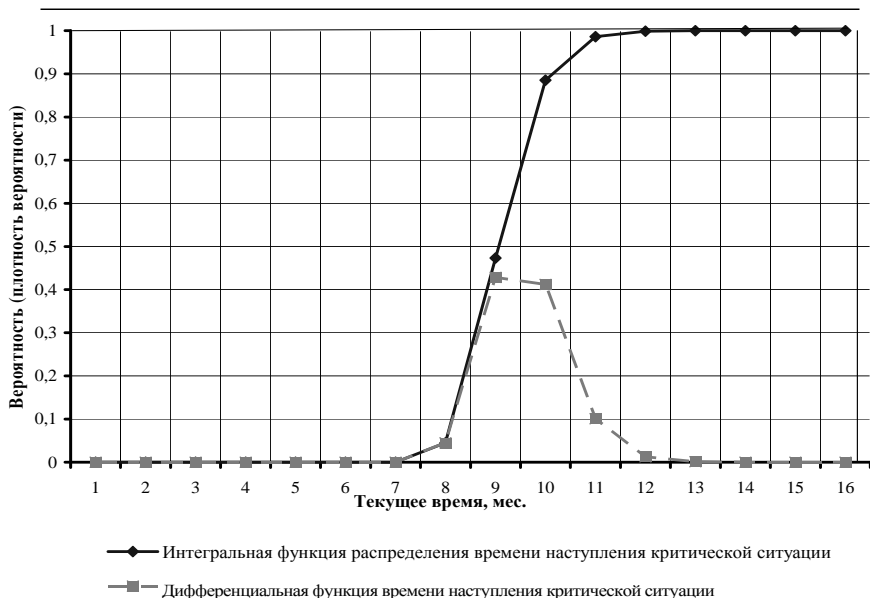
На рис. 1.17 показаны функции распределения времени наступления критической ситуации. Это самый простой вариант построения этих функций, построение для одного параметра.

Реальный процесс, как правило, характеризуется множеством параметров, поэтому для оценки времени наступления критической ситуации и условий наступления используется подход, в основе которого используется комбинированные методы прогноза.

Модели прогнозирования критической ситуации, как правило, — комбинированные, которые могут включать экспертную, аналитическую и имитационную части.

### **Определение критических значений параметров, характеризующих состояние системы (подсистемы)**

Как правило, критические значения определяются либо с помощью метода экспертных оценок, либо по результатам обработки экспериментальных данных. Для этой цели могут использоваться также аналитические зависимости. Здесь будет рассмотрен один из подходов, сущность которого состоит в том, что критические состояния подсистем пропорциональны их потенциалам.



**Рис. 1.17.** Функции распределения времени наступления кризисной ситуации

**Пример.** Экономическая система состоит из ( $n_3$ ) подсистем, каждая из которых обладает определенным экономическим потенциалом, выраженным в абсолютном или относительном выражении ( $\Theta_{\Pi}$ ,  $K_{\text{эп}}$ ). Потенциал системы является выражением ее возможностей, которые можно оценить количественно. Известно, что система может перейти в критическое состояние, если ее экономический потенциал будет снижен до величины  $U_{\Sigma_k}^{(c)}$ . Для этого необходимо воздействовать на элементы системы (изменение условий, действия конкурентов, состояние рынков и др.). Для нахождения потребной величины, снижения возможностей элементов системы, а также значений показателей функционирования, при которых элементы и система в целом переходят в критическое состояние, составляется система уравнений. При решении системы находится максимум функции ( $\Phi$ ) при выполнении ограничений:



$$\begin{aligned}
\Phi &= \max \left\{ \frac{U_{\Sigma_k}^{(c)}}{\sum_{i=1}^{n_s} m_i^{(0)} \cdot K_{\text{эп}_i}} \right\}; \\
U_i - U_i (K_{\text{п}_i} \cdot m_i) &= 0; \\
\sum_{i=1}^{n_s} \left[ U_i \cdot \frac{m_i \cdot K_{\text{эп}_i}}{\sum_{i=1}^{n_s} m_i^{(0)} \cdot K_{\text{эп}_i}} \right] - U_{\Sigma_k}^{(c)} &= 0; \\
\left\{ \sum_{i=1}^{n_s} m_i K_{\text{эп}_i} / \sum_{i=1}^{n_s} m_i^{(0)} K_{\text{эп}_i} \right\} - 1 &= 0; \\
m_i^{(\text{кр})} - m_i^{(0)} (1 - U_i) &= 0.
\end{aligned}$$

где  $n_s$  — количество элементов системы;

$U_{\Sigma_k}^{(c)}$  — необходимая степень снижения функций системы (снижение показателей функционирования системы, возможностей системы) в целом, при которой может быть достигнута критическая ситуация (выражается относительной величиной);

$U_i$  — необходимая степень снижения функций (снижение показателей функционирования, возможностей)  $i$ -го элемента системы, при которой достигается  $U_{\Sigma_k}^{(c)}$ ;

$m_i^{(\text{кр})}$  — критическое значение  $i$ -го параметра системы;

$m_i^{(0)}$  — начальное значение  $i$ -го параметра системы;

$K_{\text{эп}_i}$  — относительная важность  $i$ -го элемента системы (потенциал элемента системы в относительном выражении);

$m_i$  — численность  $i$ -го элемента системы;

$K_{\text{п}_i}$  — относительная важность  $i$ -й (одной) единицы воздействующей системы;

Дополнительно учитывается следующее ограничение:

$$U_{\Sigma_k}^{(c)} = \sum U_i \cdot \text{ОВ}_i ,$$

где  $\overline{OB_i}$  — относительная важность подсистемы, оказывающей влияние на переход системы в критическое состояние.

Уравнение связи (это уравнение используется как нормировочное уравнение или ограничение):

$$U_{\Sigma_k}^{(c)} = U_1 \cdot \frac{\mathcal{E}_{n1}}{\mathcal{E}_{n\Sigma}} + U_2 \cdot \frac{\mathcal{E}_{n2}}{\mathcal{E}_{n\Sigma}} + \dots + U_n \cdot \frac{\mathcal{E}_{nn}}{\mathcal{E}_{n\Sigma}},$$

где  $\mathcal{E}_{n1}, \mathcal{E}_{n2}, \dots, \mathcal{E}_{nn}$  — экономический потенциал каждого из элементов системы подсистемы);

$\mathcal{E}_{n\Sigma}$  — суммарный потенциал системы (подсистемы).

В результате решения приведенной выше системы уравнений, могут быть получены критические значения параметров системы, т. е. параметров, при которых система переходит в критическое состояние.

**Определение текущих численностей параметров прогнозируемого процесса<sup>1</sup>.**

Определение текущих численностей параметров прогнозируемого процесса, а также других его характеристик осуществляется, как правило, с помощью аналитических моделей. Для этого может использоваться метод динамики моментов, основные соотношения имеют вид:

$$P_{кр}(t) = P_{кр}[n_{сист}; P_{кр}^{(i)}(t); P_{усл}];$$

$$f_{кр}(t) = f\{P_{кр}[n_{сист}; P_{кр}^{(i)}(t); P_{усл}]\};$$

$$P_{кр}^{(i)}(t) = P_{кр}^{(i)}[m_i^{(n)}, m_i^{(h)}, D_i^{(n)}, D_i^{(h)}, k_{ij}];$$

$$\frac{dm_i^{(h)}}{dt} = - \sum_{i=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} m_j^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) + \lambda_{ip} R_{ip}^{(h)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}});$$

$$\frac{dm_i^{(n)}}{dt} = - \sum_{i=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(h)} \xi_{ij}^{(h)} m_j^{(h)} R_{ij}^{(h)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) + \lambda_{ip} R_{ip}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}});$$

<sup>1</sup> Такой подход определения параметров процессов, происходящих в системе, приведен в работе Тараканов К. В., Овчаров А. А., Тартышкин А. Н. Аналитические методы исследования систем. — М.: Советское радио, 1974.

$$\begin{aligned} \frac{dD_i^{(H)}}{dt} &= \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} m_j^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) - \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) - \\ &\quad - 2 \left\{ \sum_{i=j} \left( \Gamma_{ij} - m_i^{(n)} m_j^{(H)} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} \right) \right\}; \\ \frac{dD_i^{(n)}}{dt} &= \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} m_j^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) - \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) - \\ &\quad - 2 \left\{ \sum_{i=j} \left( \Gamma_{ij} - m_i^{(n)} m_j^{(H)} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} \right) \right\}; \\ \frac{d\Gamma_{ij}}{dt} &= M \left[ X_i^{(n)} \left\{ - \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} m_{ij}^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) + \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(H)} R_i^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) \right\} \right] + \\ &\quad + M \left[ X_j^{(H)} \left\{ - \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} m_{ij}^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) + \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\varsigma}) \right\} \right], \end{aligned}$$

где  $P_{кр}(t)$  — вероятность создания критической ситуации на текущий момент времени (интегральная функция распределения времени наступления критической ситуации в системе);

$f_{кр}(t)$  — дифференциальная функция времени наступления критической ситуации;

$P_{кр}^{(i)}(t)$  — вероятность создания критической ситуации в  $i$ -й сфере (подсистеме), оказывающей влияние на процессы в системе;

$n_{сист}$  — количество подсистем в системе;

$P_{усл}$  — условная вероятность наступления критической ситуации в системе при ее наличии в подсистемах;

$m_i^{(n)}, m_i^{(H)}, D_i^{(n)}, D_i^{(H)}, k_{ij}, \Gamma_{ij}$  — характеристики параметров исследуемого процесса (математическое ожидание показателей, характеризующих состояние элементов и системы в целом, дисперсии ошибок определения этих параметров, коэффициенты корреляции, моменты и др.);

$\xi_{ij}^{(H)}, \xi_{ij}^{(n)}$  — доля потенциала системы (подсистемы)  $j$ -го типа, которая воздействует на систему (подсистему)  $i$ -го типа;

$\lambda_{ij}^{(ii)} \lambda_{ij}^{(ii)}$  — эффективность воздействия системы (подсистемы) j-го типа на систему (подсистему) i-го типа на систему (подсистему) i-го типа:

$R_{ij}^{(ii)}(t, \bar{S}, \bar{\chi})$ ,  $R_{ij}^{(ii)}(t, \bar{\chi}, \bar{S})$  — совокупность параметров, характеризующих вариант воздействия системы (подсистемы) i-го типа на систему (подсистему) j-го типа;

$R_{ip}^{(ii)}(t, \bar{S}, \bar{\chi})$ ,  $R_{ip}^{(ii)}(t, \bar{\chi}, \bar{S})$  — совокупность параметров, характеризующих вариант восстановления потенциала системы (подсистемы) i-го типа;

$n_{вп}$  — количество источников восстановления потенциала системы (подсистем).

**Вероятность нахождения системы в критическом состоянии** определяется с помощью следующих соотношений:

$$P_{кр}(t) = \sum_{m=0}^n C_n^m P_{ср}^m(t) [1 - P_{ср}(t)]^{n-m} P_{усл(m)}(t), \quad (1.1)$$

где  $P_{ср}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{кр_i}(t);$

$$P_{кр}(t) = \sum_{m=0}^n P_m(t) P_{усл(m)}(t); \quad \psi(z) = \prod_{i=1}^n [(1 - P_{кр_i}(t)) + P_{кр_i}(t)z]; \quad (1.2)$$

$$P_{кр}(t) = \sum_{i=1}^n P_{кр_i}(t) P_{усл_i}(t); \quad (1.3)$$

$$P_{кр}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{кр_i}(t)); \quad (1.4)$$

где n — количество параметров, определяющих состояние системы;

$P_{кр_i}(t)$  — вероятность принятия i-м параметром критического значения;

$P_{усл(m)}(t)$  — вероятность перехода системы в критическое состояние, вычисленная при условии, что m параметров системы приняли критические значения;

$\psi(z)$  — производящая функция. Используется для вычисления вероятности принятия параметрами системы критических значений.

Соотношение (1.1) — частная теорема о повторении опытов, используется, когда параметры, характеризующие состояние системы, имеют различную относительную важность.

Соотношение (1.2) — общая теорема о повторении опытов, используется, когда параметры, характеризующие состояние системы, имеют примерно одинаковую относительную важность.

Соотношение (1.3) — формула полной вероятности, используется, когда параметры, характеризующие состояние системы имеют различную относительную важность и прогнозируются с большой точностью.

Соотношение (1.4) — граничное условие применения соотношений (1.1)–(1.3). Применяется, когда критическая ситуация наступает при принятии критического значения хотя бы одним параметром, характеризующим состояние системы.

**Вероятность принятия  $i$ -м параметром критического значения:**

1. Если критическое состояние системы может наступить, когда  $i$ -й параметр примет значение не менее критического

$$P_{кр_i}(t) = 0,5[1 + \Phi(\frac{\Pi_{тек_i}(t) - \Pi_{кр_i}(t)}{\sigma_{\Sigma_i}(t)})].$$

2. Если критическое состояние системы может наступить, когда  $i$ -й параметр примет значение менее критического

$$P_{кр_i}(t) = 0,5[1 - \Phi(\frac{\Pi_{тек_i}(t) - \Pi_{кр_i}(t)}{\sigma_{\Sigma_i}(t)})].$$

3. Если критическое состояние системы может наступить, когда  $i$ -й параметр примет значение в пределах некоторого интервала, то

$$P_{кр_i}(t) = 0,5[\Phi(\frac{\Pi^{(макс)}_{кр_i}(t) - \Pi_{тек_i}(t)}{\sigma_{\Sigma_i}(t)}) - \Phi(\frac{\Pi^{(мин)}_{кр_i}(t) + \Pi_{тек_i}(t)}{\sigma_{\Sigma_i}(t)})],$$

где  $\Pi_{тек_i}$  — текущее значение  $i$ -го параметра, влияющего на критическое состояние системы;

---

$\Pi_{\text{кр}i}$  — критическое значение  $i$ -го параметра, характеризующего критическое состояние системы;

$\sigma_{\Sigma}$  — среднее квадратическое отклонение суммарной ошибки, определения текущего и критического значений  $i$ -го параметра.

***Текущее значение  $i$ -го параметра, влияющего на критическое состояние системы.***

Для количественной оценки этих значений, в зависимости от сферы функционирования и типа системы, могут применяться самые различные методы прогнозирования и модели, например регрессионный анализ, аналитические и имитационные модели систем и т. д.

***Критическое значение  $i$ -го параметра, характеризующего критическое состояние системы***

Количественные значения этих характеристик могут быть получены с помощью самых различных подходов и методов, реализуемых на различных этапах функционирования системы:

- 1) на этапе формирования требований, предъявляемых к системе;
- 2) на этапе испытаний системы;
- 3) на этапе опытной эксплуатации системы по результатам статистической обработки параметров функционирования;
- 4) на этапе эксплуатации системы в соответствии с ее целевым предназначением.

***Вероятность перехода системы в критическое состояние, вычисленная при условии, что  $m$  параметров системы приняли критические значения***

Условные вероятности перехода системы в критическое состояние зависят от типа, свойств и характера функционирования системы.

В общем случае задача определения количественных значений условных вероятностей перехода системы в критическое состояние формулируется следующим образом.

- В ходе эксплуатации системы осуществляется измерение параметров ее функционирования. В момент перехода системы в критическое состояние (система прекращает выполнять свои

функции в соответствии с целевым предназначением) фиксируются значения параметров функционирования.

- После многократного повторения опытов (формирования банка статистической информации) осуществляется обработка опытов.

- В результате обработки результатов опытов определяются значения условных вероятностей перехода системы в критическое состояние.

Такой подход к определению значений условных вероятностей перехода системы в критическое состояние требует больших затрат сил, средств и времени. На практике он может быть реализован при исследованиях небольших и преимущественно технических систем. При исследованиях сложных, в том числе и экономических систем, реализация данного подхода весьма затруднительна. В этом случае для решения задачи используется метод экспертных оценок или же аналитические методы исследования систем.

**Пример.** Фактическое состояние системы характеризуется пятью основными параметрами, которые в ходе ее функционирования изменяются в результате воздействия внешних условий и естественных возмущений, сформированных внутри системы. При этом система выполняет возложенные на нее функции, если эти изменения происходят в пределах некоторых допусков или же не достигают критических значений. Из опыта эксплуатации системы известно, что она переходит в критическое состояние (прекращает выполнять возложенные на нее функции), если хотя бы один из параметров примет критическое значение.

На основе прогнозирования процессов, происходящих в системе, определить время и условия перехода системы в критическое состояние.

Фактические и критические значения параметров системы, а также интенсивности внешних воздействий и возмущений, переводящих систему в различные состояния (начальные условия для  $t = 0$ ), приведены в табл. 10. Интервал прогнозирования 30 суток. Прогнозирование выполнять с шагом 1 сутки. Интенсивности внешних воздействий и возмущений (возд./сут.) принять

зависящими от текущих значений параметров системы. Величины средних квадратических отклонений ошибок определения критических значений параметров системы принять равными 10% от их величин. Функционирование системы описывается системой дифференциальных уравнений, параметры которой приведены в табл. 1.10

Таблица 1.10

№ п/п	Условная норма параметров системы	Фактическое зна- чение параметров системы	Критические зна- чения параметров системы	Интенсивности внешних воздействий и возмущений				
				П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>
1	П <sub>1</sub>	1200	100	0,05	0,02	0,015	0,05	0,015
2	П <sub>2</sub>	1500	200	0,08	0,015	0,004	0,05	0,008
3	П <sub>3</sub>	2800	400	0,03	0,09	0,008	0,09	0,002
4	П <sub>4</sub>	1000	400	0,01	0,012	0,03	0,05	0,005
5	П <sub>5</sub>	2000	900	0,03	0,051	0,03	0,01	0,025

**Решение задачи**

1. Для оценки текущих значений параметров системы решаются уравнения:

$$\frac{d\Pi_1}{dt} = \lambda_{11} \Pi_1 - \lambda_{21} \Pi_2 - \lambda_{31} \Pi_3 - \lambda_{41} \Pi_4 - \lambda_{51} \Pi_5 ;$$

$$\frac{d\Pi_2}{dt} = \lambda_{12} \Pi_1 - \lambda_{22} \Pi_2 - \lambda_{32} \Pi_3 - \lambda_{42} \Pi_4 - \lambda_{52} \Pi_5 ;$$

$$\frac{d\Pi_3}{dt} = \lambda_{13} \Pi_1 - \lambda_{23} \Pi_2 - \lambda_{33} \Pi_3 - \lambda_{43} \Pi_4 - \lambda_{53} \Pi_5 ;$$

$$\frac{d\Pi_4}{dt} = \lambda_{14} \Pi_1 - \lambda_{24} \Pi_2 - \lambda_{34} \Pi_3 - \lambda_{44} \Pi_4 - \lambda_{54} \Pi_5 ;$$

$$\frac{d\Pi_5}{dt} = \lambda_{15} \Pi_1 - \lambda_{25} \Pi_2 - \lambda_{35} \Pi_3 - \lambda_{45} \Pi_4 - \lambda_{55} \Pi_5 .$$



Дисперсии ошибок в оценке текущих значений параметров системы вычисляются путем решения следующей системы уравнений:

$$\frac{dD_{\Pi_1}}{dt} = -\lambda_{11} \Pi_1 + \lambda_{21} \Pi_2 + \lambda_{31} \Pi_3 + \lambda_{41} \Pi_4 + \lambda_{51} \Pi_5 ;$$

$$\frac{dD_{\Pi_2}}{dt} = -\lambda_{12} \Pi_1 + \lambda_{22} \Pi_2 + \lambda_{32} \Pi_3 + \lambda_{42} \Pi_4 + \lambda_{52} \Pi_5 ;$$

$$\frac{dD_{\Pi_3}}{dt} = -\lambda_{13} \Pi_1 + \lambda_{23} \Pi_2 + \lambda_{33} \Pi_3 + \lambda_{43} \Pi_4 + \lambda_{53} \Pi_5 ;$$

$$\frac{dD_{\Pi_4}}{dt} = -\lambda_{14} \Pi_1 + \lambda_{24} \Pi_2 + \lambda_{34} \Pi_3 + \lambda_{44} \Pi_4 + \lambda_{54} \Pi_5 ;$$

$$\frac{dD_{\Pi_5}}{dt} = -\lambda_{15} \Pi_1 + \lambda_{25} \Pi_2 + \lambda_{35} \Pi_3 + \lambda_{45} \Pi_4 + \lambda_{55} \Pi_5 .$$

2. Подготавливается расчетная таблица на листе “Excel”. В таблице указываются ячейки для вычисления: начальных фактических и текущих параметров системы  $\Pi_1 - \Pi_5$ ; дисперсий и средних квадратических отклонений ошибок прогнозирования текущих параметров системы ( $D_{\Pi_1} - D_{\Pi_5}$ ,  $\sigma_{\Pi_1} - \sigma_{\Pi_5}$ ); средних значений критических параметров и средних квадратических отклонений ошибок определения этих параметров; средних квадратических отклонений суммарных ошибок прогнозирования текущих и критических параметров системы; вероятностей принятия параметрами системы критических значений; вероятностей перехода системы в критическое состояние (интегральная функция распределения времени перехода системы в критическое состояние); плотность вероятностей перехода системы в критическое состояние (дифференциальная функция распределения времени перехода системы в критическое состояние).

3. Выполняются расчеты, в результате которых вычисляются все интересующие нас параметры системы. Для решения дифференциальных уравнений используется метод прямоугольников (табл. 1.11).

Таблица 1.11

№ п/п	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ј	К	Л	М	Н	О	Р	Q	R	S	T
25	Текущее время	Параметры системы (Средние значения)	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>	ДП <sub>1</sub>	ДП <sub>2</sub>	ДП <sub>3</sub>	ДП <sub>4</sub>	ДП <sub>5</sub>	Рхр1	Рхр2	Рхр3	Рхр4	Рхр5	Интегральная функция распределения	Дифференциальная функция	Среднее значение вероятности
26	Начальные условия	0	1200	1500	2800	1000	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	Условия	1	1108	1349.3	2557.4	928	1843.5	92	150.7	242.8	74	158.5	0	0	0	0	0	0	0	0
28		2	1024.1	1209.8	2398.2	889.09	1701.8	175.9	290.38	483.34	141	288.4	0	0	0	0	0	0	0	0
29		3	947.59	1079.9	2134.5	798.89	1573	252.41	420.07	886.47	201	427	0	0	0	0	0	0	0	0
30		4	877.83	959.26	1951	744.29	1458.8	322.17	540.74	849.04	258	543.2	0	0	0	0	0	0	0	0
31		5	814.2	848.75	1784	895.41	1352	385.8	893.25	1018	305	848	0	0	0	0	0	0	0	0
32		6	741.59	1832.3	851.59	1257.7	443.83	758.41	1187.7	348	742.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33		7	703.21	843.05	1494.8	812.45	1173.2	498.79	858.95	1305.2	388	828.8	0	0	0	0	0	0	0	0
34		8	854.87	550.48	1370.3	577.82	1097.8	545.13	949.54	1429.7	422	902.4	0	0	0	0	0	0	0	0
35		9	810.7	483.18	1257.9	548.74	1030.5	589.3	1038.8	1542.1	453	989.5	0	1E-08	0	3E-12	1.4E-05	1.41188	1.4E-05	1.4E-11
36		10	570.31	390.86	1158.7	519.53	971.07	829.89	1119.3	1843.3	480	1029	0	0.00111	0	3E-08	0.0134	0.01449	0.41918	0.050
37		11	533.32	302.37	1085.9	485.87	918.93	888.88	1197.8	1734.1	504	1081	0	0.21064	0	1E-05	0.28252	0.43388	0.54221	0.218
38		12	499.38	227.84	994.77	474.92	873.55	700.82	1272.2	1815.2	525	1128	0	0.88788	0	0.0005	0.78461	0.97588	0.02411	0.368
39		13	488.18	168.84	912.87	457.03	834.49	731.82	1343.4	1897.3	543	1188	0	0.99884	0	0.0072	0.97245	0.98988	3.2E-05	0.40
40		14	439.39	88.353	849.03	441.77	801.37	780.81	1411.8	1951	588	1189	0	1	0	0.0387	0.9978	0.99989	2.5E-09	0.414
41		15	412.75	22.832	793.33	428.93	773.83	787.25	1477.4	2008.7	571	1228	0	1	0	0.1133	0.99984	1	1.3E-11	0.493
42		16	367.89	0	745.1	418.3	751.55	812.02	1500	2064.9	582	1248	0	1	1.4E-14	0.2241	0.99999	1	1.2E-12	0.457
43		17	384.02	0	700.28	409.23	732.18	835.98	1500	2089.7	591	1288	0	1	2.9E-11	0.3522	1	1.9E-14	0.482	0.508
44		18	340.27	0	858.88	401.38	714.44	895.93	1500	2143.3	599	1288	8E-14	1	1.5E-08	0.4775	1	1.8E-15	0.508	0.524
45		19	318.85	0	814.15	394.78	888.38	883.35	1500	2185.8	805	1302	4E-11	1	2.3E-06	0.584	1	1	1	0.551
46		20	293.05	0	572.84	389.43	883.97	908.95	1500	2228.4	811	1318	9E-09	1	0.00013	0.6654	1	1	1	0.598
47		21	289.38	0	532.02	385.37	871.2	930.82	1500	2287.8	815	1329	9E-07	1	0.00279	0.7222	1	1	1	0.598
48		22	245.54	0	492.18	382.83	880.09	954.48	1500	2307.8	817	1340	4E-05	1	0.02755	0.7576	1	1	1	0.808
49		23	221.4	0	452.98	381.24	850.83	978.8	1500	2347	819	1349	1E-03	1	0.13713	0.7744	1	1	1	0.808
50		24	198.85	0	414.35	381.25	842.85	1003.1	1500	2386.7	819	1357	0.012	1	0.38451	0.7744	1	1	1	0.888
51		25	171.77	0	378.18	382.7	838.78	1028.2	1500	2423.8	817	1383	0.076	1	0.68587	0.7567	1	1	1	0.740
52		26	148.03	0	338.3	385.85	832.43	1054	1500	2481.7	814	1388	0.274	1	0.89313	0.7186	1	1	1	0.811
53		27	119.49	0	300.85	390.18	829.88	1080.5	1500	2499.3	810	1370	0.596	1	0.97653	0.6548	1	1	1	0.98
54		28	92	0	283.1	398.3	829.1	1108	1500	2538.9	804	1371	0.864	1	0.99671	0.5598	1	1	1	0.882
55		29	83.403	0	225.52	404.18	830.21	1138.8	1500	2574.5	598	1370	0.976	1	0.99971	0.4324	1	1	1	0.868
56		30	33.529	0	187.78	413.81	833.25	1188.5	1500	2812.2	588	1387	0.998	1	0.99998	0.2843	1	1	1	0.868

---

Вычисляются:

- текущие значения параметров, характеризующих состояние системы:

$$= \text{ЕСЛИ}(C27 + (\$P\$3 * C27 - \$Q\$3 * \$D27 - \$R\$3 * E27 - \$S\$3 * F27 - \$T\$3 * G27) * M3 > 0; C27 + (\$P\$3 * C27 - \$Q\$3 * \$D27 - \$R\$3 * E27 - \$S\$3 * F27 - \$T\$3 * G27) * M3; 0)$$

$$= \text{ЕСЛИ}(D27 - \$P\$4 * C27 + \$Q\$4 * D27 - \$R\$4 * E27 - \$S\$4 * F27 - \$T\$4 * G27 > 0; D27 - \$P\$4 * C27 + \$Q\$4 * D27 - \$R\$4 * E27 - \$S\$4 * F27 - \$T\$4 * G27; 0)$$

$$= \text{ЕСЛИ}(E27 - \$P\$5 * C27 - \$Q\$5 * D27 + \$R\$5 * E27 - \$S\$5 * F27 - \$T\$5 * G27 > 0; E27 - \$P\$5 * C27 - \$Q\$5 * D27 + \$R\$5 * E27 - \$S\$5 * F27 - \$T\$5 * G27; 0)$$

$$= \text{ЕСЛИ}(F27 - \$P\$6 * C27 - \$Q\$6 * D27 - \$R\$6 * E27 + \$S\$6 * F27 - \$T\$6 * G27 > 0; F27 - \$P\$6 * C27 - \$Q\$6 * D27 - \$R\$6 * E27 + \$S\$6 * F27 - \$T\$6 * G27; 0)$$

$$= \text{ЕСЛИ}(G27 - \$P\$7 * C27 - \$Q\$7 * D27 - \$R\$7 * E27 - \$S\$7 * F27 + \$T\$7 * G27 > 0; G27 - \$P\$7 * C27 - \$Q\$7 * D27 - \$R\$7 * E27 - \$S\$7 * F27 + \$T\$7 * G27; 0);$$

- дисперсии ошибок вычисления параметров, характеризующих состояние системы;

- вероятности принятия параметрами критических значений;

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$3; C29; (H28 + 1)^{0.5}; \text{ИСТИНА})$$

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$4; D29; (I28 + 1)^{0.5}; \text{ИСТИНА})$$

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$5; E28; (J28 + 1)^{0.5}; \text{ИСТИНА})$$

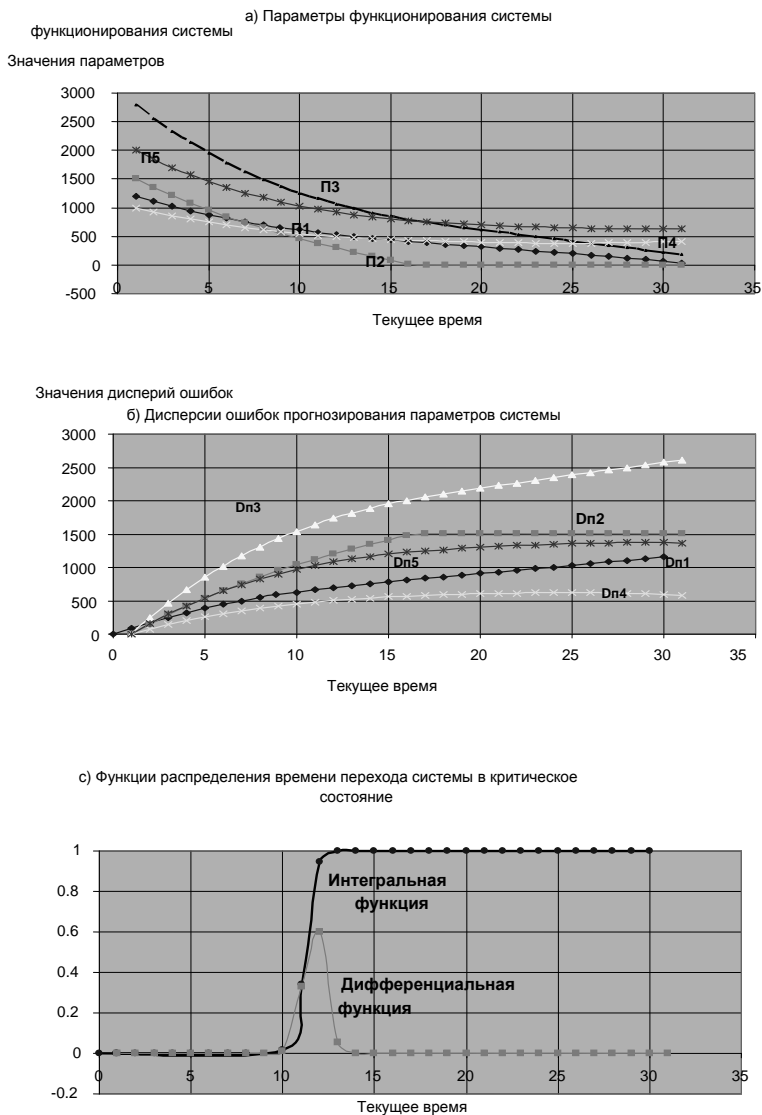
$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$6; F28; (K28 + 1)^{0.5}; \text{ИСТИНА})$$

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$7; G28; (L28 + 1)^{0.5}; \text{ИСТИНА});$$

- параметры интегральной и дифференциальной функций распределения времени перехода системы в критическое состояние.

4. По результатам расчетов строятся графики интегральной и дифференциальной функций времени перехода системы в критическое состояние (рис. 1.18).

Для условий приведенного выше примера критическое состояние системы может наступить через 10–13 суток ее функционирования (см. рис. 1.18). Зная это время можно определить



**Рис. 1.18.** Зависимости, характеризующие процесс перехода системы в критическое состояние

условия, при которых может возникнуть критическая ситуация, и, соответственно, определить мероприятия и работы, при выполнении которых критическую ситуацию можно не допустить или же максимально отодвинуть сроки ее возникновения. В этом случае по существу решается задача управления системой в условиях кризиса (например, нахождения предприятия на грани банкротства).

#### **4.4. Управление экономическими системами в условиях критического состояния (кризиса)**

Управление в условиях риска имеет два направления: использование теории игр, прогнозирование критических ситуаций.

Первое направление характеризуется тем, что для принятия решения используется теория игр. В качестве первого игрока выступает руководитель предприятия, вторым игроком является конкурент или природа. У первого игрока имеется несколько возможных стратегий, у второго игрока имеется несколько стратегий поведения с определенной вероятностью. Задача сводится к выбору первым игроком стратегии, при которой размер выигрыша будет максимальным из всех минимально возможных выигрышей.

Второе направление связано с прогнозированием критических ситуаций, которое создает риск нарушить стабильность системы. Остановимся на втором направлении более подробно.

Выработка и принятие управленческого решения в условиях возникновения и ликвидации критической ситуации по сравнению с обычными решениями может иметь целый ряд особенностей, учет которых в определенных условиях может привести к кардинальному изменению целей, задач, средств и способов достижения целей системы.

В решении целесообразно указать:

1) время и условия возникновения критической ситуации; основные факторы, по причине которых эта ситуация возникла (может возникнуть); какими состояниями должны характеризоваться факторы, чтобы критическая ситуация была ликви-

дирована (ослаблена либо могла возникнуть в наиболее позднее время); что необходимо изменить, какие мероприятия и действия провести и от чего отказаться в дальнейших действиях;

2) формы, силы, средства, время и методы воздействия; общие задачи силам, время готовности к их выполнению;

3) место мероприятий и действий по ликвидации критической ситуации в общей системе задач, решаемых по планам экономической деятельности, обеспечение всех видов деятельности, взаимодействие и управление.

Условия и порядок признания предприятия банкротом основываются на определенных законодательных процедурах. Так, решение о признании предприятия банкротом может вынести только арбитражный суд. Основанием для возбуждения судебного производства по делу о банкротстве является письменное заявление: кого-либо из кредиторов; самого предприятия-должника; прокурора.

Кредитор может обратиться с заявлением о возбуждении дела о банкротстве предприятия в случае, если оно не в состоянии удовлетворить в течение одного месяца признанные им претензионные требования либо уплатить долг по исполнительным документам. Предприятие-должник может обратиться в арбитражный суд по собственной инициативе в случае его финансовой несостоятельности или угрозы такой несостоятельности. В современной практике большинство дел о банкротстве возбуждается по инициативе коммерческих банков и налоговых инспекций.

С позиций финансового менеджмента возможное наступление банкротства представляет собой кризисное состояние предприятия, при котором оно неспособно осуществлять финансовое обеспечение текущей производственной деятельности. Преодоление такого состояния, диагностируемого как “угроза банкротства”, требует разработки специальных методов финансового управления предприятием.

Рыночная экономика выработала обширную систему финансовых методов предварительной диагностики и возможной защиты предприятия от банкротства, которая получила название “системы антикризисного финансового управления”. Для

реализации этой системы управления в странах с развитой рыночной экономикой готовятся особые специалисты — менеджеры по антикризисному управлению компанией. Суть этой системы управления состоит в том, что угроза банкротства диагностируется еще на ранних стадиях ее возникновения, что позволяет своевременно привести в действие специальные финансовые механизмы защиты или обосновать необходимость определенных реорганизационных процедур. Если эти механизмы и процедуры в силу несвоевременного или недостаточно эффективного их осуществления не привели к финансовому оздоровлению предприятия, оно стоит перед необходимостью в добровольном или принудительном порядке прекратить свою хозяйственную деятельность и начать ликвидационные процедуры.

Основной целью антикризисного финансового управления является быстрое возобновление платежеспособности и восстановление достаточного уровня финансовой устойчивости предприятия для избежания его банкротства. С учетом этой цели на предприятии разрабатывается специальная политика антикризисного финансового управления при угрозе банкротства. Она может быть сформулирована следующим образом:

Политика антикризисного финансового управления представляет собой часть общей финансовой стратегии предприятия, заключающейся в разработке и использовании системы методов предварительной диагностики угрозы банкротства и механизмов финансового оздоровления предприятия, обеспечивающих его защиту от банкротства.

Основное содержание политики антикризисного финансового управления предприятием при угрозе банкротства:

1. *Периодическое исследование финансового состояния предприятия с целью раннего обнаружения признаков его кризисного развития, вызывающих угрозу банкротства.* В этих целях в системе общего анализа финансового состояния предприятия выделяется особая группа объектов наблюдения, формирующая возможное “кризисное поле”, реализующее угрозу банкротства. В процессе исследования показателей “кризисного поля” применяются как традиционные, так и специальные мето-

ды анализа. Анализ и контроль таких показателей включается в систему мониторинга финансовой деятельности предприятия.

2. *Определение масштабов кризисного состояния предприятия.* При обнаружении существенных отклонений от нормального хода финансовой деятельности, определяемого направлениями его финансовой стратегии и системой плановых и нормативных финансовых показателей, выявляются масштабы кризисного состояния предприятия, т. е. его глубина с позиций угрозы банкротства. Такая идентификация масштабов кризисного состояния предприятия позволяет осуществлять соответствующий селективный подход к выбору системы механизмов защиты от возможного банкротства.

3. *Изучение основных факторов, обусловивших (и обуславливающих в предстоящем периоде) кризисное развитие предприятия.* Разработка политики антикризисного финансового управления определяет необходимость предварительной группировки таких факторов по основным определяющим признакам; исследование степени влияния отдельных факторов на формы и масштабы кризисного финансового развития; прогнозирование развития факторов, оказывающих такое негативное влияние.

4. *Формирование целей и выбор основных механизмов антикризисного финансового управления предприятием при угрозе банкротства.* Цели и механизмы антикризисного финансового управления должны соответствовать масштабам кризисного состояния предприятия и учитывать прогноз развития основных факторов, определяющих угрозу банкротства. С учетом этих условий финансовый менеджмент на данном этапе может быть направлен на реализацию трех принципиальных целей:

а) обеспечение финансового оздоровления предприятия за счет реализации внутренних резервов хозяйственной деятельности;

б) обеспечение финансового оздоровления предприятия за счет внешней помощи и частичной его реорганизации;

в) прекращение хозяйственной деятельности и начало процедуры банкротства (в связи с невозможностью финансового оздоровления предприятия).



---

Соответственно этим целям формируются и системы механизмов финансового управления предприятием при угрозе банкротства, которые составляют содержание последующих направлений политики.

5. *Внедрение внутренних механизмов финансовой стабилизации предприятия.* Внутренние механизмы финансовой стабилизации должны обеспечить реализацию срочных мер по возобновлению платежеспособности и восстановлению финансовой устойчивости предприятия за счет внутренних резервов. Эти механизмы основаны на последовательном использовании определенных моделей управленческих решений, выбираемых в соответствии со спецификой хозяйственной деятельности предприятия и масштабами кризисных явлений в его развитии. В системе антикризисного финансового управления этому направлению политики предприятия уделяется первостепенное внимание.

6. *Выбор эффективных форм санации предприятия.* Если масштабы кризисного финансового состояния предприятия не позволяют выйти из него за счет реализации внутренних резервов, предприятие вынуждено прибегнуть к внешней помощи, которая обычно принимает форму его санации. Санация предприятия может проводиться как до, так и в процессе производства дела о банкротстве. В первом случае предприятие может само выступить инициатором своей санации и выбора ее форм. В процессе санации необходимо обосновать выбор наиболее эффективных ее форм (включая формы, связанные с реорганизацией предприятия), с тем чтобы в возможно более короткие сроки достичь финансового оздоровления и не допустить объявления банкротства предприятия.

7. *Финансовое обеспечение ликвидационных процедур при банкротстве предприятия.* В большинстве случаев такое обеспечение носит вынужденный характер и регулируется законодательством. Осуществление ликвидационных процедур следует за принятием решения арбитражного суда о признании предприятия банкротом (случаи самоликвидации, не связанные с банкротством предприятия, в политике антикризисного

финансового управления не рассматриваются). Финансовое обеспечение ликвидационных процедур связано с разработкой соответствующего бюджета, подготовкой активов к реализации, обеспечением требований кредиторов за счет реализуемого имущества. Эти функции финансового менеджмента возлагаются обычно на ликвидационную комиссию.

### **Тестовые задания**

1. Что такое система? Приведите примеры систем.
2. Вычертите схему простейшей системы.
3. Назовите группы показателей, характеризующие возможности систем.
4. Назовите организационно-структурные показатели систем.
5. Назовите временные показатели систем. Дайте характеристику этим показателям.
6. Назовите пространственные показатели систем. Дайте характеристику этим показателям.
7. Назовите функциональные показатели систем. Дайте характеристику этим показателям.
8. Назовите технологические показатели систем. Дайте характеристику этим показателям.
9. Назовите показатели качества организации систем. Дайте характеристику этим показателям.
10. Назовите информационные показатели систем. Дайте характеристику этим показателям.
11. Назовите эргономические показатели систем. Дайте характеристику этим показателям.
12. Назовите показатели эффективности систем. Дайте характеристику этим показателям.
13. Что такое качество систем? Как оценивается качество систем?
14. Что такое абсолютные и относительные показатели результатов деятельности (функционирования) систем?
15. Назовите основные признаки и понятия управляемых систем.

- 
16. Назовите признаки, в соответствии с которыми осуществляется классификация систем.
  17. Назовите основные понятия теории систем.
  18. Назовите основные свойства систем.
  19. Назовите основные преобразования, которые могут происходить в системах.
  20. Назовите типы шкал, фиксирующих преобразования в системах.
  21. Укажите состояния, в которых может находиться система. Дайте характеристику этих состояний.
  22. Дайте определения закону и определите признаки, в соответствии с которыми формулируются законы в теории систем.
  23. Перечислите общие законы построения и функционирования систем.
  24. Перечислите частные законы построения и функционирования систем.
  25. Дайте определения методу и определите признаки, в соответствии с которыми формулируются методы управления системами.
  26. Назовите методы управления в соответствии с признаком “формулирование и учет цели управления системой”.
  27. Назовите методы управления в соответствии с признаком “способ прогнозирования информации о состоянии системы и условий управления”.
  28. Назовите методы управления в соответствии с признаком “способ использования информации о состоянии объекта управления и внешней среды”.
  29. Назовите методы управления в соответствии с признаком “метод обработки информации в процессе выработки управляющего воздействия”.
  30. Назовите методы управления в соответствии с признаком “способ выработки управляющего воздействия”.
  31. Дайте характеристику переходному процессу, происходящему в системе.
  32. Что такое переходная функция системы?
  33. Что такое передаточная функция системы?

- 
34. Назовите способы воздействия на элементы системы.
35. Какие типы звеньев технических систем вам известны?
36. Можно или же нельзя представить техническую систему как совокупность типовых звеньев? Приведите примеры.
37. Можно или же нельзя представить социальную (экономическую) систему как совокупность типовых звеньев? Приведите примеры.
38. Что такое критическая ситуация? Приведите примеры.
39. Почему возникает критическая ситуация в системах?
40. В чем суть метода прогнозирования критической ситуации?
41. Для чего необходимо прогнозировать критическую ситуацию?
42. Какие показатели определяются в результате прогнозирования критической ситуации?
43. Какие методы используются для прогнозирования критических ситуаций в технических системах.
44. Какие методы используются для прогнозирования критических ситуаций в социальных и экономических системах?
45. Что необходимо сделать для того, чтобы спрогнозировать критическую ситуацию в экономике (экономический кризис) в масштабах государства?
46. Существуют ли отличия в методах управления системой в обычных условиях и условиях кризиса?
48. Какие методы управления имеют предпочтение при управлении системой в условиях кризиса?

---

## Раздел II. ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

---

### Глава 5. Основные понятия и положения теории системного анализа

#### 5.1. Системный анализ — подход к изучению систем

**Системный анализ** — подход к изучению объектов и явлений, предполагающий их рассмотрение как развивающихся систем с выделением структуры (состава элементов и связей между ними), а также законов преобразования и развития системы в целом.

**Системный анализ** — это методология решения крупных проблем, основанная на концепции систем. Системный анализ может также рассматриваться как методология построения организации, поскольку организации могут рассматриваться как то, что реализует методологию решения проблем. Оба эти определения неразрывно связаны. Однако вначале рассмотрим методологию решения проблем как таковую, а затем ее влияние на организацию. При этом будем в основном следовать С. Л. Оптнеру и С. Янгу. В центре методологии системного анализа находится операция количественного сравнения альтернатив, которая выполняется с целью выбора альтернативы, подлежащей реализации. Если требование равнокачественности альтернатив выполнено, могут быть получены количественные оценки. Но для того чтобы количественные оценки позволяли вести сравнение альтернатив, они должны отражать участвующие в сравнении свойства альтернатив (выходной результат, эффективность, стоимость и др.). Достичь этого можно, если учтены все элементы

альтернативы и даны правильные оценки каждому элементу. Так возникает идея выделения “всех элементов, связанных с данной альтернативой”, т. е. идея, которая на обыденном языке выражается как “всесторонний учет всех обстоятельств”. Выделяемая этим определением целостность и называется в системном анализе *полной системой*, или просто *системой*. Система, таким образом, есть то, что решает проблему. Но как выделить эту целостность, “систему”, как установить, входит данный элемент в данную альтернативу или нет? Единственным критерием может быть участие данного элемента в процессе, приводящем к появлению выходного результата данной альтернативы. Коль скоро это так, понятие *процесса* оказывается центральным понятием системного анализа.

Системный анализ должен проводиться с соблюдением основных принципов: системности, комплексности, моделирования.

**Принцип системности** предполагает логическое проведение анализа начиная с входных параметров системы (ресурсы системы, условия функционирования), преобразований в системе (обработка сырья и материалов с использованием технологического оборудования и технологий) до выходных параметров системы (конечный продукт).

**Принцип комплексности** предполагает рассмотрение системы со всех сторон. Объект, расположенный в пространстве, имеет шесть сторон: лицевую, обратную, основание расположения объекта, верх объекта, левую и правую стороны.

Лицевую сторону составляют все положительные свойства объекта, его бренд, реклама, возможности.

Обратную сторону объекта составляют отрицательные последствия деятельности объекта (загрязнение атмосферы, задержка зарплаты, ограничения в потреблении изготовленного продукта).

Основанием объекта является база, на которой стоит объект (уставный капитал, размер дохода компании, научно-теоретическое обоснование деятельности объекта).

“Вверх”, “крыша” объекта — правовая и законодательная среда, система страхования, защищающие деятельность объекта.

---

“Левая” сторона (ближе к сердцу) — это партнеры и все заинтересованные лица объекта.

“Правая” сторона — конкуренты объекта.

### **Принцип моделирования**

Объект исследования представляет собой систему, все свойства которой изучить очень сложно и дорого. Поэтому исследователи упрощают систему. Упростить систему без потери сложности взаимовлияния элементов можно с помощью моделирования. Принцип моделирования в системном анализе состоит в том, что исследователь изучает только те свойства системы, которые его интересуют, накладывая определенные ограничения и условия на остальные свойства.

Например, изучается зависимость величины товарооборота от количества продавцов в нескольких магазинах фирмы; при прочих равных условиях, таких как наличие очереди, примерное равенство ассортимента, покупательный спрос посетителей в разных магазинах примерно одинаковый.

## **5.2. Общие правила и алгоритмы анализа систем**

Понятие системного анализа трактуется по-разному (противоречия есть во многих источниках). Однако наиболее общими определениями являются следующие:

- суть системного анализа состоит в оценке состава, структуры, возможностей, поведения систем и решения проблем, возникающих в ходе их функционирования;
- системный анализ — это методология решения проблем.

### **Основные правила анализа систем**

**Анализ систем** (деление систем на подсистемы, декомпозиция).

Анализ систем предполагает разбиение системы на части и исследование ее по частям.

Анализ систем выполняется при создании новых систем, совершенствования и коррекции существующих систем.

Основой анализа систем является:

---

**Предметный анализ.** В ходе предметного анализа необходимо ответить на два вопроса:

- из каких элементов (предметов) состоит система — компонентный анализ;

- как связаны компоненты системы — структурный анализ.

**Функциональный анализ** — анализ динамики связей, которые выявлены в ходе предметного анализа.

**Исторический анализ** — как было раньше и что будет.

При анализе систем необходимо определить следующее:

1. Цели, задачи, функции системы.
2. Вход, выход, условия, ограничения, параметры управления.
3. Какие у системы компоненты и как они связаны между собой.
4. Какие у системы надсистемы и как они связаны с системой.
5. Какие у системы подсистемы и как они связаны с системой.
6. Какие у системы внутренние функции и как они связаны с внешними функциями.
7. Какие у системы внешние функции и как они связаны с внутренними функциями.
8. В какой последовательности возникали компоненты системы.
9. В какой последовательности исчезали компоненты системы.
10. В какой последовательности возникали функции системы.
11. В какой последовательности исчезали функции системы.
12. Какими возможностями обладает система, основные показатели этих возможностей.
13. Какие факторы оказывают влияние на возможности системы?
14. Какие факторы снижают возможности системы, а какие повышают возможности системы?
15. При каких значениях факторов система будет находиться в критическом состоянии.



---

16. При каких значениях факторов (управление, условия, ограничения) система будет функционировать с максимальной эффективностью.

Ответ на каждый и перечисленных выше вопросов выполняется на основе анализа свойств, ревизии свойств, сверки свойств, углубленного анализа, повторного анализа.

### ***Правила анализа систем***

1. Определение объекта анализа. Объект анализа — то, на что направлено любое действие.

2. Определение предмета анализа. Предмет — свойство (совокупность свойств), которое подвергаются анализу. Это может быть часть объекта (подсистема), элемент, связи между подсистемами и элементами, законы, закономерности, правила, технологии и др. По результатам определения предмета анализа формируются рамки (границы) и цели анализа.

3. Определение цели анализа. Цель анализа — результат (желаемый), который должен быть достигнут в ходе анализа, это: оценка факторов, оказывающих влияние на процесс и качество функционирования системы (подсистемы, элемента); разработка теоретических основ или развитие теории чего-либо; разработка модели системы (подсистемы, элемента); разработка практических рекомендаций по повышению качества и эффективности функционирования системы. Цель анализа формируется по результатам декомпозиции предмета анализа.

4. Определение задач анализа. Задачи анализа — то, что необходимо сделать для достижения целей анализа. Задачами анализа могут быть: анализ факторов, влияющих на что-либо; декомпозиция системы; оценка свойств системы и др.

5. Определение методов решения задач анализа.

6. Выполнение анализа системы:

- выбор системы качественных и количественных показателей функционирования системы;
- формирование потребных значений качественных и количественных показателей;
- определение фактических значений качественных и количественных показателей;

---

• выявление системных проблем и определение путей их решения.

7. Формирование результатов анализа.

8. Проверка степени достижения целей анализа.

9. Выводы по результатам анализа.

Анализ систем, как правило, осуществляется в соответствии со следующим общим **алгоритмом**:

- изучение системы (предназначение и задачи, решаемые системой, состав и структура, связи системы со смежными системами, системами более высокого и низкого уровней);

- формулирование главной и частных целей системы;

- определение перечня объектов, функций, процессов, мероприятий и работ, реализуемых в системе;

- определение главного и частных критериев оценки качества системы;

- определение входа, выхода системы, обратной связи;

- определение перечня объектов, функций, процессов, мероприятий и работ, реализуемых в системе последовательно, параллельно, последовательно-параллельно;

- группирование объектов, функций, процессов, мероприятий и работ в соответствии с целями, задачами и критериями (результаты функционирования системы), принятыми для оценки системы;

- выделение элементов системы, определение показателей функционирования каждого элемента системы (вход, выход, обратная связь, преобразователь процесса и др.);

- определение показателей функционирования отдельных элементов системы;

- выявление проблем, определение сильных и слабых сторон каждого элемента системы;

- определение и (если это возможно) реализация путей решения проблем существования и функционирования элементов системы;

- построение по результатам этого анализа обобщенных выводов по существованию и функционированию системы;

- принятие решения на выполнение задач синтеза системы.

---

### 5.3. Общие правила и алгоритмы синтеза систем

**Синтез систем** (формирование систем из подсистем и элементов)

Синтез систем — построение новой (коррекция, реконструирование старой) системы — системы с новыми качествами.

Основными **условиями синтеза** систем являются:

- полная свобода выбора структуры и параметров в пределах наиболее слабых условий физической реализуемости;
- изменяется только часть состава и структуры системы;
- заданы часть структуры и параметров системы;
- заданы вся структура и часть параметров системы.

Проектирование систем в самом широком смысле представляет разработку процессов управления и организацию системы управления протеканием некоторого комплекса процессов, составляющих объект управления и нуждающихся во взаимном регулировании и координации.

При проектировании системы должны быть продуманы как способы транспортирования, так и методы управления распределением товаров на различных участках канала распределения. Во многих случаях расходы на транспортирование не учитываются в общем анализе затрат. Гораздо более сложной проблемой представляется управление распределением товаров, поступающих от изготовителя к нескольким удаленным от него потребителям. Каналы распределения могут быть самого различного типа: от прямой связи “изготовитель — потребитель” до связи через множество комбинаций различных посредников. Проектирование систем должно охватить подробную проработку распределительной сети с четким выделением при этом всех видов затрат, включая обработку материалов, хранение и транспортирование продукции.

*Исходными принципами разработки современных систем являются:*

- 1) большие масштабы — по числу частей, по объему выполняемых функций, по абсолютной стоимости;

2) наличие определенной целостности, функционального единства (общей цели, общего назначения), что приводит к сложному иерархическому строению системы;

3) сложность (полифункциональность) поведения;

4) высокая степень автоматизации, означающая повышение степени самостоятельности системы в ее функционировании;

5) нерегулярное, статистически распределяющееся во времени поступление внешних воздействий;

6) наличие в целом ряде случаев составительного момента, т. е. такого функционирования системы, при котором необходимо учитывать конкуренцию отдельных частей формируемой системы.

Одна из целей при разработке системы заключается в снижении стоимости сбоев системы до некоторого уровня. Эта неопределенная ситуация выражается с помощью оценок вероятности наступления событий.

Одной из основных задач специалиста при разработке системы является уменьшение количества человеческих ошибок, вызывающих неправильное функционирование системы. Специалисту может быть поручено заново разработать систему, находящуюся в плохо структурированном состоянии. Его целью может быть такая реорганизация системы, которая трансформировала бы ее в хорошо структурированную открытую систему, способную адекватным образом адаптироваться к данному диапазону входов. Правильное функционирование системы отчасти обуславливается тем, в какой степени достигается надлежащая структура при разработке системы.

Чрезвычайное возрастание сложности объектов привело к тому, что в процессе их разработки оказываются связанными в единое целое десятки и сотни предприятий, сотни и тысячи исполнителей.

Ключевым фактором, формирующим требования к системе, является потребитель.

При формировании систем следует учесть *следующие тенденции*:

- возрастание скорости, увеличение интенсивности и сложности потоков, усложнение схем финансовых расчетов между партнерами в цепи поставок;

- 
- сокращение числа звеньев цепи поставок, уменьшение количества организационно-экономических отношений в системах предприятий при одновременном росте степени их сложности;
  - снижение уровня надежности цепи поставок за счет применения стратегий управления запасами, направленных на сокращение уровня всех видов запасов, внедрения концепции “точно в срок”.

Следствием этих тенденций является рост потенциальной неустойчивости систем, формируемых на уровне предприятия. Для повышения степени их устойчивости и надежности необходимы как дальнейшая интеграция в самой цепи поставок, так и учет факторов динамически изменяющейся внешней среды.

В зависимости от вида и масштаба бизнеса, других факторов внешней среды экономические системы того или иного предприятия могут существенным образом отличаться друг от друга. Следовательно, одной из задач формирования систем является уточнение моделей систем, критериев оценки уровня качества обслуживания на предприятиях различных отраслей, имеющих определенную отраслевую специфику.

В рамках систем решается ряд таких задач, как прогнозирование потребности в продукции, контроль над уровнем запасов, сбор и обработка заказов, определение последовательности и звенности продвижения продукции в цепи поставок, определение требуемого количества складов и их местоположения, а также политика хранения продукции на складе.

Экономические системы формируются необособленно друг от друга. Какими методами и средствами исследуются качественные особенности систем? Это путь системного анализа, адекватный их природе, требующий самостоятельной и соответствующей методологической и теоретической базы: системного подхода, системотехники и общей теории систем. Исследование и разработка систем осуществляются на основе интеграции естественно-научных, технических и социальных знаний. Причем “фронт” их применения становится шире и глубже, повышается актуальность. Если при изучении объектов учитывается стабильность или устойчивость их характеристик,

то формирование систем отличается обязательным учетом случайных многообразных воздействий.

## Общие правила синтеза систем

1. Определение объекта синтеза. Объект синтеза — то, на что направлено любое действие

2. Определение предмета синтеза. Предмет — свойство (совокупность свойств), которое подвергаются синтезу. Это может быть часть объекта (подсистема), элемент, связи между подсистемами и элементами, законы, закономерности, правила, технологии и др. По результатам определения предмета синтеза формируются рамки (границы) синтеза.

3. Определение цели синтеза. Цель синтеза — результат (желаемый), который должен быть достигнут в ходе синтеза, это: изменение показателей функционирования и свойств системы; оценка факторов, оказывающих влияние на процесс и качество функционирования системы (подсистемы, элемента); разработка теоретических основ или развитие теории чего-либо; разработка модели системы (подсистемы, элемента); разработка практических рекомендаций по повышению качества и эффективности функционирования системы. Цель синтеза формируется по результатам декомпозиции предмета синтеза и результатам анализа системы.

4. Определение задач синтеза. Задачи синтеза — то, что необходимо сделать для достижения целей синтеза. Задачами синтеза могут быть: синтез факторов, влияющих на что-либо; агрегирование системы; оценка новых свойств системы и др.

5. Определение методов решения задач синтеза.

6. Выполнение синтеза системы.

7. Формирование результатов синтеза.

8. Проверка степени достижения целей синтеза.

9. Выводы по результатам синтеза.

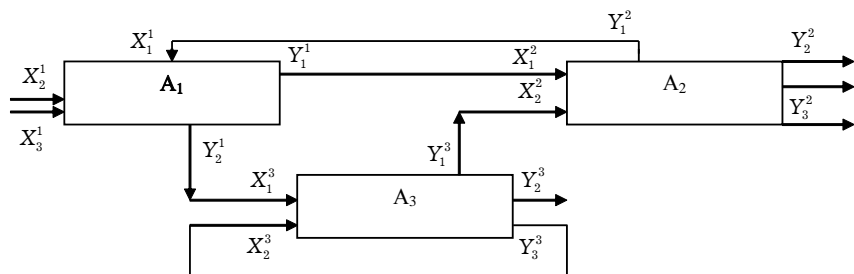
Синтеза систем, как правило, осуществляется в соответствии со следующим общим **алгоритмом**:

- исходя из наличия и состояния возникших проблем формируются цели и задачи синтеза системы;

- 
- формулируются цели (подцели) функционирования системы, ее предназначение и решаемые задачи;
  - формулируются требования, предъявляемые к системе и потребные показатели существования и функционирования системы;
  - определяются связи синтезируемой системы с системами вышестоящего, нижестоящего и смежного уровней;
  - исходя из анализа целей и задач формируются главные и частные критерии существования и функционирования систем;
  - разрабатываются процессные схемы существования и функционирования системы;
  - в соответствии с целями и задачами, решаемыми синтезируемой системой, формируются ее подсистемы;
  - формируется состав и структура вариантов подсистем;
  - выполняется формализация процессов функционирования подсистем (математическая и др., для решения этой задачи могут быть использованы разработанные ранее модели);
  - выполняется агрегирование элементов и подсистем синтезируемой системы;
  - выполняется предварительная количественно-качественная оценка соответствия системы предъявляемым требованиям, определяются постоянные и варьируемые параметры и свойства синтезируемой системы;
  - выполняется моделирование, оцениваются показатели и эффективность, выбирается оптимальный вариант построения, существования и функционирования системы

**Агрегирование элементов** в подсистему (систему) осуществляется по определенным правилам.

Экономические и другие системы агрегируются путем соединения подсистем и элементов через их входы и выходы. Сопряжение подсистем между собой задается при помощи так называемых операторов сопряжения, которые указывают на наличие или отсутствие связей между отдельными входами и выходами подсистем и элементов. Вариант агрегирования системы и связи между ее элементами приведены на рис. 2.1, 2.2.



**Рис. 2.1.** Вариант агрегирования системы

	$Y_1^1$	$Y_2^1$	$Y_1^2$	$Y_2^2$	$Y_3^2$	$Y_1^3$	$Y_2^3$	$Y_3^3$
$X_1^1$			1					
$X_2^1$								
$X_3^1$								
$X_1^2$	1							
$X_2^2$						1		
$X_1^3$		1						
$X_2^3$								1

**Рис. 2.2.** Связи между элементами системы

## 5.4. Обобщенный алгоритм анализа и синтеза систем

Основные приемы анализа и синтеза систем: деление, соединение, разделение, включение, исключение, выключение, вытеснение и др.

### Обобщенный алгоритм исследования систем.

Исследование — деятельность (процесс) получения новых знаний.

1. Определение объекта исследования. Объект исследования — то, на что направлено любое действие, в том числе и исследователя.



---

2. Определение предмета исследования. Предмет — свойство (совокупность свойств), которое подвергаются исследованию. Это может быть часть объекта (подсистема), элемент, связи между подсистемами и элементами, законы, закономерности, правила, технологии и др. По результатам определения предмета исследования формируются рамки (границы) и цели исследования.

3. Определение цели исследования. Цель исследования — результат (желаемый), который должен быть достигнут в ходе исследования, это: оценка факторов, оказывающих влияние на процесс и качество функционирования системы (подсистемы, элемента); разработка теоретических основ или развитие теории чего-либо; разработка модели системы (подсистемы, элемента); разработка практических рекомендаций по повышению качества и эффективности функционирования системы. Цель исследования формируется по результатам декомпозиции предмета исследования.

4. Определение задачи исследования. Задачи исследования — то, что необходимо сделать для достижения целей исследования. Задачами исследования могут быть: анализ факторов, влияющих на что-либо; декомпозиция системы; оценка свойств системы; агрегирование системы и определение новых ее свойств и др. На основе определения задач формируется структура исследования системы (например, структура диссертации).

5. Определение методов решения задач исследования. Могут быть разработаны специальные методы, модели и др. При этом если модель отражает сущность и предмет исследования, то она может выступать в качестве самостоятельного результата исследования именно этой предметной области.

6. Выполнение исследования системы:

- выбор системы качественных и количественных показателей функционирования системы;
- формирование потребных значений качественных и количественных показателей;
- определение фактических значений качественных и количественных показателей;
- выявление системных проблем и определение путей их решения;

- выбор оптимальных вариантов решения проблем.
- 8. Формирование результатов исследования.
- 9. Проверка степени достижения целей исследования.
- 10. Выводы по результатам исследования.

В зависимости от типов моделей сложных организационно-технических систем в литературе рассматриваются различные подходы (методики) к их анализу, основные этапы которых представлены в табл. 2.0.

Таблица 2.0

По С.Л. Оптнеру (С.П. Никанорову)	По С. Янгу	По Э. Квейду	По Ю.И. Черняку	По В.И. Максимову
1. Идентификация симптомов. 2. Определение актуальности проблемы. 3. Определение целей. 4. Определение структуры системы и ее дефектов. 5. Определение возможностей. 6. Нахождение альтернатив. 7. Оценка альтернатив. 8. Выбор альтернативы. 9. Составление решения. 10. Признание решения коллективом исполнителей. 11. Запуск процесса решения. 12. Управление процессом реализации решения. 13. Оценка реализации и ее последствий.	1. Определение цели. 2. Выявление проблемы. 3. Исследование проблем и диагноз. 4. Поиск решения. 5. Оценка и выбор альтернативы. 6. Согласование решения. 7. Утверждение решения. 8. Подготовка к вводу в действие. 9. Управление применением решения. 10. Проверка эффективности решения.	1. Постановка задачи – определение существа проблемы, выявление целей и определение границ задачи. 2. Поиск – сбор необходимых сведений, определение альтернативных средств достижения целей. 3. Толкование – построение модели и ее использование. 4. Рекомендация – определение предпочтительной альтернативы или курса действий. 5. Подтверждение – экспериментальная проверка решения.	1. Анализ проблемы. 2. Определение системы. 3. Анализ структуры системы. 4. Формулирование общей цели и критерия. 5. Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах, композиция целей. 6. Выявление ресурсов, композиция целей. 7. Прогноз и анализ будущих условий. 8. Оценка целей и средств. 9. Отбор вариантов. 10. Диагноз существующей системы. 11. Построение комплексной программы развития. 12. Проектирование организации для достижения целей.	1. Формулирование проблемы. 2. Определение вектора целей. 3. Задание базисных факторов. 4. Выбор вектора управляющих воздействий. 5. Выбор наблюдаемых факторов. 6. Построение структурно-целевой модели системы. 7. Структурно-целевой анализ (определение непротиворечивости вектора целей, согласованности вектора управлений вектору целей, эффективности управлений). 8. Решение прямой задачи (моделирование при заданном векторе управления). 9. Решение обратной задачи (поиск векторов управлений для достижимости вектора целей).

---

При этом в этих подходах этапы по-разному детализированы. В одних методиках основное внимание уделяется разработке и исследованию альтернатив принятия решений (С. Оптнер, Э. Квейд), в других — этапу обоснования цели и критериев, структуризации цели (Ю И. Черняк, С. Оптнер, С. Янг), в третьих — выбору решения (С. Оптнер), в четвертых — этапам управления процессом реализации уже принятого решения (С. Оптнер, С. Янг).

Как отмечено выше, эти методики не всегда охватывают общие закономерности анализа и синтеза систем. По мнению целого ряда экспертов, наиболее удачно это сделано в методиках и алгоритмах, которые приведены в 5.2–5.4 данной главы.

## **5.5. Методы анализа и синтеза систем**

### **5.5.1. Классификация методов анализа и синтеза систем**

При проведении анализа и синтеза систем может использоваться широкий набор разнообразных методов. Все они могут быть различным образом классифицированы: теоретические; эмпирические; теоретико-эмпирические.

При этом к *теоретическим* методам исследования систем можно отнести следующие:

- метод формализации, основанный на изучении содержания и структуры систем в знаковой форме с помощью искусственных языков и символов, что может обеспечить краткость и однозначность результата исследования. Этот метод взаимосвязан с другими методами (моделирования, абстрагирования, идеализацией и т. п.);
- метод аксиоматизации, основанный на получении результатов исследования на базе логических аксиом;
- метод идеализации, предполагающий изучение элемента или компонента системы, наделенного некими гипотетическими идеальными свойствами. Это позволяет упростить исследования и получить результаты на основе математических вычислений с любой наперед заданной точностью;
- метод восхождения от абстрактного к конкретному, основанный на получении результатов исследования на базе перехода от логического изучения абстрактно расчлененного исследуемого объекта к целостному конкретному его познанию.

---

К *эмпирическим* методам можно отнести:

- метод наблюдения, базирующийся на фиксации и регистрации параметров и показателей свойств изучаемого объекта исследования;
- метод измерения, позволяющий дать определенными единицами измерения численную оценку исследуемого свойства объекта;
- метод сравнения, позволяющий определить различия или общность исследуемого объекта с аналогом (эталоном, образцом и т. п. — в зависимости от цели исследования);
- метод эксперимента, основанный на исследовании изучаемого объекта в искусственно созданных для него условиях. Условия могут натурные или моделированные. Данный метод предполагает, как правило, использование ряда других методов исследования, в том числе методов наблюдения, измерения и сравнения.

*Теоретико-эмпирические* методы исследования могут включать:

- метод абстрагирования, основанный на мысленном отвлечении от несущественных свойств исследуемого объекта, и изучение в дальнейшем наиболее важных его сторон на модели (замещающей реальный объект исследования);
- метод индукции и дедукции, основанный на получении результатов исследования на базе процесса познания от частного к общему (индукция) и от общего к частному (дедукция);
- метод моделирования, использующий при исследовании объекта его модели, отражающие структуру, связи, отношения и т. п. Результаты исследования моделей интерпретируются на реальный объект.

Любое исследование, в том числе анализ и синтез систем, предполагает наличие и реализацию следующих основных действий: наблюдение; эксперимент; измерение; сравнение; описание.

**Наблюдение** — система фиксации и регистрации свойств и связей изучаемого объекта в естественных условиях или в искусственном, специально организованном, эксперименте. При благоприятных условиях этот метод обеспечивает достаточно обширную и разностороннюю информацию для формирования

и фиксации научных фактов. Функции этого метода: фиксация и регистрация информации; предварительная, на базе имеющейся теории, классификация научных фактов (по признакам: новизна зафиксированных фактов, объем информации, содержащейся в фактах, особенности свойств и связей); сравнение зафиксированных фактов с тем, что известно в науке, с фактами, характеризующими другие подобные системы.

**Эксперимент** — система познавательных операций, которые осуществляются в отношении объектов, поставленных в такие специально создаваемые условия, которые должны способствовать обнаружению, сравнению, измерению объективных свойств, связей, отношений объектов и (или) проверке истинности теории в отношении этих свойств, связей, отношений. Он предполагает вмешательство в естественные условия существования предметов и явлений или воспроизведение определенных сторон предметов и явлений в специально созданных условиях с целью изучения их без осложняющих процесс сопутствующих обстоятельств.

Экспериментальное изучение объектов по сравнению с наблюдением имеет ряд преимуществ:

- в процессе эксперимента становится возможным изучение того или иного явления в “чистом виде”;
- эксперимент позволяет исследовать свойства объектов действительности в экстремальных условиях;
- важнейшим достоинством эксперимента является его повторяемость.

**Измерение** как метод есть система фиксации и регистрации количественных характеристик измеряемой системы. Для технических и биологических систем измерение связано с эталонами измерения, единицами измерения, мерами и приборами измерения. Для социальных систем процедуры измерения связаны с показателями — статистическими, отчетными и плановыми; единицами измерения. Измерение — более точное познавательное средство. Ценность измерения в том, что оно дает точные, количественно определенные сведения об окружающей действительности.

**Сравнение** — один из наиболее распространенных методов познания. Сравнение позволяет установить сходство и различие

предметов и явлений действительности. В результате сравнения выявляется то общее, что присуще двум или нескольким объектам. Сущность этого метода состоит в установлении сходства или различия явлений в целом или в каких-либо признаках. Для того чтобы сравнение было плодотворным, оно должно удовлетворять двум основным требованиям. Сравняться должны лишь такие явления, между которыми может существовать определенная объективная общность.

**Описание** — специфический метод получения эмпирико-теоретического знания. Его сущность — в систематизации данных, полученных в результате наблюдения, эксперимента, измерения. Благодаря систематизации фактов, обобщающих отдельные стороны явлений, процесс, предмет отражаются в целом как система. В процессе описания устанавливаются не только факты, но и зависимости между ними: последовательность, одновременность, причинность, взаимосвязь, взаимоисключение и др. Обобщение и абстрагирование, классификация данных наблюдения, эксперимента, измерения на языке науки, имеющие место в описании, делают факты базисом для дальнейших логических операций. Это делает возможным на уровне описания установление эмпирических, статистических зависимостей — закономерностей (законов) — в виде функциональных зависимостей.

Важным признаком классификации методов является технология процессов формирования выводов в ходе анализа и синтеза систем. В соответствии с этим признаком метод может быть информационным, математическим, кибернетическим, интуитивным, аналогией или комбинированным.

### **5.5.2. Информационный метод**

Предметом исследования могут быть информационные процессы, которые имеются в системе. Для их отображения используются информационные модели.

В качестве информационных моделей используются стандарты IDEF0, DFD и IDEF3, которые применяются, как правило, для описания и проектирования бизнес-процессов любых экономических систем.

---

В начале 90-х гг. XX в. был принят стандарт моделирования бизнес-процессов IDEF0, который получил очень широкое распространение и принят в качестве стандарта в нескольких международных организациях. В дополнение к IDEF0 используются еще два стандарта DFD и IDEF3. Каждый из трех стандартов позволяет рассмотреть разные стороны деятельности (процессов). Стандарт IDEF0 с помощью диаграмм позволяет описать бизнес-процесс на предприятии и понять, какие объекты или информация служит сырьем для процессов, какие результаты производят работы, что является управляющими факторами, какие ресурсы для этого необходимы. Стандарт DFD применяется для построения диаграммы потоков данных, которые используются для описания документооборота и обработки информации. Стандарт IDEF3 используется для описания логики взаимодействия информационных потоков, которые существуют между объектами предприятия.

### **5.5.3. Математические методы**

Математические методы применяются для решения стандартных и хорошо определенных проблем. Для этих проблем могут иметь место следующие условия:

- управляемый процесс формализован;
- ход управляемого процесса определяется совокупностью параметров, характеризующих условия протекания процесса, и совокупностью параметров, характеризующих управляющее воздействие (содержание решения);
- для оценки качества протекания управляемого процесса может быть выбран критерий оптимальности;
- на совокупность параметров, характеризующих содержание решения, наложены ограничения.

Решить такую проблему — значит выбрать и утвердить совокупность параметров, характеризующих управляющее воздействие, при которых критерий оптимальности принимает желаемое значение (минимальное, максимальное, заданное).

Задача поиска оптимального варианта деятельности при выработке решения данным методом решается в следующем порядке:

- 
- формируется целевая функция, и определяются математические зависимости ее параметров;
  - формируется система ограничений на параметры, характеризующие вариант деятельности;
  - одним из методов математического программирования осуществляется поиск оптимального варианта деятельности;
  - в зависимости от целей анализа (синтеза) системы формируются выводы.

Критерий оптимальности (целевая функция) может определяется по результатам анализа “дерева целей”. При этом каждой из подцелей своего уровня иерархии соответствует частный критерий. Свертка критериев нижнего уровня иерархии приводит в итоге к формированию критерия верхнего уровня, в конечном итоге — критерия оптимальности.

При решении задач анализа системы могут использоваться методы, приведенные на рис. 1.15.

#### **5.5.4. Кибернетические методы**

Кибернетические методы применяются, как правило, для решения слабо определенных и неопределенных проблем. Для этих проблем могут иметь место следующие условия:

- система (процесс) формализован частично;
- факторы, влияющие на систему, имеют случайный или чисто случайный характер;
- имеют место затруднения в выборе критерия качества функционирования системы.

Решить такую проблему — значит выбрать и утвердить совокупность параметров, характеризующих управляющее воздействие, при которых достигается цель функционирования системы. Цель системы в этом случае может быть сформулирована качественно.

Кибернетические методы исследования систем предполагают использование искусственного интеллекта, сформированного на базе экспертных систем. Основой построения таких систем являются базы знаний, которые имеют ответы на все возможные



ситуации. Базы знаний подготавливаются заблаговременно. При этом используются:

- результаты экспертного опроса специалистов конкретной предметной области;
- опыт финансово-экономической, административно-хозяйственной и другой деятельности;
- результаты научных исследований;
- результаты моделирования процессов более низкого уровня.

ЭВМ при принятии решения с использованием экспертных систем применяется в диалоговом режиме. При этом система, как правило, формирует систему вопросов, на которые должен ответить специалист, осуществляющий выработку решения. Структура этих вопросов позволяет:

- сформировать дерево целей;
- определить перечень частных задач, которые необходимо выполнить для достижения целей;
- определить условия и элементы варианта деятельности, оказывающих влияние на возможности достижения частных целей.

После этого последовательно относительно частной цели самого низкого уровня осуществляется ввод условий и факторов, оказывающих влияние на возможности ее достижения.

В свою очередь, система выдает наилучший вариант деятельности (параметры варианта).

В результате всех операций формируется вариант деятельности в целом, который будет положен в основу решения.

### **5.5.5. Исследование систем по аналогии**

Аналогии применяются, как правило, для решения определенных, слабоопределенных, а также неопределенных проблем. Формирование выводов по результатам анализа (синтеза) систем осуществляется в этом случае на основе существования в “памяти” среди ряда ранее успешно решенных задач и ситуаций приближенного аналога проблемы.

Интересен тот факт, что очень многие открытия в науке, технике и других областях человеческой деятельности были

сделаны по аналогии. Философы пытались раскрыть структуру рассуждения по аналогии и дали прекрасные образцы аналогий. Однако, как утверждают некоторые авторы, почти никто из них не дал идей о структуре этого процесса. Методология принятия решения по аналогии — достаточно сложная, не только практическая и теоретическая, но и философская проблема.

### **5.5.6. Интуитивный метод**

Интуитивный метод применяется при решении всех типов проблем. Однако наиболее эффективен он при решении проблем слабоопределенных и неопределенных.

Интуитивный метод при анализе и синтезе систем основан на использовании особого человеческого чувства — интуиции.

Это природное чувство, но развивается с приобретением знаний и опыта.

Алгоритм выработки и принятия решения по интуиции следующий:

- изучение и уяснение ситуации;
- выявление проблем и формирование установок на достижение результата; ответственность при благоприятном исходе выполнения задачи; ответственность при неблагоприятном исходе выполнения задачи; учет факторов, благоприятствующих выполнению задачи; учет факторов, неблагоприятствующих выполнению задачи;
- формирование вариантов деятельности;
- “включение” механизма сомнений, “что будет, если...”;
- принятие решения.

### **5.5.7. Проблемный метод**

Метод применяется, как правило, для решения слабоопределенных и неопределенных проблем. Решение данных проблем осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом:

- воспроизведение ситуации и уяснение содержания управляющего воздействия (содержание намерений проекта (плана));
- воспроизведение содержания управляющего воздействия (решения), которое он должен выработать;

- 
- выявление проблем и определение путей их решения;
  - формирование вариантов деятельности, выбор оптимального;
  - принятие решения.

В ходе реализации каждого элемента данного алгоритма осуществляется *оценка ситуации* — основа выработки решения.

Рассмотрим сущность и содержание каждого из элементов данного алгоритма.

### ***Уяснение сути управляющего воздействия.***

Это один из основных элементов алгоритма.

Уяснив задачу, необходимо:

- понять цель деятельности, содержание намерений проекта (плана) и его задачи, порядок взаимодействия, порядок обеспечения и управления;
- определить частные цели деятельности, а также перечень основных элементов варианта деятельности, реализация которых приведет к достижению частных и главной цели деятельности;
- сформировать в общих чертах замысел деятельности и макет решения;
- оценить располагаемое время и определить методы работы (свои, заместителей и начальников служб) при подготовке предложений для принятия решений в частности и при подготовке экономической деятельности в целом.

### ***Выявление проблем и определение путей их решения.***

Проблемой называется ситуация, характеризующаяся различием между необходимым (желаемым) выходом и существующим выходом. Выход является необходимым, если его отсутствие создает угрозу существованию или развитию системы. Существующий выход обеспечивается существующей системой. Желаемый выход обеспечивается желаемой системой. Проблема есть разница между существующей и желаемой системой. Проблема может заключаться в предотвращении уменьшения выхода или же в увеличении выхода.

Сущность методики выявления проблем состоит в определении противоречий выводов (общих и частных) в выборе элемента,

характеризующего вариант деятельности. Если противоречие в выводах есть, то есть и проблема. Если противоречий нет, то проблемы не существует.

Есть противоречия в частных выводах — следовательно, имеет место **частная проблема**.

Если проблема выявляется по результатам анализа общих выводов из оценки обстановки, то она классифицируется **как общая проблема**.

После выявления проблем определяются пути их решения.

**Формирование вариантов деятельности выбор оптимального.**

Варианты деятельности формируются на основе анализа направлений решения проблемы.

При оценке обстановки по элементам решения для каждого элемента, в выборе которого имеет место проблема, может существовать несколько путей ее решения. Каждый из путей является в общем случае составляющей варианта деятельности.

Определив пути решения проблем по каждому элементу решения, формируется матрица возможных вариантов деятельности. Размер этой матрицы может быть достаточно велик. Так, например, при 20 элементах решения и 2–3 вариантах выбора каждого элемента может иметь место 40–60 вариантов деятельности.

Естественно, что выполнить анализ и оценку этих вариантов (и особенно в условиях дефицита располагаемого времени) практически невозможно.

Одним из путей уменьшения количества вариантов является их “отсев” на основе дополнительной оценки обстановки. Отсев вариантов может осуществляться в соответствии со следующим алгоритмом:

1) элементы решения ранжируются в порядке увеличения степени влияния каждого элемента на другой элемент;

2) последовательно, начиная с первого элемента, отбрасываются ненужные варианты. При этом на каждом текущем шаге учитываются результаты предыдущего шага.

---

### **5.5.8. Комбинированный метод**

При исследовании сложных систем не удастся использовать ни чисто математические, ни чисто кибернетические методы. Нельзя принять также решения и с помощью аналогий и по интуиции. На практике в чистом виде, как правило, не применяется ни один из методов. Часть элементов, определяющих содержание выводов по решению проблем, обосновывается с применением математических и кибернетических методов, а часть — с помощью проблемного метода. Очень часто, и особенно при дефиците времени или низкой надежности исходной информации, кибернетические и математические методы не применяются. Лучший результат в этих условиях дает проблемный или комбинированный метод.

Алгоритм выработки принятия решения с применением комбинированного метода следующий:

- изучение и уяснение ситуации;
- “включение” механизма интуиции и аналогий с целью декомпозиции системы, являющейся объектом выработки решения, и выявления проблем;
- декомпозиция системы, выявление и ранжирование проблем по важности и очередности их решения;
- “включение” механизма интуиции и аналогий для решения проблем;
- решение проблем по аналогии и интуиции;
- определение проблем, решаемых с помощью математического, кибернетического и проблемного методов;
- определение оптимальных вариантов решения проблем с помощью математического, кибернетического и проблемного методов;

### **5.6. Сущность, содержание и технология исследования в ходе системного анализа**

Важнейшим понятием теории системного анализа является цель.

**Цель** — конечный результат (предвосхищаемый результат), который необходимо достичь системой к заданному сроку.

---

Цель должна обладать следующими свойствами:

- цель должна быть достижимой, соответствовать реальной ситуации и имеющимся ресурсам;
- цель должна быть ясной и устойчивой и не конкурировать с другими целями;
- по своему характеру цели могут быть самыми различными. Они полностью зависят от назначения системы и условий ее функционирования;
- цель должна быть обсуждена и доведена до исполнителей.

### **5.6.1. Закономерности целеобразования**

Исследованию процесса целеобразования в сложных системах большое внимание уделяется философии, психологии, кибернетике. Изучение результатов этих исследований и наблюдение процессов обоснования и структуризации целей в конкретных условиях позволяет сформулировать некоторые общие закономерности, которые полезно использовать при исследовании и совершенствовании сложных систем.

**Зависимость представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта (процесса).**

Анализ определений понятия “цель” позволяет сделать вывод, что, формулируя цель, нужно стремиться отразить в формулировке или в способе представления цели ее *активную* роль в познании и в то же время сделать ее *реалистичной*, направить с ее помощью деятельность на получение определенного полезного результата.

**Зависимость цели от внешних и внутренних факторов.**

При анализе причин возникновения цели нужно учитывать как внешние факторы (внешние потребности, мотивы), так и внутренние потребности, мотивы. При этом цели могут возникать на основе противоречий как между внешними и внутренними факторами, так и между внутренними факторами.

**Возможность сведения задачи формулирования общей цели к задаче структуризации цели.**

Анализ процессов формулирования общей глобальной цели в сложной системе показывает, что эта цель возникает в

сознании руководителя не как единичное понятие, а как некоторая, достаточно “размытая” область. Исследования психологов показывают, что на любом уровне цель возникает вначале в виде “образа” цели. Особенно ярко это проявляется на уровне обобщения целей. При этом достичь одинакового понимания общей цели всеми исполнителями, по-видимому, принципиально невозможно без ее детализации в виде упорядоченного (в структуре) или неупорядоченного набора одновременно возникающих взаимосвязанных подцелей, которые делают ее понятной и более конкретной для разных исполнителей. Сказанное позволяет сделать вывод, что задача формулирования общей цели в сложных системах не только может, но и должна быть сведена к задаче *структуризации* цели. Структура, коллективно формируемая, помогает достичь одинакового понимания общей цели всеми исполнителями.

Следующие две закономерности можно считать продолжением первых двух закономерностей применительно к структурам целей.

**Зависимость способа представления структуры целей от стадии познания объекта или процесса.**

Наиболее распространенным и исследованным способом представления структур целей является древовидная иерархическая структура. Однако это не единственный способ. Для представления цели могут быть применены и другие способы отображения. Иерархическое и матричное описание — это декомпозиция цели в пространстве, сетевая модель — декомпозиция во времени. Возникновение “слабых” иерархий можно объяснить тем, что цели вышележащих уровней иерархии сформулированы слишком “близко” к “идеальным устремлениям в будущее”, а представление исполнителей о целях и задачах не может обеспечить эти устремления. Развернутая последовательность подцелей в виде сетевой модели требует достаточно хорошего знания объекта и не всегда может быть получена. Тогда промежуточные подцели могут формулироваться по мере достижения предыдущей, что может быть использовано и как средство управления. По-видимому, перспективным представ-

ляется развертывание во времени иерархических структур, т. е. сочетание декомпозиции цели в пространстве и во времени.

### **Проявление в структуре целей закономерности целостности.**

В иерархической структуре целей, как и в любой иерархической структуре, закономерность целостности проявляется на каждом уровне иерархии. Применительно к структуре целей это означает, что достижение целей вышележащего уровня не может быть полностью обеспечено достижением подцелей.

Однако соответствие цели действий управляемого объекта его законам движения еще не говорит о том, что эта цель выбрана правильно. Для любой системы управления цель является внешней категорией, которую формулируют руководители интуитивным образом, так как пока нет специальных приемов формирования цели. Правда, есть некоторые “правила” для определения целей, но они лишь помогают конкретизировать выбранную цель действий, но не формировать ее.

Таким образом, первый закон управления говорит лишь о том, чего нельзя (например, нарушать законы движения объекта), но ничего не говорит о том, как правильно выбрать цель. В этом и состоит ограниченность кибернетического подхода к управлению.

Постановка правильных целей действий остается искусством, а умение ставить их является одним из явных признаков интеллекта. Следовательно, оптимальность цели зависит от запаса информации, умения и навыка (опыта). Однако в жизни чаще говорится о необходимости выбора оптимального способа действий, тогда как выбор оптимальной цели действий иногда играет более важную роль.

## **5.6.2. Виды и формы представления структур целей**

### **Сетевая структура, или сеть целей**

Сетевая структура целей – совокупность целей, которые выполняются при учете следующих условий: последовательности выполнения целей; времени реализации целей, затрачиваемых ресурсов.



---

Для составления сетевой структуры целей можно использовать теорию графов и ее приложение — метод сетевого планирования и управления.

Сетевая структура целей может быть представлена в двух видах — сетевой график и график Ганта.

### **Иерархические структуры целей**

Иерархические структуры целей (дерево целей) представляют собой последовательность разветвляющихся подцелей, в которой цель разделяется на несколько подцелей, которые, в свою очередь, имеют свои подцели. Иерархическая структура целей обычно дополняется мероприятиями для достижения целей.

Иерархическая структура целей оформляется в виде таблицы, где в колонках указываются цель, подцель, мероприятия для достижения подцелей. Каждое мероприятие характеризуется ответственным, сроком выполнения, выделяемыми ресурсами, мотивацией исполнителей, конечным результатом.

По строчкам таблицы записываются содержание колонок.

**Страты целей.** Страта (лат. *stratum*) — слой.

Страты целей — совокупность самостоятельных целей, выполнение которых не связано между собой.

Страты целей обычно оформляются в виде текста перечисления целей.

**Эшелоны целей.** Эшелоны целей — совокупность целей, объединенных в самостоятельные группы — эшелоны. Эшелоны могут иметь сетевую или иерархическую структуру. В каждом эшелоне цели могут иметь сетевую или иерархическую структуру. Эшелоны целей можно оформить с использованием дерева целей и сетевых графиков.

## **5.6.3. Методика выявления и анализа проблем в системах**

### **Выявление проблем**

Суть выявления проблемы в ходе исследования систем определяется наличием противоречий. Противоречие существует тогда, когда система содержит два объекта таких, что если один

---

истинен, другой ложен по определению. Наиболее существенным источником процесса развития выступают следующие противоречия: между функцией и целью системы; между потребностями системы в ресурсах и возможностью их удовлетворения; между изменяющимся количеством и прежним качеством (которое приобретает максимальную остроту в районе точки бифуркации); между старым и новым; между стремлением к порядку и хаосом (причем чем дальше зашло их противостояние, тем выше степень организованности системы, и наоборот. Это противоречие играет тем более важную роль, что относится к неснимаемым даже частично, в том числе и в точке бифуркации, поскольку упорядоченность новой структуры обусловлена порождением еще большей неупорядоченности); между стремлением системы к установлению устойчивого состояния и средствами его достижения; последние служат изменению и развитию системы, неизбежно приводят ее в состояние неустойчивости (это происходит следующим образом: система адаптируется к среде и вследствие этого становится более отзывчивой к флуктуациям, усиление флуктуации вызывает неустойчивость, за которой следует скачок); между целями системы и целями ее компонентов; между процессами функционирования и развития, хотя для того чтобы развиваться, система должна функционировать и не может функционировать, не развиваясь.

Большинство противоречий системы в эволюционный период сглаживаются. Внешним энтропийным тенденциям и противоречиям противостоит адаптация, а внутренним — функционирование системы.

Следует внимательно наблюдать за развитием исследуемой системы. Тщательно анализируются вновь возникающие ситуации, в отличие от рутинных, с известным исходом, которым можно уделять меньше внимания. Как правило, отклонение от сложившихся процессов несет в себе новое, но не обязательно прогрессивное, способствующее развитию системы. Тем не менее анализ позволяет выявить это новое или уточнить преимущества или недостатки системы.

---

Противоречия подразделяют на антагонистические и неантагонистические. Под антагонистическими понимают непреодолимые противоречия, разрешаемые только кризисом.

В теории систем термин “противоречия” иногда заменяют понятием “конфликт”. Конфликт есть частный случай взаимодействия динамических систем, класс отношений которых весьма широк: единство, содружество, содействие, симбиоз и конфликт. Взаимодействия отличаются степенью совпадения интересов участников и количеством участников (от коалиционных до единичных участников). Теория систем рассматривает как систему всю совокупность участников со своими взаимоотношениями, а взаимодействующие стороны интерпретируются как элементы этой системы со сложными связями между собой. Подобное достаточно общее определение справедливо для описания процессов.

В соответствии с динамизмом поведения участников взаимодействия выделяются три фазы развития во времени состояния сторон:

- 1) выработка доктрины наиболее рациональных действий и разработка плана ее реализации на основе анализа целей взаимодействия и уточнения располагаемых ресурсов;

- 2) создание сил и средств, привлекаемых для реализации плана, накопления ресурсов;

- 3) осуществление взаимодействий в интересах достижения поставленных целей с минимальным расходом ресурсов.

Указанные фазы справедливы для всех типов взаимодействий.

Типы благожелательного взаимодействия различаются широким диапазоном формирования отношений, зависящим от степени совпадения целей, и готовностью субъектов привлекать собственные ресурсы для их достижения. *Неантагонистические* противоречия (нестрогий конфликт) преодолеваются путем компромисса, условия которого определяются перечисленными выше факторами. По-другому разрешаются непреодолимые противоречия. Здесь речь идет об уничтожении противной стороны или нанесении ей максимального ущерба. В социальной

психологии принято выделять три способа разрешения конфликта: **изоляция**, когда запрещается соприкосновение враждующих сторон; **компромисс**; **элиминация**, имеющая целью устранение, например уничтожение конкурента.

Наиболее конструктивной и экономичной формой разрешения противоречий является компромисс.

С прагматических позиций можно назвать ряд действий, оказывающих наиболее сильное влияние на конкурента:

1. Наиболее уязвимым для потери устойчивости является структура системы, т. е. отношения между элементами, их взаимосвязи, а не законы функционирования этих единиц, которые тоже определяют динамику системы, но ее функционирование — в меньшей степени.

2. Структура также неодинаково чувствительна к разрушениям. Наиболее сильно отражаются на системе нарушения в верхних уровнях иерархии, а именно в центрах обработки обобщенной информации и выработки решений.

3. Разрушению структуры эквивалентны разрыв информационных каналов или их перегрузка, приводящие к затруднению в связях между элементами.

4. На качество функционирования системы сильно влияет степень достоверности информации, поступающей в нее.

5. Снижение уровня эффективности исполнительных органов и сокращение ресурсов приводят к ухудшению управления, а значит, к деформациям динамических процессов в системе.

6. Качественное управление системой возможно только при условии экстраполяции поведения системы и среды, т. е. при умении прогнозировать развитие ситуации. Ошибки экстраполяции приводят как минимум к нерациональному расходованию ресурсов при движении к цели.

7. Опасность для функционирования системы может исходить от среды через нарушение в ней порядка, дезорганизацию, а значит, высокий уровень воздействий на систему.

*Методология консенсуса (согласия)* может быть эффективно использована в деятельности предприятий. Например, если между

двумя функциональными смежными подразделениями предприятия существуют противоречия, то их можно устранить, используя следующие процедуры: построить дерево целей каждого подразделения; выявить те фрагменты деревьев целей, которые не реализованы на практике; спроектировать и создать общее средство, реализующее цели. Таким общим средством может быть, например, дополнительная должность работника, осуществляющего отсутствовавшие ранее, но необходимые функции (информационные, снабженческие, управленческие, производственные), или дополнительное подразделение или иная система, в частности новая технология или новая управленческая структура.

Указанная методология позволяет также обосновать принцип “участия работников в управлении” и помочь рационально разработать реализующую его систему. Цели специалистов предприятия должны содержать, в частности, такие компоненты, как владение информацией обо всех основных процессах, протекающих на предприятии, знание интересов его работников, обеспечение управляемости системы предприятия. Цели работников могут содержать в себе помимо материальных мотивов признание своей социальной значимости, стремление к повышению уровня профессионализма.

В целом проблема согласования деятельности сотрудников функциональных подразделений предприятия, устранения противоречий между ними может быть отнесена к важнейшим задачам менеджмента, задачам системного моделирования. Это только на первый взгляд кажется, что каждое подразделение предприятия должно выполнять только свои, строго отведенные ему функции. Практика деятельности современных предприятий, для которых ориентация на потребителя стала основной концепцией их деятельности, доказывает необходимость системного подхода.

В свою очередь, в этих же видах деятельности должны принимать участие и сотрудники производственных подразделений, которые знают свои возможности и ограничения, которые могут отразиться на качестве обслуживания, лучше сотрудников других подразделений. Например, сотрудники подразделений

сбыта лучше знают, как выполнить дизайн упаковки товара, чем сотрудники отдела упаковки, а сотрудники производственного подразделения, непосредственные изготовители продукции, лучше знают ее достоинства, чем рекламные агенты. Сотрудники всех подразделений предприятия должны ориентироваться на достижение не своих локальных целей, а целей системы предприятия в целом, заключающихся в удовлетворении потребностей внутренних и внешних потребителей. Но для этого недостаточно просто осуществлять “обмен данными” между сотрудниками подразделений; они должны совместно разработать и осуществлять деятельность предприятия. По сравнению с традиционной структурой предприятия возникает новая ситуация, когда сотрудники каждого подразделения предприятия должны: заниматься своим, специализированным, видом деятельности; участвовать во всех других видах деятельности по обслуживанию потребителей, осуществляемых на предприятии.

Если последнее требование не выполняется, то между целями подразделений предприятия могут сохраняться скрытые противоречия. Например, целью сотрудников сбытового подразделения является продажа продукции высокого качества, так как она принесет предприятию высокий доход, от которого зависит уровень заработной платы работников службы сбыта. А целью сотрудников производственных подразделений является выпуск стандартной продукции, поскольку переналадка оборудования и улучшение качества производственных операций требуют дополнительных затрат сил и времени, в то время как заработная плата работников производственных подразделений в большей степени зависит от количества производимой продукции, чем от ее качества.

Поэтому возникает необходимость гармонизации целей подразделений предприятия. Для этого они должны стать взаимно полезными, дополняющими друг друга, т. е. целостной системой. Это возможно лишь при условии полного знания сотрудниками каждого функционального подразделения целей и возможностей остальных подразделений. Традиционная практика, при которой руководитель каждого подразделения определяет и планирует

лишь свою деятельность, должна уйти в прошлое. Именно для этого работники подразделений и должны совместно участвовать во всех видах деятельности предприятия. Цели другого подразделения необходимо знать для того, чтобы предложить ему свои возможности, а возможности другого подразделения следует знать для того, чтобы использовать их для достижения своих целей.

Развитие предприятия происходит в условиях непрерывной борьбы между людьми за материальные ресурсы, территории и сферы влияния. По мере того как ресурсы становятся все более ограниченными и их не хватает на всех, возникают конфликты и обостряются противоречия между подразделениями.

Необходимость управления конфликтной ситуацией возникает прежде всего потому, что она отрицательно воздействует на все стороны функционирования организации. Известно, что потеря времени от конфликтов составляет 15% общего рабочего времени. Причем 52% случаев — по вине руководителей, 30% — из-за психологической несовместимости работников и 15% — из-за неправильного подбора и расстановки кадров. Универсальных рецептов для снятия конфликтных ситуаций не существует, так как все зависит от характера конфликта, степени его глубины, конкретных ситуаций и условий, в которых он возникает и протекает. Источниками конфликта наиболее часто являются недостатки в организационной культуре. *Причинами конфликта могут являться:* различия в целях; расхождения во взглядах на решение конкретных проблем; взаимоотношения людей как личностей; ограниченность в ресурсах; недостаточный уровень организации труда; недостаточная конкретность должностных инструкций; личные качества работников; несовместимость людей; недостатки информации.

От уровня организационного взаимодействия зависят *уровни конфликтов*. Наиболее часто встречающиеся конфликты условно можно подразделить на внутриорганизационные; внутриличностные; межличностные; межгрупповые; между личностью и группой; между разными организациями.

Способы управления конфликтами условно подразделяют на межличностные и структурные.

---

Межличностные методы разрешения конфликтов содержат в себе: компромисс; сглаживание; решение проблемы; принуждение; уклонение.

Каждое из них имеет свои достоинства и ограничения. Поведение как индивидуума, так и команды можно стабилизировать и направить в нужное русло, если вселять доверие между членами команды, подчиненным и руководителем, ставить реальные цели, повышать престижность работы в данной организации.

Структурные методы управления конфликтом требуют совершенствования структуры организации логистического процесса. Структурные методы разрешения конфликтов включают в себя: применение справедливой системы поощрения и вознаграждения; “разведение” между собой участников конфликта; слияние функциональных различных подразделений и наделение их общими задачами; использование руководителем властных функций; четкое определение функции каждого работника и команды.

Все проблемы в зависимости от глубины их познания подразделяются на три класса:

1) хорошо структурированные, или количественно сформулированные проблемы, в которых существенные зависимости выяснены настолько хорошо, что могут быть выражены в числах и символах, и др.

2) неструктурированные, или качественно выраженные проблемы, содержащие лишь описание важнейших ресурсов, признаков и характеристик, количественные зависимости между которыми совершенно неизвестны;

3) слабоструктурированные, или смешанные проблемы, содержащие как качественные, так и количественные элементы, причем качественные малоизвестные и неопределенные стороны проблемы имеют тенденцию доминировать.

Проблемы, выражаемые в числовых оценках, являются **количественными**. Исследуя количественные проблемы, можно выявить такие основные их особенности, как точность, управляемость, однозначность, гибкость и согласованность. Специалист может оценить **надежность решения**, устанавливая доверительные интервалы или вероятность реализации решения.



---

Вторая особенность количественных проблем состоит в легкости оперирования и может быть названа **управляемостью**.

Количественные проблемы отличаются также **однозначностью**. Числа являются конкретными; смысл свободно используемых слов является расплывчатым.

**Противоречие** возникает из наблюдаемой или ненаблюдаемой логической несовместимости, которая приводит процедуры в конфликт с реальностью.

При рассмотрении процесса решения проблем принимаются во внимание следующие *принуждающие связи*:

- рассмотрение должно содержать элементы методологии решения проблем;
- процедуры решения проблем должны быть внутренне увязаны;
- процедуры решения проблем должны быть одинаково приложимы как к простым, так и к сложным логистическим проблемам;
- процедуры решения проблем должны позволять объединять или расчленять элементы проблем.

Системная экономическая концепция дает возможность устанавливать как общие, так и специальные свойства проблемы. Решение проблемы зависит от тщательного, детального рассмотрения влияющих на нее факторов. Эти факторы не всегда могут быть непосредственно связаны с проблемой в целом.

В самом общем случае под **проблемой** понимается несоответствие между необходимым (желаемым) и фактическим положением дел.

*Проблемы различают по степени их структуризации, т. е.:*

- по ясности и осознанности их постановки;
- степени детализации и конкретизации представлений об их составляющих и взаимосвязях;
- соотношению количественных и качественных факторов, отмечаемых в постановке проблемы.

В соответствии с этим выделяют четыре класса проблем:

- 1) стандартные проблемы;

- 
- 2) хорошо определенные проблемы;
  - 3) слабо определенные проблемы;
  - 4) неопределенные проблемы.

Системный анализ применяется для того, чтобы слабо структурированную проблему трансформировать в хорошо структурированную, к решению которой можно приложить аппарат исследования операций и методы оптимизации.

Чтобы внести структуру в неполностью стандартную проблему, необходимо выполнить следующие требования:

1. Процесс решения проблемы должен быть изображен с помощью диаграмм потока (последовательности или структуры процессов) с указанием точек принимаемых решений.

2. Этапы процесса нахождения решений должны быть описаны детально.

3. Основные альтернативы и способы их получения должны быть демонстрируемыми.

4. Предположения, сделанные для каждой альтернативы, должны быть определены.

5. Критерий, с помощью которого выносится суждение о каждой альтернативе, должен быть полностью определен.

6. Детальное представление данных, взаимоотношений между данными и процедур, с помощью которых данные были оценены, должно являться частью любого решения.

7. Должны быть показаны важнейшие альтернативные решения и доводы, необходимые для объяснения причин исключения отклоненных решений. Предварительная постановка проблемы включает: описание пути обнаружения проблемы; объяснение рассмотрения ее как проблемы; отделение данной проблемы от смежных проблем; описание применений результатов решения проблемы.

Вопрос о том, существует ли проблема, имеет первостепенное значение, поскольку приложение значительных усилий к решению несуществующих проблем является весьма типичным случаем на практике. Надуманные проблемы маскируют актуальность проблемы. В то же время удачная формулировка

проблемы, как известно, может быть равносильна половине ее решения.

Диалектический подход позволяет сформулировать целый ряд критериев (существования, адекватности, необходимости, предпосылок, преемственности, разрешимости, проверяемости, истинности), дающих возможность с достаточной степенью достоверности отделять научные проблемы от мнимых проблем.

Большинство сложных задач управления имеют качественный характер. Они слабо структурированы и трудно формализуемы, так как несут в себе неполноту исходной информации, неопределенность, нечеткость и неоднозначность целей, критериев исходных данных. При решении таких задач важны ассоциативность мышления, опыт, интуиция специалистов, использование экспертных систем, основанных на базах знаний.

Известно, что любая задача по улучшению деятельности в той или иной области включает решение ряда вопросов:

1) четкое установление границ рассматриваемой области, что исключает риск “объять необъятное”;

2) формулирование условий, характеризующих необходимое или желаемое положение дел в этой области; необходимым мы его называем тогда, когда оно объективно обусловлено, а желаемым — при субъективном подходе;

3) определение фактического положения дел в анализируемой области и на этой основе выявление проблем, т. е. несоответствия между необходимым (желаемым) и фактическим положением дел;

4) оценка последствий, к которым приводят выявленные проблемы, если их не устранить, т. е. оценивается актуальность выявленных проблем. И если проблемы актуальны, то они требуют решения.

Научная проблема возникает в условиях проблемной ситуации, когда складывается и осознается противоречие между знанием о потребностях потребителей и незнанием средств, путей и способов удовлетворения этих потребностей, которое в конечном счете упирается в незнание определенных системных закономерностей.

Проблемная ситуация возникает также как противоречие между существующими теориями и новыми фактами, нуждающимися в ином теоретическом истолковании, или как выяснение внутренней логической противоречивости существующих теорий.

Правильная постановка проблемы предполагает выполнение следующих групп действий:

1. Формулирование проблемы, состоящее из вопрошания (выдвижения центрального вопроса проблемы), констрадикции (фиксации того противоречия, которое легло в основу проблемы) и финитизации (предположительного описания ожидаемого результата).

2. Построение проблемы, представленное операциями стра-тификации (“расщепление” проблемы на подвопросы, без ответов на которые нельзя получить ответа на основной проблемный вопрос), композиции (группирование и определение последовательности решения подвопросов, составляющих проблему), локализации (ограничение области изучения в соответствии с потребностями исследования и возможностями специалиста, отграничение известного от неизвестного в области, избранной для изучения), вариантификации (выработки установки на возможность замены любого вопроса проблемы любым другим и поиск альтернатив для всех элементов проблемы).

3. Оценка проблемы, характеризующаяся такими действиями специалиста, как кондификация (выявление всех условий, необходимых для решения проблемы, включая методы, средства, приемы), инвентаризация (проверка наличных возможностей и предпосылок), когнификация (выяснение степени проблемности, т. е. соотношения известного и неизвестного в той информации, которую требуется использовать для решения проблемы), уподобление (нахождение среди уже решенных проблем аналогичных решаемой), квалификация (отнесение проблемы к определенному типу).

4. Обоснование, представляющее собой последовательную реализацию процедур экспозиции (установление ценностных, содержательных и генетических связей данной проблемы с дру-

гими проблемами), актуализации (приведение доводов в пользу реальности проблемы, ее постановки и решения), компрометации (выдвижение сколь угодно большого числа возражений против проблемы), демонстрации (объективный синтез результатов, полученных на стадии актуализации и компрометации).

5. Обозначение, состоящее из экспликации (разъяснения) понятий, перекодировки (перевод проблемы на научный язык), интимизации понятий (словесная нюансировка — малозаметный переход выражения проблемы и подбор понятий, наиболее точно фиксирующих смысл проблемы).

Предлагаемая структура исследования проблемы является удобным инструментом.

Системная постановка проблемы влечет за собой целый ряд следствий:

1) должна быть постановка проблемы, позволяющая по-новому увидеть систему и очертить реальность, подлежащую исследованию;

2) должен быть выполнен минимум условий, делающих последующее исследование системным.

К числу таких, методологических по своему характеру, условий относятся: постановка проблемы целостности или связности объекта, исследование связей объекта, в частности вычленение системообразующих связей, выявление структурных характеристик объекта. Когда проблема поставлена в соответствии с требованиями системного подхода, построение адекватного ей предмета исследования осуществляется уже на основе общеметодологических соображений, которым подчиняется этот этап исследования, и с привлечением тех средств и методов, которые выработаны для этого в рамках методологии системного исследования. Речь идет прежде всего о понятийном аппарате, а также о некоторых специализированных формальных средствах, созданных для описания определенных конкретных типов системных объектов.

**Проблема** определяется как ситуация, в которой есть два состояния: существующее и планируемое. В каждом состоянии имеется набор объектов, свойств и связей, объединенных в логистическом процессе. Каждое состояние может быть описано как система. Чтобы перейти от существующего состояния к плани-

руемому, должен быть изменен существующий набор объектов, свойств и связей. Изменение в объектах может означать, например, изменение части оборудования; изменение в свойствах может принимать форму увеличения количества логистического персонала; изменение в связях может указывать на новое распределение ответственности логистического персонала.

Проблема характеризуется содержащимся в ней неизвестным и условием. Может быть одна или много областей неизвестного. Неизвестное может быть определимо качественно, а не количественно. Количественной характеристикой может служить диапазон оценок, представляющих предполагаемое состояние неизвестного. **Неизвестные** есть количества, подлежащие нахождению. Поэтому определение одного неизвестного в терминах другого может быть противоречивым или избыточным. Неизвестные могут быть выражены только в терминах **известного**, т. е. такого, объекты, свойства и связи которого установлены. **Известное** определяется как количество. Существующая экономическая система может содержать и известное, и неизвестное. Это означает, что существование неизвестности может не препятствовать способности системы функционировать.

## Формулирование проблем

Как известно, *успешное формулирование проблемы* может быть равносильно половине решения проблемы. Поэтому специалист уделяет особое внимание возможно более ранней оценке параметров, свойств и связей данной проблемы. Не всегда возможно внести в проблему “готовые” цели. Специалист может принять предложенную ему цель, только обнаружив в результате формулирования проблемы отсутствие в ней избыточности или противоречивости. Формулирование проблемы означает, что основные элементы проблемы надлежащим образом определены и связаны.

Формулирование проблемы называется также ее **определением**. Цель формулирования проблемы состоит в установлении сущности проблемы в известных терминах. Например, ставится задача уменьшения в два раза стоимости обработки продукции на складе. Специалист вначале рассматривает каждый аспект

исходной формулировки проблемы, чтобы определить известные и неизвестные части проблемы. Снижение стоимости может означать совершенно разные понятия для руководителей различных подразделений. Одни из них могут снижать стоимость путем сокращения перерасходов времени внутри складских перемещений; другие — путем сокращения количества складского оборудования; третьи — путем упрощения сложной системы обработки складских данных; четвертые — путем замены затрат на оборудование расходами на складской персонал. На практике могут иметь место сотни возможных выборов.

Содержание понятия “стоимость обработки продукции на складе” также является нечетким. Затраты в складском комплексе как раз могут быть небольшими. Напротив, значительные затраты на обработку продукции могут иметься на предприятиях, создающих вход, на основе которого работает склад предприятия. Указание “снизить стоимость обработки продукции” не определяет, какую именно стоимость необходимо снижать. Специалист может воздвигнуть гипотезу, например, что имеется в виду стоимость складского оборудования. Но что значит “оборудование”? Кроме оборудования, составляющего устройство склада, может также использоваться оборудование по обработке продукции в других подразделениях предприятия. Кроме того, стоимость оборудования может представлять собой только часть полной стоимости. В полную стоимость может входить стоимость персонала, помещения, энергии, очистки воздуха, аренды, снабжения, мебели и приспособлений в устройствах склада.

Предварительные операции по формулированию проблемы имеют целью:

- 1) составление исходной формулировки проблемы;
- 2) осмысление этой формулировки по отношению к различным частям проблемы;
- 3) осмысление фактов, касающихся проблемы;
- 4) общее уточнение исходной формулировки проблемы.

Выработка определения цели является зеркальным отражением формулирования проблемы. Термин “цель” используется для того, чтобы описать результат, подлежащий достижению.

**Цель** может принимать форму, обуславливающую достижение максимума (или минимума), величина которого еще должна быть определена, или же форму задания диапазона значений, внутри которого должно лежать решение. Во всех случаях цель является желаемым результатом деятельности. Не следует путать цели и принуждающие связи. Например, экспедиторское предприятие объявило о программе улучшения логистического обслуживания потребителей — это широкая цель. **Принуждающие связи** есть условия, ограничивающие и описывающие, как цель должна быть достигнута. Например, может быть выбрана возможность, состоящая в автоматизации отслеживания местоположения транспортных средств. Другие возможности могут состоять в улучшении методов доставки, выписывания транспортных накладных и другой транспортной документации или регистрации новых клиентов. Принуждающие связи являются измерениями цели. Их действие ограничивает проблему или вводит проблему в предписанные границы.

Комбинация целей, устанавливающих курс, и принуждающих связей, ограничивающих цели, образует ограничение, при котором начинается изучение проблемы. **Ограничение** есть сумма правил, руководящих принципов, определяющих границу проблемы. Каждая проблема должна иметь определенное ограничение. Существенной является достижение совместимости цели и принуждающих связей. Без достижения согласия относительно ограничений невозможно достигнуть согласия относительно решений.

Когда специалист ставит **условие проблемы**, он устанавливает пределы исследования проблемы и, следовательно, **границы ограничения**. В математическом смысле условия могут быть определены как достаточные, избыточные или противоречивые.

Условие является **избыточным**, если оно содержит ненужные элементы. Ненужными элементами могут быть те, которые вызывают потери или перерасходы ресурсов. Пример избыточного условия: планируется автоматизация крупномасштабной системы контроля над запасами с принуждающими связями, состоящими в требовании, чтобы существующая система об-



работки данных продолжала функционировать параллельно с новой системой.

Условие может также содержать **противоречие**. Рассмотрим пример противоречивого условия: цель производителя состоит в том, чтобы ежемесячно составлять график производства продукции, согласованный с требованиями заказчика. Однако объем продаж продукции заказчиком неизвестен. Следствием данного противоречивого условия является несогласованность частей проблемы друг с другом.

**Достаточное условие** выполняется, если принуждающие связи совместимы с целью, причем цель определена адекватно требованиям к системе. Достаточность предполагает точность и имеет все необходимое, чтобы удовлетворить требования без какого-либо дефицита или каких-либо излишков. Пример достаточного условия: руководитель склада готовой продукции получает указание на немедленную отгрузку. Он проверяет складские запасы, определяет, что необходимые изделия есть в наличии, и поставляет их в требуемые сроки.

С самого начала изучения ограничению и условию необходимо придавать равное значение. Изучение проблем редко осуществляется в идеальной обстановке. Обычно их изучают в ситуации, в которой ограничения могут быть только относительно достаточными и полными. Наиболее трудные проблемы как раз те, относительно которых нет уверенности, что ограничение достаточно. В этом случае специалист должен исходить из предположения о достаточности.

Проблемы, структура которых плохо определена, решаются посредством принятия без доказательства относительных оценок. Проблемами с плохо определенной структурой являются проблемы большого диапазона; проблемы, решения которых зависят от еще не разработанных вещей; проблемы, в которых принимаются гипотезы об объединении систем, еще неопределенным в существующей ситуации.

Для анализа стоимости систем неопределенность этого типа является характерным, постоянно действующим фактором.

---

Охват проблем полученными решениями может быть шире или уже. Относительная ширина охвата зависит от величины рассматриваемого максимума и минимума. Обычно выбирается только одно решение. Это единственное решение обычно не содержит всех положительных элементов. Например, решение с наименьшей стоимостью доставки может требовать более длительного времени; решение с небольшим риском может иметь относительно низкую эффективность (измеренную в величинах скорости обслуживания, скорости поступления продукции, диапазоне операций); быстрореализуемое решение может иметь высокую стоимость и большой риск.

После выявления плохо структурированной проблемы может потребоваться предварительное исследование, чтобы адекватно установить ограничение и условие. Начиная анализ сложной проблемы с предварительного изучения, специалист должен обеспечить себе место остановки, позволяющее ему фиксировать свою позицию относительно дальнейшего изучения. Поскольку предварительное изучение короче по времени и не является глубоким, оно менее дорого, чем немедленно предпринимаемые полноценные усилия по решению проблемы. Предварительное изучение определяет проблему, ограничение и условие, что может создать надежную основу, позволяющую всем заинтересованным группам лиц, обсуждающим логистическую проблему, прийти к согласию. В любом случае первоначальным шагом в анализе проблемы является формулирование проблемы.

При формулировании (или постановке) проблемы специалист должен выполнить следующие действия: описать, каким образом проблема была обнаружена; установить, почему она рассматривается как проблема; отличить ее от “симптома” некоторых смежных проблем; дать операционные определения нежелательных последствий проблемы.

При формулировании проблемы специалист не должен предлагать решения или устанавливать причины. Подготовка формулировки проблемы прежде всего нацелена на то, чтобы поставить проблемную задачу в центр внимания. К гипотезам на

стадии формулирования проблемы не предъявляется никаких требований. Для обеспечения контроля над проблемой желательно, чтобы имелись логически увязанные факты. Может быть также полезным установление очевидных альтернатив.

Исследование исторических аспектов проблемы имеет некоторые основания. Момент времени, в который экономическая проблема стала известной, позволяет связать данную проблему с предшествующими, допускающими идентификацию действиями. В ряде случаев важно определить обстановку, которая породила проблему. Такие материалы могут служить основой для исследования проблемы или определения структуры ее исследования.

При вскрытии существа проблемы большую помощь могут оказать следующие действия:

- собрать и проанализировать часть данных проблемы, представляющую недостатки системы;

- собрать и проанализировать ту часть данных, которая представляет перемежающееся удовлетворительное функционирование системы;

- описать и проанализировать подсистему, которая прямо порождает данные проблемы, в частности оценить вход подсистемы на полноту, частоту, согласованность, надежность и точность;

- найти обратную связь, которая даст возможность судить об отклонении, величине ошибки или недостатке системы;

- постараться связать объекты и свойства подсистемы в соответствии с их очевидной, логической или причинной связью;

- постараться представить полную систему, в которой данная проблема является только частью;

- постараться связать между собой полную систему, относящиеся к делу подсистемы и проблему, как она определена.

## **Решение системных проблем**

*Решение проблемы* определяется как деятельность, которая сохраняет или улучшает характеристики функционирования системы. Сохранение или улучшение систем осуществляется путем введения изменений, повышающих эффективность ис-

пользования ресурсов. Этими ресурсами являются люди, материалы, оборудование, устройства, капитал, время. Изменение эффективности использования ресурсов измеряется:

- увеличением или уменьшением потребности в ресурсах без соответствующего изменения в стоимости и объеме прибыли;
- увеличением или уменьшением подверженности риску;
- изменением некоторой относительной величины, измеряемой критериями.

Принимать правильные решения — высшая мудрость жизни, потому что ошибаться свойственно не только молодости, но и зрелости. Однако существует свод правил, законов, объединенных в единую концепцию, которые хоть и не дают прямых ответов, но позволяют правильно сформулировать задачу, а это уже 50% вероятности успеха ее решения. Суть указанного подхода основывается на необходимости глубоко вникнуть в ситуацию, познать явление, относительно которого требуется принять решение. Это имеет большое практическое значение ввиду подведенного под нее теоретического фундамента. Процесс принятия решений должен начинаться с выявления конечных целей, которые хотят достичь.

При подготовке решения необходимо выявление возможных альтернатив, т. е. разных путей к достижению целей, разных методов решения каждой задачи, анализ преимуществ и недостатков каждого из них, с тем чтобы можно было выбрать оптимальный.

Набор основных альтернатив должен быть представлен высшему руководству для принятия окончательных решений, так как оно свободно от ведомственных соображений и имеет более широкий взгляд на совокупность всех существенных в данном случае факторов.

Решения определяют **конечный исход**. Они описывают конечные результаты безотносительно к промежуточным исходам и альтернативам. Противоположностью решения, определяющего конечный исход, является решение, определяющее процесс. Определение логистического процесса требует, чтобы проблема была разделена на составляющие, последовательно соединен-

ные части. Такое разбиение проблемы на части обеспечивает формальную перестройку ее структуры, что и позволяет найти решение.

Решения, определяющие процесс, нуждаются в изучении с помощью формального аппарата, стоят дорого и требуют больше времени, чем решения, определяющие конечный исход. Они наиболее ценны в приложении к крупномасштабным, сложным проблемам, где риск велик и где руководство согласно вкладывать средства только после получения тщательно обоснованного заключения.

Решения состояются из нескольких частей, предшествующих друг другу в порядке их приоритета. Решение проблемы представляется как совокупность детальных процессов, связанных в логической последовательности.

Методология решения проблем должна:

- 1) предписывать систему, которая функционально организует общий процесс решения проблемы;
- 2) обуславливать параметры системы, которые дают структуру, необходимую для решения проблемы;
- 3) описывать модели системы и ее возможности, что позволяет осуществлять итерацию альтернатив выходов процесса решения проблемы.

Качественные проблемы разрешаются с помощью суждений.

**Суждение** — операция, выполняемая человеком, включающая сравнение и различение. Суждение является средством, с помощью которого формулируются знание, оценки и отношения.

Процесс нахождения решения концентрируется вокруг итеративно выполняемых операций идентификации условия, цели и возможностей для решения проблемы. Результатом идентификации является описание условия, цели и возможностей в терминах системных объектов (входа, процесса, выхода, обратной связи и ограничения), свойств и связей, т. е. в терминах структур и входящих в них элементов. Если структуры и элементы условия, цели и возможности данной проблемы известны,

то идентификация носит характер определения количественных отношений, а проблема называется **количественной**. Если структура и элементы условия, цели и возможностей известны частично, то идентификация носит качественный характер, а проблема называется **качественной**, или слабоструктурированной. Как методология решения проблем системный анализ указывает необходимую последовательность взаимосвязанных операций, которая состоит из выявления проблемы, разработки решения проблемы и реализации этого решения. Процесс решения представляет собой конструирование, оценку и отбор альтернатив по критериям стоимости, времени, эффективности и риска с учетом отношений между предельными значениями приращений этих величин. Выбор границ этого процесса определяется условием, целью и возможностями его реализации.

На практике применение системного анализа может происходить в двух ситуациях: когда исходным пунктом является появление новой проблемы и когда исходным пунктом является новая возможность, найденная вне непосредственной связи с данным кругом проблем.

*Решение проблемы в ситуации новой проблемы* включает следующие основные этапы:

- 1) обнаружение проблемы и оценка ее актуальности;
- 2) определение цели и принуждающих связей;
- 3) определение критериев;
- 4) вскрытие структуры существующей системы;
- 5) определение сбойных элементов существующей системы, ограничивающих получение заданного выхода;
- 6) оценку веса их влияния на определяемые критериями выходы системы;
- 7) определение структуры для построения набора альтернатив, построение набора альтернатив;
- 8) оценку альтернатив;
- 9) выбор альтернатив для реализации;
- 10) определение процесса реализации;
- 11) согласование найденного решения;
- 12) реализацию решения;

---

13) оценку результатов реализации решения.

Характерной чертой развития системы является выбор наиболее подходящего варианта системы. Выбираются такие управленческие решения, которые являются лучшими по комплексу показателей для заданных условий. Задача заключается не в том, чтобы найти решение лучше существующего, а в том, чтобы найти самое лучшее решение из всех возможных.

Для решения проблем необходимо определение процесса решения, а не конечного исхода. Определение процесса дает возможность установить промежуточные исходы и альтернативы. При этом решение “вырастает” из проблемы, проходя через этапы понимания функционирования и недостатков подсистем. Как только найдены альтернативы каждой подсистемы, можно получить их оценки и частные решения. После определения альтернатив последовательно связанных действий специалист старается сохранить единообразный уровень анализа.

В данной операции одновременно может быть более чем один критерий и одна модель выхода. Механизм сравнения относительной ценности альтернатив исходов может быть последовательно действующим. В практических ситуациях выход последовательно сравнивается с критериями. Неспособность последовательно оценивать альтернативы может привести к нежелательным результатам.

Системные идеи дают специалистам средство, позволяющее создать структуру формального подхода к решению проблемы. Таким образом, решение проблемы может рассматриваться как цель, а системные идеи — как принуждающие связи.

Системы разрабатываются для того, чтобы решать проблемы путем получения входа и производства выхода. Возможности, заложенные в логистическую систему при ее разработке, обеспечивают средство для итерации альтернативных решений проблемы и их последующей оценки.

Общими элементами управления с помощью обратной связи, выраженными в терминах процесса решения проблемы, являются:

---

• перестройка объектов, свойств и связей существующей системы;

• преобразование выхода системы во вход для цели регулирования модели выхода и критериев функционирования системы;

• воздействие на протекающий процесс с целью сохранения или улучшения функционирования системы;

• обучение и познание, позволяющие априори различать существующее и планируемое состояние.

Рассмотрим содержание процесса решения проблемы.

Важнейшими элементами этого процесса являются четыре точки решения:

1) может ли быть решена полная проблема?

2) является ли предлагаемое решение возможным полным решением?

3) убедительно ли показывают результаты проверки возможность полного решения?

4) подтверждают ли результаты проверки полное решение?

Решение, формируемое в третьей точке, может рассматриваться как выбор, следующий за результатом решения во второй точке, который может принимать значения “да” или “нет”. Хотя частичное решение тоже является полезным, предполагается, что более желательно полное решение.

Каждая точка решения есть подсистема управления с помощью обратной связи. Результат функционирования системы есть выход, который вводится в процесс управления. Нарушение последовательности в нахождении частичного и полного решений может стать причиной того, что частичное, но удовлетворительное решение будет потеряно. Чтобы гарантировать согласие между частичным и полным решением, критерии должны быть непротиворечивыми. Каждая точка решения принадлежит ветви итеративного процесса обработки данных проблемы, обращающихся по его последовательным этапам.

*Рассмотрим критерии, позволяющие судить об адекватности решения.*



---

1. Решение должно определять действие: чтобы изменить характеристики системы, требуется определенный вход.

2. Решение должно быть выражено в терминах проблемы и получено из проблемы: должно быть видно, что решение является результатом систематического проведения частичного или полного анализа проблемы.

3. Решение должно приближаться к проблеме, которой оно адресовано: проблемы и решения рассматриваются как различные состояния одной и той же системы; изменения в виде могут сопровождаться изменениями в ограничении.

4. Решение должно быть пропорционально по своему размеру проблеме и иметь сложность, не большую, чем сама проблема; решения должны быть необходимыми и достаточными, иметь минимум избыточности и не содержать противоречий.

5. Частичное решение должно быть согласовано с полным решением: противоречие с частями проблемы не позволит получить полноценное решение.

6. Для каждого частичного или полного решения должны быть осуществлены проверка жизненности и проверка предпочтения. Проверка жизненности является заключительным аргументом принятия или исключения решения; проверка предпочтения с помощью критериев эффективности, времени или стоимости должна быть применена как мера сравнения.

**Недостатки** в решении проблем возникают по следующим основным причинам:

1) неадекватность инструмента, применяемого при решении проблемы;

2) недостаток точности в процессе решения;

3) увеличивающееся появление новых проблем, требующих решения до решения данной проблемы;

4) неспособность иметь дело с проблемой в некотором конкретном смысле.

Эти причины не всегда могут быть определены специалистами. Неспособность определить причину недостатков решения проблемы может привести к прогрессирующему росту потерь материальных ресурсов и невозполнимым потерям времени. В

некоторых случаях она может также вести к потере потенциально ценных целей или целей, ценных в данный момент времени.

1) *сформулируйте проблему:*

- зафиксируйте цель и принуждающие связи;
- установите условие;
- установите границы и подлежащие оценке альтернативы;
- установите согласованные критерии;
- там, где необходимо, обусловьте предположения;
- определите природу риска;

2) *принимайтесь за проблему:*

- определите процессы;
- соберите данные, описывающие проблему;
- сконструируйте метод работы с проблемой и данными проблемы;

- работайте с проблемой и данными проблемы;
- получите частичное и опытное полное решения;
- проверьте прежние решения;

3) *решайте проблему:*

- интерпретируйте результаты проверки;
- проведите итерацию, начиная с того пункта, с которого необходимо;

• начните идентификацию величин, которые должны возрасти;

• начните оценку качества предлагаемого решения в терминах лучшего решения;

- выберите решение и план его реализации;
- если можно, внедрите решение как опытное;
- оцените результаты внедрения;
- откорректируйте решение;
- внедрите откорректированное решение.

Установить продолжительность процесса полного решения проблемы невозможно. Однако специалистам полезно представлять себе относительное количество времени, которое должно быть потрачено на каждую крупную область решения проблемы. Потребное для каждой области время относительно широко варьирует в зависимости от размеров данной проблемы. Продол-

---

жительность первых двух фаз, например, может превосходить продолжительность третьей фазы приблизительно в два раза.

## **Выбор альтернатив**

При решении проблемы одна из первых задач заключается в определении набора объектов, подлежащих анализу. Набор объектов, взятый как целое, представляет собой **альтернативу**. Оценка альтернатив является средством отбора решений или целей. Отдельное решение проблемы может быть получено многими альтернативными процедурами.

**Предположения** есть формулировки того, что полагают о состоянии логистического объекта, свойства или связи. Предположение позволяет вывести существование *неизвестного факта* из существования *известных фактов*.

**Критерий** является средством, с помощью которого измеряются или выбираются альтернативы. Критерий заставляет специалиста доказывать логичность в выборе его предпочтений. Критерий указывает относительное достижение альтернативы в терминах времени, стоимости или эффективности. Критерий является стандартом, с помощью которого выносятся суждения об относительной выгоде выбора.

**Риск** является мерой потенциальной подверженности недостаткам. Для описания риска используется термин “**неопределенность**”, означающий относительное правдоподобие фактически наступившего события.

Требования к системе, воспринимаемые потребителем, основываются на существующем состоянии системы. Это состояние должно быть переведено в некоторое планируемое состояние. Вопрос заключается в том, каким образом осуществить предлагаемое изменение. Проблема заключается в оценке средств, с помощью которых может быть осуществлено изменение.

**Альтернатива** определяется как одна из двух или более возможностей, подлежащих выбору. Чтобы альтернатива была принята к рассмотрению, она должна быть приемлемым потенциальным решением поставленной проблемы. Если альтернативы сравнимы, должно быть установлено различие между ними.

---

Существуют две формы альтернатив: **функционально различные альтернативы** (разница в виде) и **операционно различные альтернативы** (разница в степени). Функциональную форму альтернативы можно проиллюстрировать с помощью грузового судна и самолета, которые могут быть определены как альтернативные решения одной и той же задачи. Операционная форма альтернатив может быть пояснена с помощью нескольких альтернативных типов автотранспортного средства, используемых для решения одной и той же задачи доставки. Функциональные альтернативы отличаются средствами решения задач, операционные — способами, которыми объекты, свойства и связи агрегируются в систему.

## **Глава 6. Основы анализа экономических систем**

### **6.1. Конструктивное определение экономического анализа**

#### **6.1.1. Системное описание экономического анализа**

Экономический анализ — одна из важнейших функций управления. Поэтому его назначение необходимо исследовать исходя из его целей и задач, его роли в управлении хозяйственной системой.

Функцию экономического анализа можно определить как выявление и исследование экономических свойств и отношений объектов.

Вход — предмет экономического анализа. В качестве входа может выступать как объект в целом, так и его свойства. Объектом экономического анализа является хозяйственная система или процесс, свойства которых следует выявить и исследовать. Исследуемые свойства и параметры объекта — предмет экономического анализа. Количественная определенность предмета экономического анализа — экономическая величина.

Выход — результат экономического анализа. Экономический анализ по существу представляет собой исследование количественных аспектов экономических явлений. Основа такого исследования — измерение. Результатом измерения являются

числа. Однако результат экономического анализа — не числа как таковые, а то содержание, которое они выражают, или их экономическая интерпретация.

Процессор — все то, что обеспечивает отображение предмета анализа в численные результаты и их истолкование. Процессор любой системы включает в себя оснащение, упорядоченность, субъективный фактор.

Оснащение в экономическом анализе — это прежде всего аналитические модели, алгоритмы. К оснащению же следует отнести используемые в экономическом анализе формулы, единицы измерения, эталоны и т. д.

Упорядоченность включает в себя последовательность выполняемых операций и правила, действующие на каждом шаге последовательности. Поскольку анализ — это всегда сравнение, то элементами упорядоченности при описании экономического анализа являются правила и методы сравнений.

Субъективный фактор — человек может выступать в роли конструктора аналитической модели, в роли объекта анализа, в роли лица, готовящего исходящие данные и интерпретирующего результаты экономического анализа. И везде он вносит субъективный элемент в процесс экономического анализа. Необходимость рассматривать субъективный фактор как существенный элемент аналитической работы — специфическая черта экономического анализа.

### **6.1.2. Задачи экономического анализа**

Результат экономического анализа определяется его задачами. Наиболее значимыми являются следующие три направления:

- оценка состояния производства и выявление изменений в нем в пространственно-временном разрезе;
- выявление основных факторов, вызывающих изменения в финансово- производственном состоянии, и оценка степени их влияния;
- выявление резервов повышения эффективности функционирования предприятия.

Кроме указанных трех основных задач, на анализ возлагаются такие задачи, как;

- контроль выполнения требований коммерческого расчета;
- контроль выполнения плана;
- определение рациональности использования ресурсов;
- раскрытие причинно-следственных связей между финансовой и производственной деятельностью;
- изучение интенсивности и формы связи экономических показателей;
- выявление наиболее информативных синтетических показателей;
- прогноз основных тенденций в финансовом состоянии;
- сравнение с другими предприятиями;
- разработка мероприятий, направленных на устранение отрицательных факторов и др.

### **6.1.3. Экономические величины и показатели**

Предмет экономического анализа — вход — **экономическая величина**. Понятие экономической величины является основным для экономического анализа. Экономическими величинами являются стоимость, рентабельность, уровень организации, работоспособность структуры, эффективность деятельности и т. д. Экономические величины обладают целым рядом особенностей, которые необходимо учитывать в процессе экономического анализа. Экономические явления отличаются большой разнородностью, что накладывает определенные ограничения на возможность их сравнения и анализа.

Проблемы **однородности (разнородности)** возникают также при выборе определений и взаимоувязке единиц измерений, обобщении измеренных значений и получении результатов измерений, сравнении полученных результатов и т. д.

Величины разделяются на аддитивные и неаддитивные, экстенсивные и интенсивные, метрические и неметрические.

Величина **аддитивна**, если на множестве объектов измерения ей может быть придан смысл операции сложения.

К **экстенсивным** относят величины, для которых выполняется принцип аддитивности. Величины, которые можно измерить в интервальных шкалах — **метрические** величины. **Неметрические** величины — неаддитивны.

Многие экономические величины являются **неаддитивными**. В частности, такие свойства экономических объектов, как эффективность, организованность, потенциал, являются эмерджентными, поэтому эти экономические величины неаддитивны.

Еще одним важным признаком разделения величин является их **наблюдаемость**. Непосредственно наблюдаемые “скрытые” свойства называются латентными. Измерение такой величины может быть только косвенным на основе измерения других величин, называющихся в этом случае индикаторами.

Важная особенность экономических величин — **нормативность**. Нормативность предполагает, что общество выработало определенную позицию относительно желаемого направления развития экономической величины. Нормативность — специфическая черта экономического анализа. Она обусловлена целенаправленностью в использовании результатов анализа и результатов принятия решений.

Для проведения экономического анализа исследуемые величины должны быть определены качественно и количественно. В процессе экономического анализа определение экономической величины проходит следующие стадии:

- 1) концептуализация — качественное теоретическое описание сущности определяемого свойства (величины);
- 2) формализация — установление количественных параметров, определяющих анализируемую величину, а также наличия и формы логических и формальных зависимостей между ними;
- 3) операционализация — указание способов идентификации, измерения, конструирования, моделирования и анализа отображаемой в понятии величины.

Средством перевода качественных определений на язык количественных представлений служат экономические показатели. Понятие “**показатель**” не имеет однозначного толкования. Можно выделить три направления в понимании показателя.

---

*Первое* связано с отождествлением показателя и индикатора. Под индикатором понимаются объекты или явления, объективно существующие, наблюдаемые, выбираемые исследователем, на основании которых судят о других объектах, их свойствах, характеристиках, состояниях.

*Второе:* под показателем понимают инструмент исследования, в качестве которого выступает специально конструируемая модель, предназначенная для измерения исследуемых объектов и их свойств.

*Третье:* показатели — это числа, являющиеся результатом исследования, характеризующие ту или иную особенность общественных явлений.

Результаты измерения и анализа обусловлены не только спецификой экономической величины, но и моделью отношений, зафиксированной в показателях; их экономической интерпретацией; выбором основных и производственных величин и отношением между ними; размеренностью величин, а также условиями измерения.

#### **6.1.4. Сравнение в экономическом анализе**

Основным приемом экономического анализа выступает сравнение. **Сравнение** — сопоставление объектов с целью выявления сходств и различий между ними.

Предмет сравнения — измеренные значения экономических величин. Исходные данные и исчисляемые на их основе показатели должны быть сравнимы. Без сравнимости показателей не может быть гарантирована правильность решений, принимаемых на их основе.

**Причинами несравнимости показателей** могут выступать:

- различия в закономерностях развития исследуемых явлений;
- различия условий, в которых находятся исследуемые явления;
- различия в методах сбора и обработки информации;
- различия в методах исчисления статистических показателей;
- различия в структуре исследуемых объектов;



- 
- разные степени развития исследуемых объектов;
  - различия в единицах измерения;
  - различия в используемых в расчетах ценах;
  - различия территорий, на которых находятся объекты;
  - данные относятся к разным периодам или моментам времени;
  - неудачный выбор базы для сравнения и т. д.

Сравнимые величины — это прежде всего однородные величины. Одна из важнейших проблем и задач экономического анализа состоит в выявлении качественной однородности исследуемых объектов и их свойств, которая обеспечивает их количественную сравнимость. Однородные показатели — показатели, имеющие одинаковые назначение, форму выражения, размерность, тип шкалы, отображающие однородные экономические величины.

Кроме разнородности величин и показателей причиной несравнимости может стать влияние внешних факторов как экономического, так и неэкономического характера. В этих случаях для проведения сравнения необходимо исключать влияние выявленных факторов путем корректировок, таких как пересчет оборотов в одинаковые цены и пр.

Сравнение объектов возможно путем построения модели в виде обобщающего (интегрального) показателя, включающего в себя показатели, описывающие отдельные аспекты состояния и поведения объекта.

Важным аспектом при проведении экономического анализа является выбор базы для сравнения. Выбор сравнения определяется целью, ради которой это сравнение производится. Функция сравнения — получение новой информации об объекте. Конкретная цель зависит от решений, для принятия которых эта информация будет использована. Можно выделить четыре типа характеристик объектов, которые могут служить базовыми для сравнения с ними параметров данного объекта:

- 1) фактическое значение показателей другого объекта (физическое измерение);
- 2) фактическое значение показателей данного объекта в разные моменты или периоды времени (динамическое измерение);
- 3) ожидаемые значения показателей для данного объекта (прогнозное измерение);

---

4) точно установленные каким-либо образом значения показателей для данного объекта (контрольное измерение).

Цель сравнения с другим объектом — выявление предположений.

Цель сравнения с предшествующими периодами — выявить динамику объекта. Проследить движение во времени можно по изменениям абсолютных значений показателей, характеризующих ту или иную сторону процессов, происходящих в объекте наблюдения.

Вопрос о выборе базового периода при расчете темпов очень важный для надежности их сравнения. Смена базового периода будет означать изменение значения темпов. Традиционно в качестве базы сравнения выбирается ближайший к данному предшествующий период или наиболее типичный в каком-либо отношении период.

Цели сравнения с ожидаемыми значениями могут быть различными, например проверка методов прогнозирования. Измерение ожидаемых значений экономических величин может осуществляться различными методами, среди которых:

- метод экспертных оценок;
- корреляционный регрессионный анализ;
- сетевые методы;
- специальные методы теории принятия решений и т. д.

Цель сравнения с установленными значениями — оценка объекта. В качестве базы сравнения для оценки можно использовать:

- лучшие значения предшествующих периодов;
- средние значения показателей;
- плановые значения показателей;
- значения показателей при других вариантах развития;
- эталонное значение показателей;
- среднеотраслевое значение показателей;
- среднепрогрессивное значение показателей;
- значения показателей у наиболее удачливых конкурентов

и др.

Принципы системного экономического анализа обуславливают создание “норматива” с ориентацией на “идеальное”

состояние измеряемой величины, инвариантное достигнутому. Кроме того, в силу особенностей экономических величин норматив не обязательно должен иметь статический характер и быть представлен в метрической шкале.

Еще один важный вопрос сравнений — многомерное сравнение, т. е. сравнение экономических величин по нескольким показателям. Сравнение объектов по набору показателей в общем случае недопустимо. В отдельных случаях оно возможно путем построения обобщающего показателя.

## **6.2. Этапы экономического анализа**

Процедура экономического анализа включает в себя следующие основные этапы:

1. Системообразующим фактором является функция, поэтому первым этапом анализа выступает определение функции, цели и задач проведения анализа.

2. Элемент “оснащение” обуславливает необходимость определения расчетных и аналитических процедур, включая:

- выбор или конструирование измерителей;
- выбор или конструирование аналитических моделей;
- выбор или разработку методов расчета;
- выбор или разработка методов сравнений;
- выбор базы сравнений.

3. Для определения “входа” необходимо выполнение следующих шагов:

- определение состава необходимых первичных данных;
- сбор необходимых данных;
- выбор данных, пригодных для анализа.

4. Выявление “субъективного фактора”. Проводить экономический анализ должны квалифицированные специалисты. При этом для обеспечения субъективности результатов анализа необходимо учитывать заинтересованность аналитиков в получении именно такого результата.

Заинтересованность определяется материальным стимулом, профессиональными навыками, пониманием значимости

результатов и зависит от места, которое занимает аналитик в организационной структуре анализируемого предприятия. Объективность результатов анализа повышается при привлечении независимых экспертов.

5. Элемент “упорядоченность” предполагает выполнение всех расчетных процедур, всех необходимых сравнений, установленных при определении элемента “оснащение”.

6. Элемент “выход” — собственно экономический анализ — предопределяет необходимость интерпретаций полученных результатов расчетов и сравнений.

Системный подход, в основе которого лежит движение от целого к части, предполагает организацию аналитической работы в виде многоуровневой структуры:

- первый уровень — общая характеристика состояния и тенденций развития предприятий на базе расчета и анализа интегральных оценок;
- второй уровень — установление факторов, повлекших снижение оценок результативности финансово-хозяйственной деятельности;
- третий уровень — выявление основных проблем в хозяйственной деятельности предприятий, являющихся следствием негативного влияния установленных факторов;
- четвертый уровень — определение причин влияния установленных факторов.

Уровни анализа отличаются глубиной, количеством анализируемых показателей, детальностью, необходимым временем, конкретностью выводов. В целом все уровни анализа можно разделить на две группы:

- экспресс-анализ финансово-экономического состояния;
- детализированный анализ.

Системный экономический анализ — это прежде всего экспресс-анализ. Цель экспресс-анализа — обобщенная оценка результатов хозяйственной деятельности и финансового состояния объекта.

---

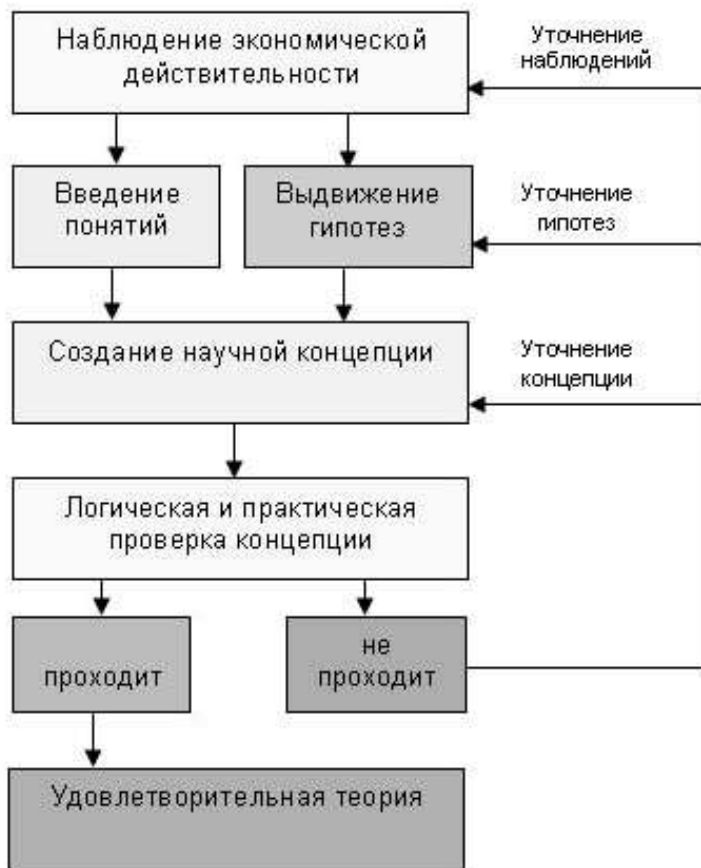
Основной результат “выход” экспресс-анализа — вывод о целесообразности или необходимости проведения более углубленного и детального анализа, а также выявление основных направлений такого анализа.

### **6.3. Методы анализа экономических систем**

Чтобы дать логически непротиворечивое и эмпирически подтверждаемое объяснение экономическим событиям, ученые используют ряд универсальных научных приемов: вводят понятия для обозначения наблюдаемых явлений, выдвигают гипотезы о формах взаимозависимости между объектами наблюдения, создают концепции (модели), описывающие механизм протекания экономических процессов. Схематически процесс создания экономической теории представлен на рис. 2.3.

К числу исходных постулатов экономического анализа относится предположение о том, что экономические субъекты ведут себя рационально, т. е. стремятся достигнуть намеченных целей с наименьшими издержками или при заданных издержках получить максимальный результат. Цель производителей состоит в максимизации прибыли или другого показателя хозяйственной деятельности. Стремления потребителей экономисты называют максимизацией индивидуального благосостояния, или индивидуальной полезности. Полезность блага в экономическом понимании — это его пригодность для удовлетворения потребностей человека. Ее следует отличать от полезности в физиологическом смысле. Так, медициной установлено, что сигарета вредна для здоровья, но курильщику она нужна и в этом смысле полезна с позиций экономиста.

В зависимости от объекта исследования различают два вида экономических моделей: оптимизационные и равновесные. Посредством первых описывается поведение отдельных экономических субъектов, стремящихся к достижению своих целей при заданных возможностях, а посредством вторых представляется результат взаимодействия совокупности хозяйствующих агентов и выявляются условия совместимости их целей.



**Рис. 2.3.** Процесс создания экономической теории

Наличие у экономических субъектов формализуемых целей позволяет предсказывать их реакцию на изменяющиеся условия сделок: колебания рыночных цен, стратегию конкурентов или экономическую политику государства. Для этого создается модель поведения субъекта, посредством которой выявляется, в какой мере те или иные действия индивида способствуют достижению его цели.

---

Способы достижения целей зависят от того, в каких условиях экономическим субъектам приходится принимать решения. В связи с этим различают следующие решения: в условиях определенности, неопределенности и стратегические.

Ситуация считается определенной, если экономические субъекты полностью информированы обо всех обстоятельствах, влияющих на результат принятия решения. В реальной экономике такие ситуации встречаются редко. Тем не менее в учебных курсах изучению методов решения в условиях определенности придается большое значение. Это объясняется не только тем, что они наиболее просты, но и тем, что для раскрытия сущности многих экономических явлений условия неопределенности можно не учитывать.

Чаще всего экономическим субъектам приходится принимать решения в условиях, когда их результат определяется не только предвидимыми, но и непредвидимыми обстоятельствами. Например, ожидаемые урожай и доход фермера являются вероятностными величинами, поскольку зависят не только от проведения контролируемых им агротехнических работ, но и от непредсказуемых изменений погоды. В условиях неопределенности приходится учитывать и оценивать риск, что требует специфических методов при принятии решений.

В ситуациях, требующих принятия стратегических решений, тоже существует неопределенность, но она порождена не недостатком информации об окружающей среде, а является следствием взаимозависимости решений одного и другого субъектов. Кроме прочего, доход фермера  $A$  зависит от решения фермера  $B$  относительно объема своего производства, а фермер  $B$  при принятии этого решения пытается предвидеть планируемый объем производства фермера  $A$ . Эту взаимозависимость фермер  $A$  должен учитывать, принимая решение относительно объема своего производства.

В условиях определенности задача экономического субъекта сводится к нахождению условного экстремума, т. е. максимума или минимума функции при ограничениях на ее переменные. При наличии неопределенности, порожденной недостатком

информации о внешней среде, задача принципиально не меняется, но в числе ограничений или аргументов целевой функции учитывается риск. Для принятия стратегических решений в XX в. была разработана специальная теория — теория игр.

Взаимодействие отдельных экономических субъектов в ходе реализации своих планов отображается посредством равновесных моделей. Если модели поведения экономических субъектов предназначены для определения наилучшего способа достижения цели при заданных ресурсах, то равновесные модели определяют условия совместимости индивидуальных планов и выявляют инструменты их согласования.

Состояние, при котором в заданных условиях планы совокупности хозяйствующих субъектов оказываются совместимыми, называется *экономическим равновесием*. Достижение равновесия не означает, что каждый участник рыночных сделок полностью удовлетворен достигнутыми результатами. Однако в состоянии равновесия никто не может повысить свое благосостояние за счет изменения объема и структуры покупок или продаж при сложившихся ценах.

Экономическое равновесие — категория, характеризующая ожидаемое развитие экономической конъюнктуры. В прошедшем периоде объем продаж тождественно равен объему покупок, но если в этом периоде покупатели желали купить, а продавцы продать иное количество товаров, то равновесия не существовало.

Результаты взаимодействия экономических субъектов зависят от промежутка времени, в котором они рассматриваются. В связи с этим различают методы статического анализа, сравнительной статистики и динамического анализа.

При *статическом анализе* рассматривают ситуацию на определенный момент времени, например, как при существующих спросе и предложении формируется цена. *Метод сравнительной статистики* сводится к сопоставлению результатов статического анализа в различные моменты времени, например, на сколько и почему цена данного блага различается в периоды  $t$  и  $(t - 1)$ . Для выявления характера динамики экономического



показателя между двумя моментами времени и обнаружения факторов, ее определяющих, служит *динамический анализ*. Если посредством метода сравнительной статистики можно установить, что цена зерна через месяц будет в 1,5 раза больше нынешней, то выяснить, как она будет повышаться — монотонно или колебательно, позволяет лишь динамический анализ, при котором все факторы, формирующие цену зерна, представляются функциями времени.

В динамических моделях иной смысл приобретает понятие экономического равновесия. Вместо статического равновесия, выражающего совпадение планов экономических субъектов на определенный момент, используется понятие стационарное состояние (*steady state*), представляющее сохраняющееся во времени равновесие при неизменных факторах формирования спроса и предложения.

К настоящему времени экономические методы анализа достигли такого уровня совершенства, что их применение признается плодотворным не только в теоретических и прикладных экономических дисциплинах, но и в других социальных науках.

Современное преподавание экономики, как и большинства других научных дисциплин, основано на применении одновременно трех взаимодополняемых способов изложения изучаемого материала: вербального, алгебраического и графического. Словесное описание сути проблемы и умозаключение относительно ее решения — исходный пункт научного познания. Однако, как правило, широта и сложность системы взаимосвязей изучаемых явлений таковы, что люди не могут мысленно охватить их полностью. И здесь на помощь приходит математика как мощное средство “экономии мышления”. Графические методы анализа изучаемых феноменов позволяют наглядно представить, что происходит в “черном ящике” математических моделей.

#### **6.4. Анализ факторов, влияющих на процессы в экономических системах**

Факторы — это условия (движущая сила) протекания экономического процесса и причины, влияющие на них.

---

## Классификация факторов:

1. Производственно-экономические — это факторы ресурсов (средства труда, предметы труда и труд).

2. Техничко-экономические — это механизация и автоматизация процессов, внедрение достижений науки, техники и т. д.

3. Социально-экономические — это факторы, связанные с обществом (участие трудящихся в управлении предприятием, движение новаторов в производстве, моральное стимулирование работников).

4. Социально-психологические — это факторы, связанные с совместной работой людей в коллективе.

5. Физиологические — санитарно-гигиенические условия труда, эстетическое состояние помещений.

Все факторы можно подразделить:

- на **основные и второстепенные**. К основным относятся факторы, оказывающие решающее влияние на хозяйственную деятельность. Все остальные факторы являются второстепенными;

- **поддающиеся и не поддающиеся количественной оценке**;

- **постоянные и временные**. Постоянные действуют непрерывно, весь изучаемый период, временные — определенный период;

- **интенсивные и экстенсивные**. Интенсивные факторы связаны с наиболее эффективным применением достижений НТП и обеспечивают развитие экономики за счет повышения производительности труда, улучшения использования ресурсов, экстенсивные — с расширением материально-технической базы предприятий, дополнительным привлечением ресурсов. Решающими факторами выступают интенсивные;

- **общие и специфические**. Общие факторы действуют в экономической системе в целом, специфические — в отдельных отраслях или на отдельных предприятиях;

- **простые и сложные**. Простые факторы являются результатом действия одной причины, сложные возникают под воздействием комплекса причин;

- **прямые и расчетные**. Влияние прямых факторов определяется без специальных расчетов, действие расчетных измеряется с помощью специальных приемов;

- **положительные и отрицательные;**
- **объективные и субъективные.**

Рассмотрим анализ факторов на примере функционирования простейшего хозяйства.

**Пример.** Цель организации и функционирования простейшего хозяйства состоит в том, чтобы при имеющихся у него материальных и трудовых ресурсах объем и ассортимент производимых им благ в максимально возможной степени удовлетворял его потребности. Для достижения этой цели необходимо сопоставить, с одной стороны, полезность используемых благ, а с другой — трудоемкость их производства.

Формализуем процесс производства и потребления этих благ, а также определим показатель, соответствующий цели.

Зависимость благосостояния ( $U$ ) руководителя хозяйства от количества  $Q$  потребления двух благ ( $A$  и  $B$ ) и досуга (свободного времени  $F$ ) имеет следующий вид:

$$U = Q_A^{0,5} Q_B^{0,2} F^{0,3}.$$

Технологии производства благ при заданном количестве капитала и земли отображаются функциями

$$Q_A = 5\sqrt{L_A}; \quad Q_B = 2\sqrt{L_B},$$

где  $L_A, L_B$  — количество часов труда, расходуемого на изготовление благ  $A$  и  $B$ .

Общее количество времени, остающегося после сна, равно 16; следовательно,

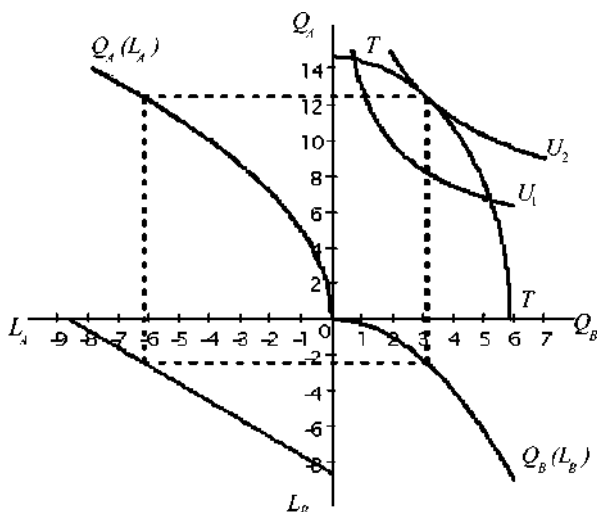
$$F = 16 - (L_A + L_B).$$

Цель — максимизировать функцию  $U$  при ограничениях на  $Q_A, Q_B, F$ . Эта задача заключается в определении условного экстремума, ее решение дает следующие результаты:  $Q_A = 12,4$ ;  $Q_B = 3,12$ ;  $L_A = 6,15$ ;  $L_B = 2,43$ ;  $F = 7,42$ .

*Графическое представление хозяйства (рис. 2.4).*

В квадрантах II и IV изображены графики производственных функций каждого из благ, характеризующие зависимость между количеством затрачиваемого труда и выпуском про-

дукции. Прямая  $L_A L_B$  в квадранте III представляет выбранный бюджет рабочего времени; каждая ее точка показывает, как все рабочее время может быть распределено между производством обоих благ.



**Рис. 2.4.** Графическое представление простейшего индивидуального хозяйства

На основе графиков, расположенных в квадрантах II–IV, в квадранте I построена линия (ТТ) производственных возможностей хозяйства. Каждая ее точка показывает максимальный объем производства одного блага при заданном объеме производства другого. Здесь же представлены потребительские предпочтения руководителя хозяйства в виде линий благосостояния  $U_i$ . Каждая их точка указывает на определенное сочетание количеств обоих благ, обеспечивающее заданный уровень полезности при выбранном досуге (соответственно — рабочем времени).

Точка касания кривой производственных возможностей (ТТ) с наиболее отдаленной от начала координат кривой полезности  $U_2$  определяет объемы благ хозяйства.

При решении целого ряда практических задач, например прогнозирования налоговых поступлений, определения недоплат

налогов и др., необходимо знание возможностей предприятий по уплате налогов. Здесь мы рассмотрим один из методов прогнозирования этих возможностей с использованием технологий “Excel”.

В качестве показателей этих возможностей здесь принимаются:

- абсолютное значение налогового потенциала — максимальные возможности предприятия по отчислению налогов (максимум, что можно взять с предприятия);
- относительное значение налогового потенциала — отношение абсолютного значения потенциала предприятия к налоговому потенциалу предприятия, принятого за эталон. Относительное значение налогового потенциала — **коэффициент налогового потенциала**.

**Пример.** Определить налоговый потенциал и коэффициенты налоговых потенциалов предприятий, показатели финансово-экономической деятельности которых приведены в виде баланса (см. табл. 2.2).

Для определения этих показателей были приняты следующие основные **предпосылки и допущения**:

1. Величина налогового отчисления влияет на величину прибыли предприятия.

2. Максимально допустимая величина налога, который может быть взят с предприятия, соответствует такому его состоянию, когда оно находится на грани банкротства.

Известно, что в условиях устойчивой экономики факт банкротства предприятия может быть определен с помощью модели Альтмана.

С использованием модели Альтмана определяется вероятность банкротства предприятия (хозяйствующего субъекта) на основе анализа показателей его финансово-экономической деятельности. Максимально-возможные налоговые отчисления определяются при условии нахождения предприятия (хозяйствующего субъекта) на грани банкротства, т. е. налоговое бремя непосильно.

Модель Альтмана имеет вид:

$$Z_i = 1,2X_{1i} + 1,4X_{2i} + 3,3X_{3i} + 0,6X_{4i} + 1X_{5i},$$

где  $i$  – порядковый номер градации;

$X_1$  — отношение оборотного капитала к сумме всех активов предприятия;

$X_2$  — уровень рентабельности капитала;

$X_3$  — уровень доходности активов;

$X_4$  — коэффициент соотношения собственного и заемного капитала;

$X_5$  — оборачиваемость активов;

$Z_i$  — показатель, характеризующий возможность банкротства предприятия.

Налоговые отчисления и указанные выше финансово-экономические показатели в модели Альтмана приближенно могут быть учтены следующим образом

$$Z_i = 1,2 \frac{C_{об}}{C_{акт\Sigma}} + 1,4 \frac{\Pi_n - C_{нi}}{C_{акт\Sigma}} + 3,3 \frac{\Pi - C_{нi}}{C_{акт\Sigma}} + 0,6 \frac{K_{соб}}{K_{заем}} + 1 \cdot \frac{B}{C_{акт\Sigma}}$$

где  $C_{об}$  — величина оборотного капитала предприятия;

$C_{акт\Sigma}$  — суммарная величина всех активов предприятия;

$\Pi_n$  — величина нераспределенной прибыли;

$\Pi$  — прибыль до уплаты процентов и налогов;

$K_{соб}$ ,  $K_{заем}$  — величина собственного и заемного капитала предприятия;

$C_{нi}$  — величина налогового отчисления предприятия;

$B$  — выручка (нетто) от реализации товаров и т. п.

Решив это уравнение относительно  $C_{нi}$ , получим

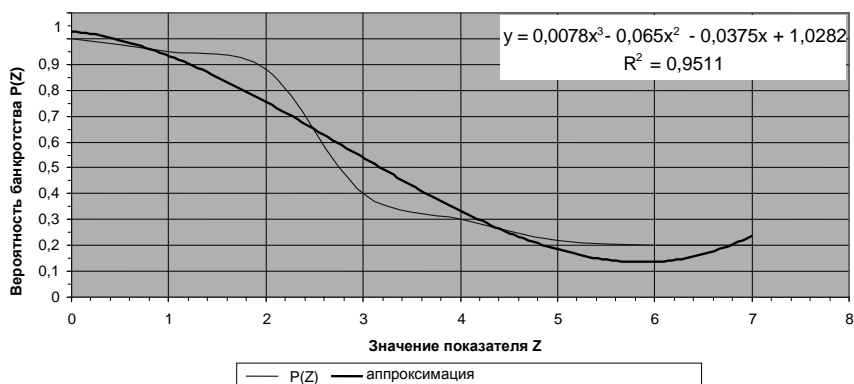
$$C_{нi} = \frac{-Z_i + \left(1,2 \frac{C_{об}}{C_{акт\Sigma}} + 1,4 \frac{\Pi_n}{C_{акт\Sigma}} + 3,3 \frac{\Pi}{C_{акт\Sigma}} + 0,6 \frac{K_{соб}}{K_{заем}} + 1 \cdot \frac{B}{C_{акт\Sigma}}\right)}{\left(\frac{1,4}{C_{акт\Sigma}} + \frac{3,3}{C_{акт\Sigma}}\right)}.$$

От показателя  $Z_i$  зависит **вероятность банкротства** предприятия (хозяйствующего субъекта). Функция распределения этого показателя может быть получена на основе анализа количественно-качественных зависимостей вероятности банкротства от показателя  $Z_i$ . Для модели Альтмана эти зависимости (качественные оценки вероятности банкротства) приводятся в различных источниках и имеют значения, показанные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Значение $Z$	Качественная оценка вероятности банкротства	Количественные значения вероятности банкротства
0–1,8	Очень высокая	0,9–1,0
1,81–2,7	Средняя	0,75–0,9
2,8–2,9	Возможно при определенных обстоятельствах	0,4–0,75
3 и выше	Малая	0,2–0,4

С целью дальнейшего использования этих данных в расчетах были получены количественные значения вероятности банкротства  $P$  от покупателя  $Z$  путем аппроксимации данных табл. 2.1 аналитической зависимостью (полиномиальной) (рис. 2.5). Величина достоверности аппроксимации составила 95%.



**Рис. 2.5.** Графическая зависимость вероятности банкротства предприятия от показателя  $Z$

Z	P(Z) аппроксимация
0	1,0
1	0,93
2	0,76
3	0,54
4	0,34
5	0,19
6	0,15
7	0,26

Среднее значение максимально возможного налогового отчисления предприятием может быть определено с помощью следующего соотношения:

$$\bar{C}_{H_i}^{(\text{макс})} = \sum_{i=1}^n C_{H_i} P_i / n$$

где  $n$  — количество градаций, характеризующих вероятность банкротства предприятия (хозяйствующего субъекта);

$P_i$  — вероятность банкротства предприятия при данном значении показателя  $Z_i$ , приближенно принимается:  $Z_1 = 0, P_1 = 1; Z_2 = 1, P_2 = 0,93; Z_3 = 2, P_3 = 0,76; Z_4 = 3, P_4 = 0,54; Z_5 = 4, P_5 = 0,34; Z_6 = 5, P_6 = 0,19; Z_7 = 6, P_7 = 0,15; Z_8 = 7, P_8 = 0,26$  на основании зависимости (рис. 2.5).

Среднее квадратическое отклонение ошибки определения величины налоговых отчислений, при которых предприятие (хозяйствующий субъект) находится на грани банкротства, определяется с помощью следующего соотношения

$$\sigma_{C_n}^{(\text{макс})} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_{H_i} - \bar{C}_{H_i}^{(\text{макс})})^2 P_i / n}$$

$Z_i$  — значение показателя, соответствующего  $i$ -й вероятности банкротства (значения  $Z_i$  и  $P_i$  выбираются из графика, рис. 2.5).

Значения  $C_{H_i}$ ,  $\bar{C}_{H_i}^{(\text{макс})}$  и  $\sigma_{C_{H_i}}^{(\text{макс})}$  используются впоследствии для определения оптимальной величины налоговых отчислений.



## **Исходные данные для прогнозирования налогового потенциала**

Для вычисления показателей  $X_1$  — отношения оборотного капитала к сумме всех активов предприятия,  $X_2^*$  — уровня рентабельности капитала;  $X_3^*$  — уровня доходности активов,  $X_4$  — коэффициента соотношения собственного и заемного капитала,  $X_5$  — оборачиваемости активов используются данные бухгалтерского баланса предприятия. С этой целью на листе “Excel” разрабатывается форма баланса (табл. 2.2), в которую заносятся данные деятельности предприятия за рассматриваемый период (тыс. руб.).

Таблица 2.2

Бухгалтерский баланс					
Наименование показателя	Код	Отчетные периоды			
		31.03.2012	30.06.2012	30.09.2012	31.12.2012
А	В	С	Д	Е	Ф
<b>АКТИВ</b>					
<b>I. ВНЕОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ</b>					
Нематериальные активы	1110				
Результаты исследований и разработок	1120				
Нематериальные поисковые активы	1130				
Материальные поисковые активы	1140				
Основные средства	1150	1491	1451	1411	1357
Доходные вложения в материальные ценности	1160				
Финансовые вложения	1170	3496	4496	4527	4543
Отложенные налоговые активы	1180				
Прочие внеоборотные активы	1190				
Итого по разделу I	1100	4987	5947	5938	5900
<b>II. ОБОРОТНЫЕ АКТИВЫ</b>					
Запасы	1210	9814	12453	12019	7251
Налог на добавленную стоимость по приобретенным ценностям	1220	356	1354	338	1484

<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>	<b>Д</b>	<b>Е</b>	<b>Ф</b>
Дебиторская задолженность	1230	10293	5450	8316	4224
Финансовые вложения (за исключением денежных эквивалентов)	1240				
Денежные средства и денежные эквиваленты	1250	6127	8171	10266	4828
Прочие оборотные активы	1260				
Итого по разделу II	1200	26590	27428	30939	17787
<b>БАЛАНС</b>	1600	31577	33375	36877	23687
<b>ПАССИВ</b>					
<b>III. КАПИТАЛ И РЕЗЕРВЫ</b>					
Уставный капитал (складочный капитал, уставный фонд, вклады товарищей)	1310	7000	7000	7000	7000
Собственные акции, выкупленные у акционеров	1320				
Переоценка внеоборотных активов	1340				
Добавочный капитал (без переоценки)	1350	15	15	15	15
Резервный капитал	1360	85	13	13	13
Нераспределенная прибыль (непокрытый убыток)	1370	2017	1583	2973	3022
Итого по разделу III	1300	9117	8611	10001	10050
<b>IV. ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>					
Заемные средства	1410				
Отложенные налоговые обязательства	1420				
Оценочные обязательства	1430				
Прочие обязательства	1450				
Итого по разделу IV	1400				
<b>V. КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>	1510				
Заемные средства					
Кредиторская задолженность	1520	22172	23333	26876	13637
Доходы будущих периодов	1530				
Оценочные обязательства	1540				
Прочие обязательства	1550	288	1431		
Итого по разделу V	1500	22460	24764	26876	13637
<b>БАЛАНС</b>	1700	31577	33375	36877	23687

Отчет о прибылях и убытках					
Наименование показателя	Код	31.03.2012	30.06.2012	30.09.2012	31.12.2012
Выручка	2110	35274	40262	20240	32193
Себестоимость продаж	2120	14674	29662	18990	30493
Валовая прибыль (убыток)	2100	20600	10600	1250	1700
Коммерческие расходы	2210				
Управленческие расходы	2220				
Прибыль (убыток) от продаж	2200	20600	10600	1250	1700
Доходы от участия в других организациях	2310				
Проценты к получению	2320				
Проценты к уплате	2330				
Прочие доходы	2340				
Прочие расходы	2350				
Прибыль (убыток) до налогообложения	2300	20878	10575	1321	1726
Текущий налог на прибыль	2410	211	137	318	414
в т.ч. постоянные налоговые обязательства (активы)	2421				
Изменение отложенных налоговых обязательств	2430				
Изменение отложенных налоговых активов	2450				
Прочее	2460				
Чистая прибыль (убыток)	2400	20667	10438	1003	1312

**Решение.** Результаты расчетов приведены в табл. 2.3 и 2.4.

Таблица 2.3

A	B	C	D	E	F	G
8	Оценка вероятности банкротства на основе модели Альтмана					
9	№ стр	Показатели	31.03.2012	30.06.2012	30.09.2012	31.12.2012
10	1	Доля оборотного капитала в общей сумме активов (X1)	0,130791399	0,079820225	0,110177075	0,175201587

<b>11</b>	<b>2</b>	Уровень рентабельности (X2*)	0,654495361	0,312749064	0,027198525	0,055389032
<b>12</b>	<b>3</b>	Уровень доходности активов (X3*)	0,652373563	0,317602996	0,033896467	0,071769325
<b>13</b>	<b>4</b>	Коэффициент соотношения собственных и заемных средств (X4)	0,405921638	0,3477225	0,372116386	0,736965608
<b>14</b>	<b>5</b>	Оборачиваемость активов (X5)	1,117078887	1,20635206	0,548851588	1,359099928
<b>15</b>	<b>6</b>	Значение Z	<b>4,5867</b>	<b>3,5999</b>	<b>1,3287</b>	<b>3,0055</b>
<b>16</b>	<b>7</b>	Значение вероятностей банкротства предприятия Р	<b>0,24</b>	<b>0,41</b>	<b>0,88</b>	<b>0,54</b>

Таблица 2.4

	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>
29	<b>Z</b>	<b>Pi</b>	<b>Cni</b>	<b>Cni*Pi</b>	
30	0	1,03	30815,85	30815,85	491459537
31	1	0,93	24097,33	22494,86	222839631
32	2	0,76	17378,82	13131,44	57611080
33	3	0,54	10660,31	5770,43	2194212,3
34	4	0,34	3941,80	1329,96	7469527,1
35	5	0,19	-2776,71	-529,52	24886380
36	6	0,15	-9495,22	-1405,29	48712512

37	7	0,26	-16213,73	-2432,06	92708070
38	Среднее значение налогового отчисления			<b>8646,96</b>	947880948
39	Среднее квадратическое отклонение ошибки				<b>3848,46</b>
40	Абсолютное значение налогового потенциала				<b>20192,3</b>
41	Относительное значение налогового потенциала				1

**Порядок вычисления некоторых показателей** следующий:

1. Значения соответствующих коэффициентов в ячейках D,E,F,G 10-14, (табл. 2.3) вычисляются так:

$$X1 = (\text{Баланс!D67} - \text{Баланс!D112}) / \text{Баланс!D68}$$

$$X2 = \text{Баланс!D140} / \text{Баланс!D68}$$

$$X3 = \text{Баланс!D124} / \text{Баланс!D68}$$

$$X4 = \text{Баланс!D85} / (\text{Баланс!D92} + \text{Баланс!D112})$$

$$X5 = \text{Баланс!D119} / \text{Баланс!D68}$$

$$Z = 1,2 * D10 + 1,4 * D11 + 3,3 * D12 + 0,6 * D13 + D14.$$

Значение вероятностей банкротства предприятий определяется по аналитической зависимости, приведенной на рис. 2.5.

2. Значение  $C_{H_i}$  в ячейках H30:H37 (табл. 2.4) вычисляются по формулам:

$$= (-F30 + \$D\$15) / (1,4 / \text{Баланс!D\$68} + 3,3 / \text{Баланс!D\$68})$$

3. В ячейке I38 вычисляется среднее значение налогового потенциала = СУММ(I30:I37)/8.

4. В ячейке J39 — среднее квадратическое отклонение ошибки определения величины налогового потенциала  $J39 = \text{КОРЕНЬ}(J38) / n$ , а в ячейке J38 — дисперсия этой ошибки.

5. Абсолютное значение налогового потенциала вычисляется в ячейке J40 = I38 + 3 \* J39

6. Относительное значение налогового потенциала вычисляется в ячейке J41 как отношение абсолютного значения налогового потенциала предприятия к абсолютному значению налогового потенциала предприятия, принятого за эталон. В данном случае за эталон принято рассматриваемое в примере предприятие.

## 6.5. Факторный анализ финансовой устойчивости при использовании ординальной шкалы

### 6.5.1. Собственный капитал и факторный анализ финансовой устойчивости

**Ординальные шкалы (шкалы порядка).** Порядковые переменные позволяют ранжировать (упорядочить) объекты, указав, какие из них в большей или меньшей степени обладают качеством, выраженным данной переменной. Однако они не позволяют определить, на сколько больше или на сколько меньше.

**Факторный анализ финансовой устойчивости** предполагает построение такой цепочки показателей, на основании которой можно судить о финансово-экономическом состоянии предприятия. Для этого собственный капитал предприятия раскладывается на отдельные элементы, каждый из которых может оказывать определенное влияние на результирующий показатель:

$$\frac{СК}{И} = \frac{СК}{И_{дф}} \cdot \frac{И_{дф}}{ЗК} \cdot \frac{ЗК}{И} = \frac{СК}{И_{ндф}} \cdot \frac{И_{ндф}}{И},$$

где СК, ЗК — собственный и заемный капитал предприятия капитал предприятия;

И — имущество предприятия;

$И_{дф}$  — имущество предприятия в денежной форме;

$И_{ндф}$  — имущество предприятия в неденежной форме.

Следует отметить, что данная цепочка показателей может составляться для анализа статистики и динамики. Подставляя в эту формулу данные только на начало или только на конец отчетного периода, а также их приростные значения, будем получать характеристику *собственной составляющей имущества на тот или иной период времени*.

Важность собственной составляющей имущества объясняется тем, что данное соотношение объективно характеризует достигнутый экономический потенциал для дальнейшего развития, что при прочих равных условиях дает оценку и индикатору

абсолютной платежеспособности предприятия, и финансовому рычагу как в структуре капитала, так и в структуре активов.

Исходные данные для факторного анализа финансовой устойчивости (в тыс. руб.) могут быть представлены в виде табл. 2.5.

Таблица 2.5

Показатели	На начало периода	На конец периода	Приращение показателя	Темп роста
<b>И</b>	4784,2	164450	11660,8	3,437
<b>И<sub>ндф</sub></b>	3334,1	14441,9	11107,8	4,331
<b>И<sub>дф</sub></b>	1450,1	2003,1	553	1,381
<b>СК</b>	1558,1	6974,3	5416,2	4,476
<b>ЗК</b>	3226	9470,7	6244,6	2,936
$\frac{СК}{И}$	0,325	0,424	0,10	-
$\frac{СК}{И_{дф}}$	10,74	3,482	2,41	-
$\frac{И_{дф}}{ЗК}$	0,449	0,211	-0,24	-
$\frac{ЗК}{И}$	0,675	0,06	-0,10	-
$\frac{СК}{И_{ндф}}$	0,467	0,483	0,02	-
$\frac{И_{ндф}}{И}$	0,697	0,878	0,18	-
$\frac{ЗК}{СК}$	2,071	1,358	-0,71	-
$\frac{И_{дф}}{И_{ндф}}$	0,435	1,139	-0,30	-

Результаты анализа финансовой устойчивости, показыва-  
ют, что финансовый рычаг в структуре капитала значительно  
превышает финансовый рычаг в структуре активов.

### 6.5.2. Определение тенденции экономического роста

Рост собственного капитала полностью зависит от темпов  
изменения одноименных показателей ( $T$ ), каждый из которых  
занимает строго определенное место (ранг):

$$T_{СК} > T_{И_{дф}} > T_{И} > T_{И_{ндф}} > T_{ЗК},$$

где  $T_{СК}$ ,  $T_{ЗК}$ ,  $T_{И}$ ,  $T_{И_{дф}}$ ,  $T_{И_{ндф}}$  — темпы роста собственного и заемного капитала, а также имущества в денежной и неденежной формах.

Такое расположение темпов роста объясняется тем, что:

1) все имущество должно развиваться наибольшими темпами по сравнению с заемным капиталом, но не так быстро, как собственный капитал:

$$T_{СК} > T_{И} > T_{ЗК};$$

2) темпы роста имущества в денежной форме должны опережать в своем развитии все экономические активы, которые, в свою очередь, должны опережать темпы роста имущества в неденежной форме:  $T_{И_{дф}} > T_{И} > T_{И_{ндф}}$ ;

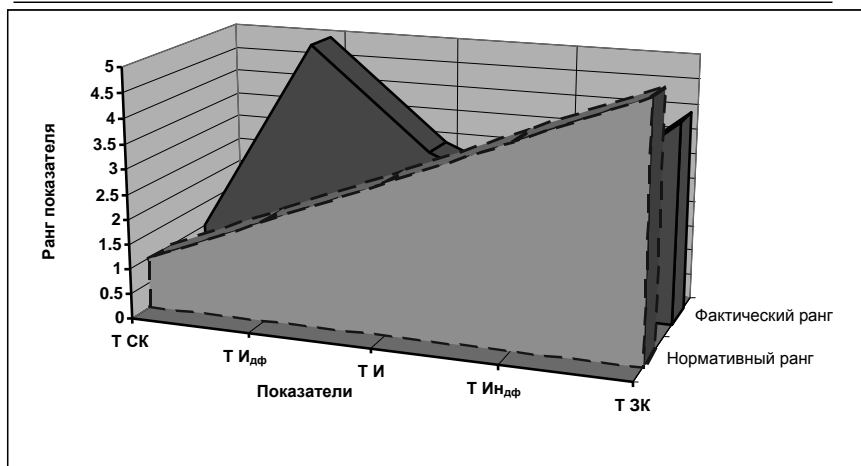
3) для достижения абсолютной платежеспособности должно соблюдаться довольно строгое ограничение:  $T_{СК} > T_{И_{ндф}}$  или  $T_{И_{дф}} > T_{ЗК}$ .

Приведенная цепочка представляет собой нормативную последовательность показателей, каждый из которых имеет свой нормативный ранг, при этом наибольший ранг (1) присваивается собственному капиталу, а наименьший ранг (5) — заемному капиталу. В свою очередь, подставив фактические значения темпов (см. табл. 2.5), можно оценить по ним и фактические ранги, присвоив наибольшему темпу наибольший ранг (1), а наименьшему темпу — наименьший ранг (5):

нормативный темп	$T_{СК} > T_{И_{дф}} > T_{И} > T_{И_{ндф}} > T_{ЗК}$				
нормативный ранг	1	2	3	4	5
фактический темп	4,476	1,381	3,437	4,331	2,936
фактический ранг	1	5	3	2	4

Для удобства сравнения нормативных рангов с фактическими можно построить график (рис. 2.6) нормативных и фактических рангов показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия.





**Рис. 2.6.** Нормативные и фактические ранги показателей

## Глава 7. Анализ информационных ресурсов

### 7.1. Информационный ресурс — сложная система

**Информационные ресурсы** — в широком смысле совокупность данных, организованных для эффективного получения достоверной информации.

Информационные ресурсы — по законодательству РФ, отдельные документы и отдельные массивы документов, документы и массивы документов в информационных системах: библиотеках, архивах, фондах, банках данных, других видах информационных систем.

К информационным ресурсам, которые касаются деятельности организации, относятся:

— оперативная информация о деятельности организации (продукция, потребители, поставщики, персонал, оснащение);

---

— общая внешняя информация (правовые акты, стандарты, общая информация из области деятельности предприятия, Интернет).

***Признаки классификации информационного ресурса:***

- цели и задачи формирования и использования информационного ресурса;
- сфера деятельности, обеспечиваемая данным информационным ресурсом;
- носитель информационного ресурса;
- способ формирования информационного ресурса;
- источники информации, используемые при формировании информационного ресурса;
- способ хранения информационного ресурса;
- способы преобразования и прогнозирования информации.

Анализ информационных ресурсов может осуществляться со следующими ***основными целями:***

- формирования мероприятий для повышения качества информационного ресурса;
- формирования вариантов деятельности в интересах выработки и принятия управленческих решений;
- принятия решений при проведении сложных экспертиз;
- планирования деятельности предприятий(хозяйствующих субъектов).

Информационный ресурс экономической сферы включает следующие ***основные блоки:***

- производственной информации;
- информации сферы обеспечения производства;
- информации сферы управления производством;
- информации о состоянии предприятий поставщиков и смежников;
- информации о состоянии предприятий конкурентов;
- информации о состоянии рынка и спросе товаров и услуг;
- информации макроэкономической сферы;

---

- информации о состоянии политической, социальной и других сфер.

Для определения качества информационных ресурсов необходимо иметь установленные или предполагаемые требования к ним.

К информационному ресурсу предъявляются следующие **требования**:

- информационный ресурс должен обладать следующими свойствами: доступностью, достоверностью, достаточностью, защищенностью, востребованностью;

- использование информационного ресурса должно обеспечить его результативность, эффективность;

- необходимо наличие средств сохранения информации, обеспечивающие ее точность и аккуратность;

- каждый сотрудник должен иметь возможность своевременно получить всю информацию, необходимую для успешной работы;

- необходимо наличие управления информацией как на электронных, так и на бумажных носителях, а также оснащением для сохранения и обработки информации;

- организация должна изучать и учитывать пожелание персонала относительно обеспечения информационными ресурсами;

- необходимо наличие в организации ответственного за проектирование структуры данных с использованием необходимых технических и программных средств;

- для разных видов информации должны быть определенные источники ее поступления, механизмы сохранения, актуализации и доступа к ней;

- должны быть средства распространения информации среди всех заинтересованных сторон;

- должны быть предусмотрены регулярные проверки актуализации информации;

- необходимо наличие планов развития системы вычислительной техники и программного обеспечения;

---

• необходимо наличие систематических проверок эффективности использования информационного ресурса.

Информационный ресурс имеет следующее **системное представление**

1. Информационный ресурс — сложная система.

2. Цели, задачи и способы формирования и использования информационного ресурса.

3. Объем информационного ресурса его состав и структура, размещение.

4. Показатели информационного ресурса:

• пространственные показатели информационного ресурса;

• временные показатели информационного ресурса;

• функциональные показатели информационного ресурса;

• финансово-экономические показатели информационного ресурса;

• показатели качества информационного ресурса;

• технологические показатели информационного ресурса;

• эргономические показатели информационного ресурса;

• процессные показатели информационного ресурса;

• показатели качества взаимодействия и управления.

5. Показатели качества функционирования систем (подсистем), которые обеспечиваются данными информационными ресурсами.

6. Формирование потребных показателей информационного ресурса.

7. Анализ факторов, влияющих на достижение показателями информационных ресурсов потребных значений.

8. Формулирование частных и общих выводов по результатам анализа информационного ресурса.

9. Принятие решения по созданию рациональной системы информационных ресурсов (состав, структура, размещение, сбор, обработка, хранение, прогнозирование и выдача информации).

---

## **7.2. Методика анализа информационного ресурса**

### **7.2.1. Общие положения методики анализа информационного ресурса**

Анализ информационного ресурса предприятия должен проводиться в такой последовательности:

- 1) определение целей и задач анализа информационного ресурса;
- 2) изучение состава и свойств информационного ресурса;
- 3) определение результативности и эффективности использования информационного ресурса.

#### ***Определение целей и задач анализа информационного ресурса***

Анализ информационного ресурса предприятия должен быть направлен на решение проблем, связанных с результативностью и эффективностью использования информационных ресурсов.

В качестве проблем использования информационных ресурсов могут быть следующие несоответствия установленным требованиям:

- медленная работа Интернета вследствие перегруженности линии связи;
- отсутствие документа в поисковой системе Консультант + вследствие того, что не проводилось обновление базы данных, так как не было назначено ответственное лицо за эту процедуру;
- наличие очереди за технической документацией;
- недоступность технической документации по причинам большого времени обслуживания, отсутствия ключа или пароля к месту нахождения информации по причине болезни ответственного работника;
- потери рабочего времени на поиск нужной информации вследствие отсутствия централизованной справочной службы.

Цели анализа информационного ресурса должны быть направлены на решение первоочередных существенных проблем их использования. Первоочередность проблем определяется с

помощью их ранжирования по значимости и получаемому эффекту от их решения.

Задачи анализа информационного ресурса включают перечень вопросов, которые необходимо решить, и могут включать изучение структуры и свойств информационного ресурса, определение его результативности и эффективности.

### ***Изучение состава и свойств информационного ресурса***

- Определение состава информационного ресурса (Интернет, справочные системы: Консультант + 3000, Гарант; сотрудник-консультант, преподаватель, базы знаний, базы данных, нормативная и правовая документация, библиотека).

- Определение носителей информации (электронные, бумажные носители и человек как информационный ресурс).

- Определение потребителей информационного ресурса (потребителями информационного ресурса могут быть сотрудники и накопители информации).

- Изучение средств (в том числе вычислительной техники, программного обеспечения) осуществления процесса сбора, регистрации, обработки, хранения, передачи информации потребителю.

- Определение свойств информационного ресурса (доступность по времени, месту нахождения, стилю изложения информации, языку; достоверность, достаточность).

- Определение способов распространения информации (электронная почта, механические ячейки для хранения информации, электронные базы данных общего пользования, телефон, курьер).

### ***Определение результативности и эффективности использования информационного ресурса***

- Насколько управление распространяется на все виды информационного ресурса.

- Как организация определяет потребности в информации.

- Какая результативность методов распространения информации среди заинтересованных сторон.

- Насколько эффективна сохранность информации.

- 
- Установлена ли ответственность за сохранность информации.
  - Организован ли доступ к информации.
  - Организована ли актуализация информации.
  - Степень обеспеченности работника информацией, необходимой для его работы.
  - Насколько систематически выполняется управление информацией, а не является набором отдельных инициатив.
  - Динамика улучшения управления информационным ресурсом.

### **7.2.2. Алгоритм анализа информационного ресурса**

Алгоритм анализа информационного ресурса формируется путем поиска ответов на вопросы в следующем порядке:

- С какой целью сформирован информационный ресурс и какие задачи решаются с использованием этого ресурса.
- Какие источники данных использовались при формировании информационного ресурса.
- Какова надежность этих источников данных.
- Каковы оценки показателей информационного ресурса.

Всю информацию, необходимую для системного анализа, можно разделить на определенные группы. Данные группы включают в себя большие массивы информации, которые не только поступают из различных источников и могут быть сформированы несколькими способами, но и являются необходимыми на различных этапах разработки модели для системного анализа. Так, информация, необходимая для построения модели предприятия, может быть финансовой, аналитической, производственной (технической), маркетинговой.

### **7.2.3. Методика проведения анализа информационных порталов**

В последнее время все больше внимания при проектировании, создании и сопровождении информационных порталов уделяется вопросам, связанным с обеспечением качества. Современное понятие качества информационных порталов определяется совокупностью большого числа объективных и

субъективных факторов. Для предупреждения влияния случайных и субъективных факторов на уровень качества необходим системный подход не только к основным процессам жизненного цикла информационного образовательного портала (маркетинг, проектирование, разработка, сопровождение и т. д.), но и к процессам и процедурам мониторинга и оценки качества.

Адекватная и эффективная оценка качества информационных порталов становится все более актуальной научно-исследовательской задачей на современном этапе.

Решение этой задачи предполагает реализацию целого ряда этапов:

- Методологическое осмысление путей решения поставленной задачи по анализу зарубежных информационных ресурсов на информационных порталах и предложение некоторой универсальной методики исследования.

- Обзор ресурсов и создание выборки на предмет исследования, формулирование основных критериев оценки содержания порталов.

- Анализ выбранных ресурсов по предложенным в методике критериям, выработка методики проведения анализа.

- Систематизация и обобщение выбранных ресурсов, построение схем, диаграмм, сравнительных таблиц.

- Выработка рекомендаций по дальнейшей реализации проектов построения системы информационных порталов.

### ***Основные положения методики исследования порталных ресурсов***

Рекомендации по разработке универсальной методики проведения анализа информационных порталов с целью оценки качества предполагают использование трех составляющих:

- 1) объективная информация, сбор и анализ которой может осуществляться в автоматическом режиме: посещаемость отдельных страниц портала, навигация посетителей портала по информационным разделам, индекс популярности отдельных ресурсов и т. п.;



---

2) субъективная информация, полученная в результате экспертных оценок: удобство навигации, скорость загрузки, восприятие цветовой гаммы портала и т. п.

3) объективная и субъективная информация, характеризующая содержательную составляющую портала и возможности работы с ней, т. е. оценка пользовательских предпочтений.

**Создание выборки информационных порталов и интернет-ресурсов** для проведения дальнейшего анализа (оптимальное число исследуемых ресурсов 20–25).

При составлении выборки необходимо учитывать:

- географические аспекты (наличие ресурсов из разных географических зон);
- наличие ресурсов государственных, коммерческих и общественных (некоммерческих) организаций;
- наличие среди исследуемых ресурсов международных информационных порталов и каталогов;
- наличие среди исследуемых ресурсов информационных порталов ведущих учебных заведений (как регионального, так и федерального или государственного масштаба).

По результатам анализа каждый ресурс (портал) может быть охарактеризован с помощью следующих **основных критериев**:

- краткая характеристика ресурса (название ресурса, тип ресурса, краткое описание, год создания, организации-учредители);
- наличие системы персонификации и авторизации (возможные типы пользователей, регистрационные поля);
- распределение ресурсов по категориям (гуманитарные науки, технические и прикладные науки, фундаментальные исследования и т. д.) и предметным областям или предметам (математика, физика, международное право и т. д.);
- соотношение ресурсов для различных уровней образования (наличие классификатора ресурсов по уровням образования: начальное образование, среднее образование, среднее специальное образование, высшее образование, дополнительное образование, а также процентное соотношение ресурсов по каждому уровню образования);

---

— соотношение ресурсов по типам материалов (основные типы ресурсов: on-line-курс, учебный план, тест, кейс, руководство, учебная программа, практикум, статья, мультимедиа-фрагмент и т. д., а также процентное соотношение материалов по каждому типу);

— соотношение платных, частично платных и бесплатных ресурсов, а также условия получения доступа к платным ресурсам;

— наличие дополнительных функций и сервисов в структуре информационного образовательного портала (перечень сервисов, соотношение сервисов и типов пользователей);

— характеристика встроенных методов поиска и организации поисковых запросов, рубрикация информации;

— дополнительная информация.

## **Глава 8. Организация экспертиз сложных систем**

### **8.1. Основы подготовки и проведения сложных экспертиз**

**Экспертиза** (франц, лат. — опытный) — исследование специалистом (экспертом) каких-либо вопросов, решение которых требует специальных познаний в области науки, техники и т. д.). Наиболее часто проводятся планово-экономические, бухгалтерские, трудовые, врачебные, судебные экспертизы. Заключение по экспертизе, как правило, является основанием для принятия серьезных управленческих, организационных и судебных решений.

**Сложная экспертиза** — рассмотрение системы вопросов экспертами для дачи заключения о возможности системы выполнять свои функции.

Сложная экспертиза является одним из видов системного анализа объекта изучения.

Методологической основой подготовки и проведения сложной экспертизы является предметная область (область знаний, описывающая процессы и явления, по которым проводится

экспертиза), общая теория систем и системный анализ, общая теория управления нормативно-правовые акты.

Известно несколько направлений в организации экспертиз.

*Первое направление* обеспечивает экспертизу необходимым объемом знаний законов, закономерностей, принципов, правил, приемов и способов деятельности (административной, хозяйственной, производственной и др.). Например, финансовую проверку обеспечивает финансовый менеджмент и бухгалтерский учет.

*Второе направление* обеспечивает экспертизу необходимым объемом знаний законов, закономерностей, принципов, правил, приемов и способов конструирования экспертизы, рассматривая ее как сложную систему.

*Третье направление* обеспечивает экспертизу необходимым объемом знаний законов, закономерностей, принципов, правил, приемов и способов управления при подготовке и проведении экспертизы.

*Четвертое направление* обеспечивает экспертизу необходимым объемом нормативно-правовых актов для выбора критериев промежуточных и конечных оценок экспертизы.

Экспертиза используется при проведении ***следующих мероприятий***:

- различного рода ревизий (предприятий торговли, предприятий общественного питания, служб снабжения и сбыта и т. д.);
- различного рода проверок (аудиторская, финансовая, налоговая, административно-хозяйственной деятельности, жилищных условий граждан, видов производственной деятельности, инспекторская проверка и т. д.);
- оценки различного рода проектов (бизнес-планов, хозяйственных планов, производственных планов, инвестиционных планов, планов развития предприятия и т. д.);
- различного рода расследований (происшествий, аварий и катастроф, судебных расследований, обстоятельств случившегося и т. д.);

---

• экспертизы качества (продукции, процессов, явлений и т. д.).

**Подготовка** к проведению экспертизы осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом:

1. Получение задачи на проведение экспертизы.
2. Уяснение целей, задач и времени проведения экспертизы.
3. Изучение объекта экспертизы как системы, формирование частных и общих выводов по порядку организации и проведения экспертизы.
4. Формирование группы специалистов для проведения экспертизы и разработка календарного плана работы при проведении экспертизы.
5. Проведение служебного совещания с участниками проведения экспертизы и постановка задач каждому из участников.
6. Предварительное изучение материалов и подбор методов и ресурсов для решения каждой из задач экспертизы.
7. Работа экспертов по решению частных задач экспертизы:
  - оценка ситуации и формирование частных и общих выводов;
  - выявление проблем и определение путей их решения;
  - моделирование и оценка эффективности процесса;
  - формулирование предложений по решению частных задач.
8. Заслушивание результатов решения частных задач экспертизы.
9. Формулирование общих выводов по проведению экспертизы, при необходимости принятие решения на повторное проведение работ по решению частных задач экспертизы.
10. Анализ результатов проведения экспертизы.
11. Принятие решения по результатам экспертизы и оформление отчетных документов.

Рассмотрим **сущность и содержание** основных элементов приведенного выше алгоритма:

---

1. Уяснение целей, задач и времени проведения экспертизы. Проводится в соответствии с общими положениями системного анализа.

2. Изучение объекта экспертизы как системы, формирование частных и общих выводов по порядку организации и проведения экспертизы. Проводится в соответствии с общим алгоритмом анализа и синтеза систем. В ходе изучения объекта экспертизы определяются (этот элемент алгоритма реализуется, как правило, лично руководителем экспертизы либо коллективом экспертов под руководством и непосредственным участием руководителя):

- классификация системы, являющейся объектом экспертизы;
- состав, структура, функции, процессы.

Основными результатами изучения объекта экспертизы являются частные и общие выводы по порядку организации и проведения экспертизы. К этим выводам относятся:

- макет результатов проведения экспертизы;
- макет условий проведения экспертизы;
- макет информационных потоков в интересах подготовки и проведения экспертизы;
- блоки (подсистемы) проведения экспертизы;
- состав привлекаемых сил и средств их задачи;
- методы проведения экспертизы;
- календарный (сетевой) план подготовки и проведения экспертизы.

3. Предварительное изучение объекта экспертизы как системы, формирование частных и общих выводов по порядку организации и проведения экспертизы:

- определение целей и задач функционирования объекта экспертизы;
- определение потребного и фактического состояния системы, являющейся объектом экспертизы;
- прогнозирование и формирование схемы процессов, приводящих систему, которая является объектом экспертизы, в конечное состояние;

- 
- оценка факторов, влияющих на ход протекания процессов;
  - разработка причинно-следственной диаграммы.
4. Проведение собственно экспертизы с применением специальных методов предметной области.
  5. Принятие решения по результатам экспертизы.
  6. Оформление документов по результатам экспертизы.

## **8.2. Методы последовательного анализа и их применение при принятии решений по результатам экспертизы<sup>1</sup>**

### **8.2.1. Принятие решения по результатам экспертизы на основе отбраковки неприемлемых вариантов**

Задача формулируется следующим образом. Пусть  $X$  — случайная величина, которая может принимать только два значения: 0 и 1, и  $P$  — неизвестная вероятность того, что  $X$  принимает значение 1 ( $p$  — относительное число дефектных вариантов (изделий) в партии). Требуется проверить гипотезу  $H_0$  о том, что  $P$  не превышает некоторой заданной величины  $P^1$ .

При  $p \leq p^1$  вариант (партия) принимается, при  $p > p^1$  вариант (партия) не принимается. При этом вероятность забраковать партию не должна превышать величины  $\alpha$ , вероятность принять партию не должна превышать  $\beta$ .

#### **Порядок решения**

1. Определяются значения приемочного ( $a_m$ ) и браковочного ( $r_m$ ) чисел

---

<sup>1</sup> Последовательный анализ — метод проверки статистических гипотез, разработанный А. Вальцом, Дж. Вольфовитцем, Г. Робинсом, когда после осуществления каждого наблюдения принимается решение либо принять проверяемую гипотезу, либо отвергнуть, либо продолжить испытания.

$$a_m = \frac{\ln \frac{\beta}{1 - \alpha}}{\ln \frac{p_1}{p_0} - \ln \frac{1 - p_1}{1 - p_0}} + m \frac{\ln \frac{1 - p_0}{1 - p_1}}{\ln \frac{p_1}{p_0} - \ln \frac{1 - p_1}{1 - p_0}}$$

$$r_m = \frac{\ln \frac{1 - \beta}{\alpha}}{\ln \frac{p_1}{p_0} - \ln \frac{1 - p_1}{1 - p_0}} + m \frac{\ln \frac{1 - p_0}{1 - p_1}}{\ln \frac{p_1}{p_0} - \ln \frac{1 - p_1}{1 - p_0}}$$

где  $p_0$  — вероятность допустимого принятия решения о том, что выпуск продукции целесообразен при браковке более  $\beta$  % изделий;

$p_1$  — вероятность допустимого принятия решения о том, что выпуск продукции нецелесообразен при браковке менее  $\alpha$  % изделий.

Значения этих вероятностей, а также допустимых значений показателей браковки задаются органом управления, осуществляющим экспертизу при приемке продукции.

2. На  $m$ -м испытании (проверке качества выпускаемой продукции) вычисляется число дефектных изделий

$$d_m = \sum_{i=1}^m X_i$$

и проверяется условие  $a_m < d_m < r_m$ :

— если  $a_m < d_m < r_m$  — испытание (производство) продолжается;

— если  $d_m \geq r_m$  — партия бракуется;

— если  $d_m \leq a_m$  — партия принимается.

**Пример.** Проверить целесообразность выпуска продукции. Выпуск продукции считать целесообразным, если в контрольной партии будет забраковано не более 20%. Пусть с вероятностью 0,02 допустимо принятие решения о том, что выпуск продукции целесообразен, хотя будет забраковано более 30% изделий, и с вероятностью менее 0,03 также допустимо принятие решения о

том, что выпуск продукции нецелесообразен, хотя забраковано менее 10% изделий. Задачу решить в редакторе “Excel”.

**Решение.**

1. Подготавливается и заполняется таблица (рис. 2.7).
2. Строится график приемки продукции (рис. 2.8).
3. Делается вывод о приемке или браковке партии. Для условий данного примера партия *бракуется*, на 17-м испытании кривая испытаний достигла значений браковочных чисел. При этом из 17 было забраковано пять изделий.

### **8.2.2. Экспертиза по сравнительной оценке эффективности двух систем**

Подобная задача возникает при сравнении эффективности двух систем.

**Математическая формулировка задачи.** На основании двух серий испытаний (серия **а**), и (серия **в**) требуется проверить гипотезу  $p_1 > p_2$  против конкурирующей гипотезы  $p_1 < p_2$ , где  $p_1$  и  $p_2$  — неизвестные вероятности успеха в каждой из серии испытаний. После  $i$ -го испытания фиксируется результат:

$a_i(b_i) = 1$  — в случае успеха;

$a_i(b_i) = 0$  — в противном случае.

В данном последовательном критерии рассматриваются такие пары  $(a_i, b_i)$ , что  $(a_i, b_i) = (1, 0) \vee (0, 1)$ . Число пар  $(1, 0)$  обозначается  $t_1$ , число пар  $(0, 1)$  —  $t_2$ .

Относительное превосходство системы (процесса) № 2 над системой (процессом) № 1 измеряется отношением их показателей эффективности:

$$U = \frac{p_2(1 - p_1)}{p_1(1 - p_2)},$$

где  $U$  — показатель превосходства системы.



G3	▼	А	В	С	Д	Е	Р	Г	И	К	Л
		Количес тво испыт ний	Показатели допустимого риска в приёмке не качественной продукции	Р1	α	β	а	Значение браковочного числа	Число дефектных изделий		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1	1	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,617991865	4,705472629	0		
3	1	2	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,593320306	4,730144188	0		
4	2	2	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,568648747	4,754815747	1		
5	3	3	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,543977188	4,779487306	1		
6	4	4	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,519305629	4,804158865	1		
7	5	5	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,49463407	4,828830424	1		
8	6	6	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,469962511	4,853501983	1		
9	7	7	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,445290952	4,878173542	1		
10	8	8	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,420619393	4,902845101	1		
11	9	9	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,395947834	4,92751666	2		
12	10	10	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,371276275	4,952188219	2		
13	11	11	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,346604716	4,976859778	2		
14	12	12	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,321933157	5,001531337	3		
15	13	13	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,297261598	5,026202896	4		
16	14	14	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,272590039	5,050874455	5		
17	15	15	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,247918481	5,075546014	5		
18	16	16	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,223246922	5,100217573	6		
19	17	17	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,198575363	5,124889132	7		
20	18	18	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,173903804	5,149560691	7		
21	19	19	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,149232245	5,17423225	7		
22	20	20	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,124560686	5,198903809			
23	21	21	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,099889127	5,223575368			
24	22	22	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,075217568	5,248246926			
25	23	23	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,050546009	5,272918485			
26	24	24	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,02587445	5,297590044			
27	25	25	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,001202891	5,322261603			
28	26	26	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,001202891	5,322261603			
29	26	26	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,001202891	5,322261603			
30	26	26	0,02	0,03	0,1	0,3	-2,001202891	5,322261603			

**Рис. 2.7.** Таблица исходных данных

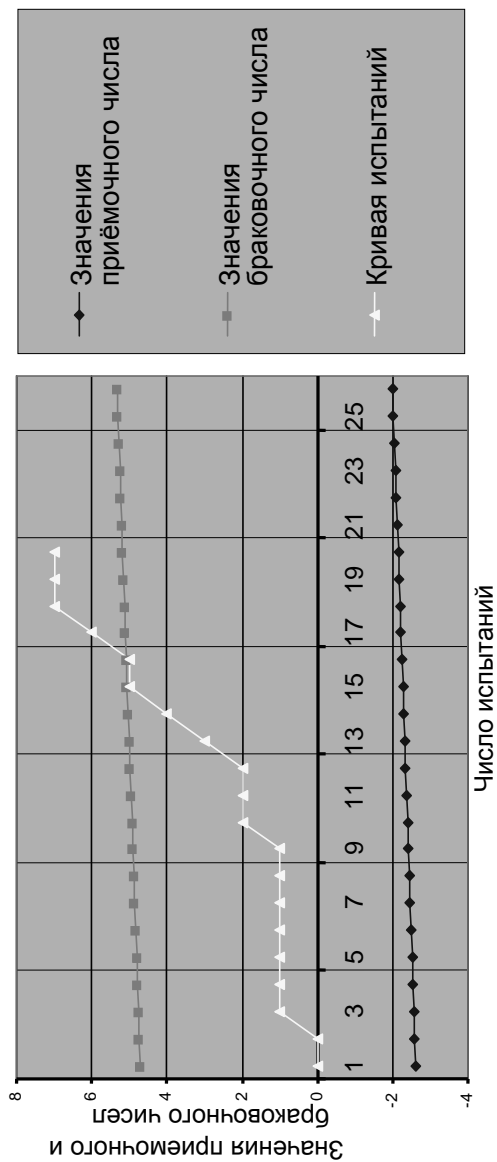


Рис. 2.8. График испытаний при приемке продукции

---

### Методика проведения сравнительной оценки

1. Определяются значения приемочного ( $a_t$ ) и браковочного ( $r_t$ ) чисел:

$$a_t = \frac{\ln \frac{\beta}{1-\alpha}}{\ln u_1 - \ln u_0} + t \frac{\ln \frac{1+u_1}{1+u_0}}{\ln u_1 - \ln u_0};$$
$$r_t = \frac{\ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\ln u_1 - \ln u_0} + t \frac{\ln \frac{1+u_1}{1+u_0}}{\ln u_1 - \ln u_0},$$

где  $t$  — общее число наблюдаемых пар, соответствующее числу испытаний,  $t=t_1+t_2$ ;

$u_0$  — показатель превосходства второй системы над первой;

$u_1$  — показатель превосходства первой системы над второй.

Значения показателей превосходства задаются органом, осуществляющим экспертизу по оценке систем на основе прогнозирования качественных показателей.

2. Проверяется условие  $a_t < t_2 < r_t$  и принимается решение о преимуществе одной системы над другой.

При  $a_t < t_2 < r_t$  испытания продолжаются.

При  $t_2 \leq a_t$  принимается процесс 1.

При  $t_2 \geq r_t$  принимается процесс 2.

**Пример.** Сравнить две системы, выполняющие одинаковые функции. Вероятности выполнения этих функций каждой из систем  $p_1$  и  $p_2$  неизвестны. Оценку произвести на основании эксперимента, проводимого в одинаковых условиях по критерию превосходства одной системы над другой. В ходе проведения эксперимента учесть следующие условия. Отказ от первой системы в пользу второй считается ошибкой, когда значение показателя превосходства менее 1,3. Принятие же второй системы считается ошибкой, если значение показателя превосходства более 3. Заданная величина риска определяется числами  $\alpha = 0,03$  и  $\beta = 0,1$ . Задачу решить в редакторе “Excel”.

#### Решение.

1. Подготавливается и заполняется таблица (рис. 2.9).

---

2. Строится график (рис. 2.10).

3. Делается вывод о превосходстве одной системы над другой. Для условий данного примера принимается система с условным номером 1.

### **8.2.3. Экспертиза качества системы по среднему значению выбранного параметра**

При оценке качества испытываемой системы, а также при приемочном контроле продукции и т. п. возникает задача оценки их эффективности по среднему значению выбранного параметра рассматриваемого процесса, считая, что распределение этого параметра ( $x$ ) подчинено нормальному закону с известной дисперсией  $\sigma^2$  (1-я задача) или закону Пуассона с неизвестным математическим ожиданием (2-я задача).

#### ***Математическая формулировка 1-й задачи.***

Имеется случайная величина  $x$ , распределенная по нормальному закону с плотностью вероятности, характеризуемой значениями  $\theta$  (неизвестное математическое ожидание),  $\sigma^2$  (известная дисперсия).

Требуется проверить гипотезу  $H_0$ , что  $\theta < \theta^1$ , если  $\theta^1$  задано.

Зона предпочтительного принятия состоит из всех  $\theta$ , для которых  $\theta < \theta_0$ , зона предпочтительного отказа включает все  $\theta$ , для которых  $\theta \geq \theta_1$ , и зона безразличия состоит из всех значений  $\theta$  между  $\theta_0$  и  $\theta_1$ .

При этом вероятность браковки партии не должна превышать  $\alpha$ , когда  $\theta < \theta_0$ , а вероятность ее принятия не должна превышать величины  $\beta$ , когда  $\theta \geq \theta_0$ .

Допускаемый риск характеризуется числами  $\theta_0$ ,  $\theta_1$ ,  $\alpha$  и  $\beta$ .

Последовательный критерий, удовлетворяющий требованиям допустимого риска, является критерием проверки гипотезы против конкурирующей гипотезы.

G3											
		▼		F <sub>k</sub> = (LN(1-E3)/D3))/((LN(C3)-LN(B3)))+(A3*(LN((1+C3)/(1+B3)))/(LN(C3)-LN(B3)))							
1	2	A	B	Показатели допустимого превосходства и риска в оценке качества системы		E	F	Значение браковочного числа	G	H	
				U0	U1						
Количество испытаний	t	1	3	0.03	0.1		a		f		
	1	1	1.3	3	0.03	0.1	-2.055300099	-2.055300099	-3.53798379	0	
	2	2	1.3	3	0.03	0.1	-1.393552362	-1.393552362	-2.87623605	0	
	3	3	1.3	3	0.03	0.1	-0.731804624	-0.731804624	-2.21448831	0	
	4	4	1.3	3	0.03	0.1	-0.070056886	-0.070056886	-1.55274057	0	
	5	5	1.3	3	0.03	0.1	0.591690851	0.591690851	-0.89099283	0	
	6	6	1.3	3	0.03	0.1	1.253438589	1.253438589	-0.2292451	1	
	7	7	1.3	3	0.03	0.1	1.915186327	1.915186327	0.432502641	1	
	8	8	1.3	3	0.03	0.1	2.576934065	2.576934065	1.094250378	1	
	9	9	1.3	3	0.03	0.1	3.238681802	3.238681802	1.755998116	2	
	10	10	1.3	3	0.03	0.1	3.90042954	3.90042954	2.417745854	2	
	11	11	1.3	3	0.03	0.1	4.562177278	4.562177278	3.079493592	2	
	12	12	1.3	3	0.03	0.1	5.223925015	5.223925015	3.741241329	2	
	13	13	1.3	3	0.03	0.1	5.885672753	5.885672753	4.402989067	3	
	14	14	1.3	3	0.03	0.1	6.547420491	6.547420491	5.064736805	3	
	15	15	1.3	3	0.03	0.1	7.209168229	7.209168229	5.726484542	3	
	16	16	1.3	3	0.03	0.1	7.870915966	7.870915966	6.388232228	3	
	17	17	1.3	3	0.03	0.1	8.532663704	8.532663704	7.049980018		
	18	18	1.3	3	0.03	0.1	9.194411442	9.194411442	7.711727756		
	19	19	1.3	3	0.03	0.1	9.856159179	9.856159179	8.373475493		
	20	20	1.3	3	0.03	0.1	10.51790692	10.51790692	9.035223231		
	21	21	1.3	3	0.03	0.1	11.17965465	11.17965465	9.696970969		
	22	22	1.3	3	0.03	0.1	11.84140239	11.84140239	10.35871871		
	23	23	1.3	3	0.03	0.1	12.50315013	12.50315013	11.02046644		
	24	24	1.3	3	0.03	0.1	13.16489787	13.16489787	11.68221418		
	25	25	1.3	3	0.03	0.1	13.82664561	13.82664561	12.34396192		

Рис. 2.9. Таблица исходных данных

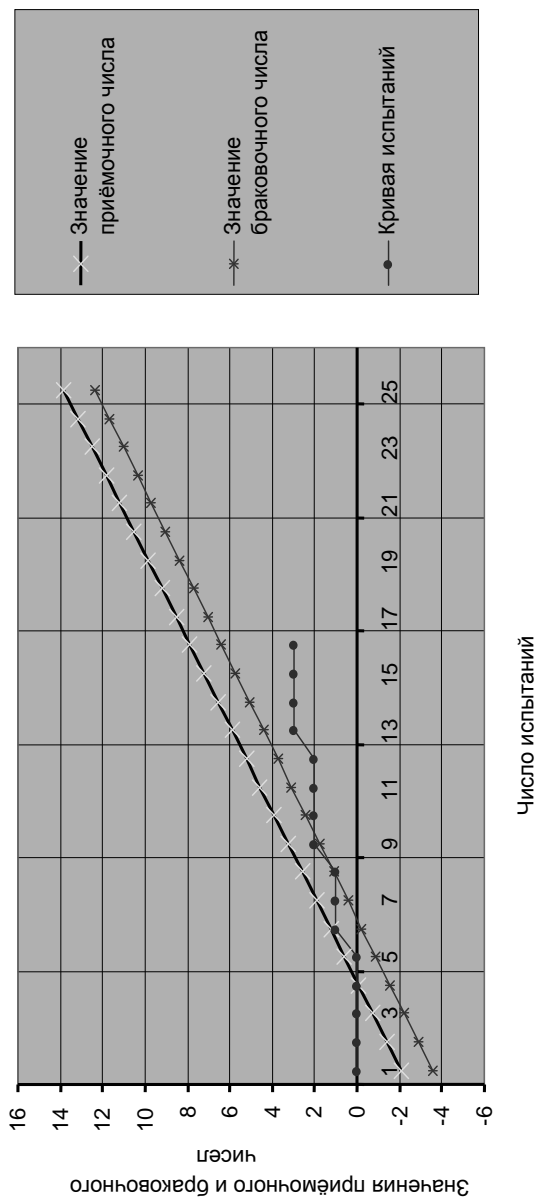


Рис. 2.10. График испытаний при оценке эффективности двух систем

*Методика оценки качества системы по среднему значению выбранного параметра состоит в следующем.*

1. Определяются значения приемочного и браковочного чисел.

$$a_m = \frac{\sigma^2}{\theta_1 - \theta_0} \ln \frac{\beta}{1 - \alpha} + m \frac{\theta_0 + \theta_1}{2};$$

$$r_m = \frac{\sigma^2}{\theta_1 - \theta_0} \ln \frac{1 - \beta}{\alpha} + m \frac{\theta_0 + \theta_1}{2}.$$

2. Проверяются условия и принимается решение о преимуществе одной системы над другой ( $x_m = \sum_{i=1}^m x_i$ ). Если  $x_m \leq a_m$  — принимается гипотеза  $H_0$ , если  $x_m \geq r_m$  — принимается гипотеза  $H_1$ , при  $a_m < x_m < r_m$  — испытания продолжаются.

**Пример.** В заданных условиях проверить соответствие нового комплекса (системы) экологического мониторинга следующим техническим условиям: математическое ожидание дальности обнаружения явлений экологической аномалии, находящейся на расстоянии 145 км, должно быть  $x_0 = 135$  км. Допустимые значения дальности обнаружения при приемке комплекса:  $x_1 = 150$  км. При этом вероятность браковки комплекса не должна превышать  $\alpha = 0,01$ , когда  $x \leq x_0$ , а вероятность принятия комплекса не должна превышать  $\beta = 0,03$ , когда  $x \geq x_1$ . Задачу решить в редакторе “Excel”.

**Решение.**

1. Подготавливается и заполняется таблица (рис. 2.11).
2. Строится график (рис. 2.12).
3. Делается вывод о приемке экологического комплекса.

Для условий данного примера экологический комплекс принимается.

НЗ		А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј
Количество испытаний		Показатели допустимых параметров и риска в выборе системы					Среднее квадратическое отклонение параметра	Значение браковочного числа	Значение браковочного числа	Результаты испытаний	Сумма результатов испытаний
		θ1	θ0	α	β	σ	а	г	г	Х	
1	3	150	135	0.01	0.03	25	-10.6878151	333.1129574	100	100	
2	3	150	135	0.01	0.03	25	124.3121849	475.6129574	120	120	
3	3	150	135	0.01	0.03	25	259.3121849	618.1129574	130	130	
4	3	150	135	0.01	0.03	25	394.3121849	760.6129574	140	140	
5	3	150	135	0.01	0.03	25	529.3121849	903.1129574	120	120	
6	3	150	135	0.01	0.03	25	664.3121849	1045.6129574	100	100	
7	3	150	135	0.01	0.03	25	799.3121849	1188.1129574	160	160	
8	3	150	135	0.01	0.03	25	934.3121849	1330.6129574	150	150	
9	3	150	135	0.01	0.03	25	1069.312185	1473.1129574	130	130	
10	3	150	135	0.01	0.03	25	1204.312185	1615.6129574	140	140	
11	3	150	135	0.01	0.03	25	1339.312185	1758.1129574	180	180	
12	3	150	135	0.01	0.03	25	1474.312185	1900.6129574	70	70	
13	3	150	135	0.01	0.03	25	1609.312185	2043.1129574	134	134	
14	3	150	135	0.01	0.03	25	1744.312185	2185.6129574	159	159	
15	3	150	135	0.01	0.03	25	1879.312185	2328.1129574	164	164	
16	3	150	135	0.01	0.03	25	2014.312185	2470.6129574	120	120	
17	3	150	135	0.01	0.03	25	2149.312185	2613.1129574	150	150	
18	3	150	135	0.01	0.03	25	2284.312185	2755.6129574	180	180	
19	3	150	135	0.01	0.03	25	2419.312185	2898.1129574	160	160	
20	3	150	135	0.01	0.03	25	2554.312185	3040.6129574	132	132	
21	3	150	135	0.01	0.03	25	2689.312185	3183.1129574	186	186	
22	3	150	135	0.01	0.03	25	2824.312185	3325.6129574	190	190	
23	3	150	135	0.01	0.03	25	2959.312185	3468.1129574	80	80	
24	3	150	135	0.01	0.03	25	3094.312185	3610.6129574	92	92	
25	3	150	135	0.01	0.03	25	3229.312185	3753.1129574	165	165	
26	3	150	135	0.01	0.03	25	3364.312185	3895.6129574	154	154	
27	3	150	135	0.01	0.03	25					
28	3	150	135	0.01	0.03	25					

Рис. 2.11. Таблица исходных и расчетных данных



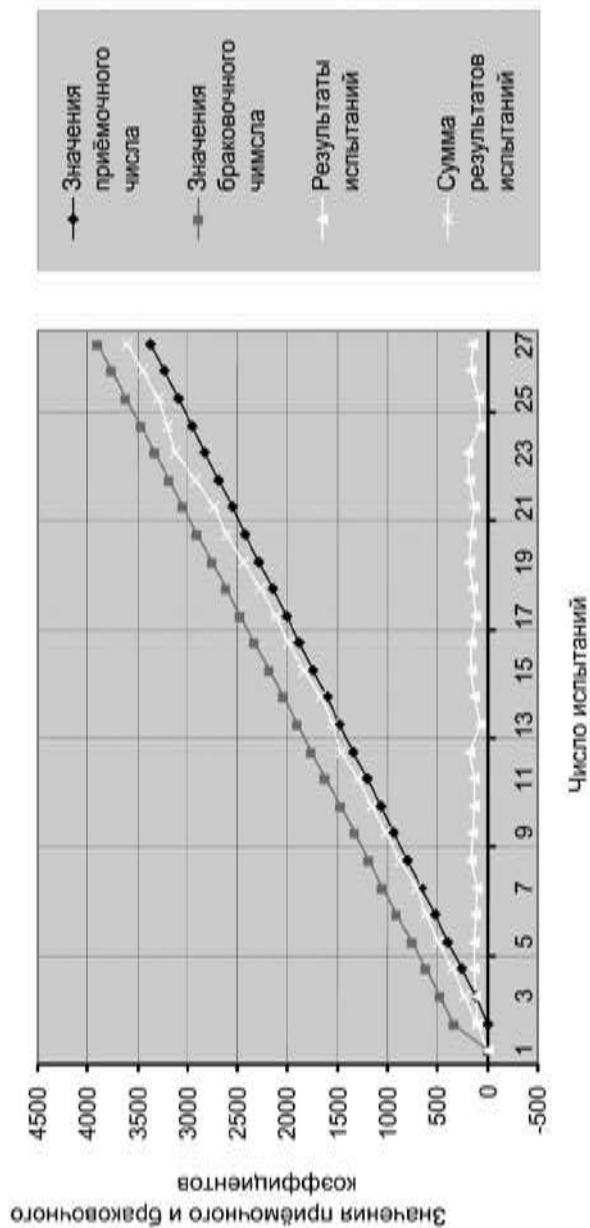


Рис. 2.12. Экспертиза системы по среднему значению выбранного параметра

#### **8.2.4. Экспертиза качества системы по дисперсии выбранного параметра**

Подобная задача возникает в тех случаях, когда процессы, необходимо оценивать по среднему квадратическому отклонению  $\sigma$  выбранного параметра  $x$  (известного или неизвестного) от его среднего значения  $\theta$ . Так, если качество продукции (процесса) считается тем выше, чем меньше  $\sigma$ , то можно определить такую величину  $\sigma'$ , что изделие будет считаться нестандартным, если  $\sigma > \sigma'$  и удовлетворительным (отвечающим техническим требованиям), если  $\sigma \leq \sigma'$ . Так как  $\sigma$  неизвестно, то задача состоит в определении способа проверки гипотезы, что  $\sigma \leq \sigma'$ .

Математическая формулировка задачи. Имеется случайная величина  $x$ , распределенная по нормальному закону. Требуется проверить гипотезу о том, что  $\sigma \leq \sigma'$  при условии, что вероятность классифицировать исследуемую партию изделий как неудовлетворительную не должна превышать величины  $\alpha$ , когда  $\sigma \leq \sigma_0$ , а вероятность признать партию доброкачественной не должна превышать заданной величины  $\beta$ , когда  $\sigma \geq \sigma_1$ . Допускаемый риск определяется числами  $\sigma_0, \sigma_1, \alpha$  и  $\beta$ .

**Методика оценки качества системы по дисперсии выбранного параметра.**

1. Рассчитываются значения приемочного и браковочного чисел:

$$a_m = \frac{2 \ln \frac{\beta}{1-\alpha}}{\frac{1}{\sigma_0^2} - \frac{1}{\sigma_1^2}} + m \frac{\ln \frac{\sigma_1^2}{\sigma_0^2}}{\frac{1}{\sigma_0^2} - \frac{1}{\sigma_1^2}} ;$$
$$r_m = \frac{2 \ln \frac{1-\beta}{\alpha}}{\frac{1}{\sigma_0^2} - \frac{1}{\sigma_1^2}} + m \frac{\ln \frac{\sigma_1^2}{\sigma_0^2}}{\frac{1}{\sigma_0^2} - \frac{1}{\sigma_1^2}} .$$

2. Проверяются условия, и принимается решение о преимуществе одной системы над другой:

- на  $m$ -м испытании вычисляется сумма  $\sum_{i=1}^m (x_i - \theta)^2$ ;

- проверяется условие  $a_m < \sum m < r_m$ ,

если  $\sum m < \alpha_m$  — принимается гипотеза  $H_0$ ;

если  $\sum m > r_m$  — принимается гипотеза  $H_1$ .

**Пример.** Проверить, удовлетворяет ли принимаемая партия промышленной продукции (контрольно-измерительные приборы) требованиям в отношении точности измерения заданного параметра. Предельные значения средних квадратических отклонений ошибок измерения этих параметров и допустимые риски в приемке партии составляют  $\sigma_0 = 1$  м,  $\sigma_1 = 2$  м,  $\alpha = \beta = 0,05$ . Задачу решим в редакторе “Excel”.

**Решение.**

1. Подготавливается и заполняется таблица (рис. 2.13).

2. Строится график (рис. 2.14).

3. Делается вывод о приемке партии промышленной продукции. Для условий данного примера партия промышленной продукции принимается.

### 8.3. Методы экспертных оценок, используемые при проведении сложных экспертиз

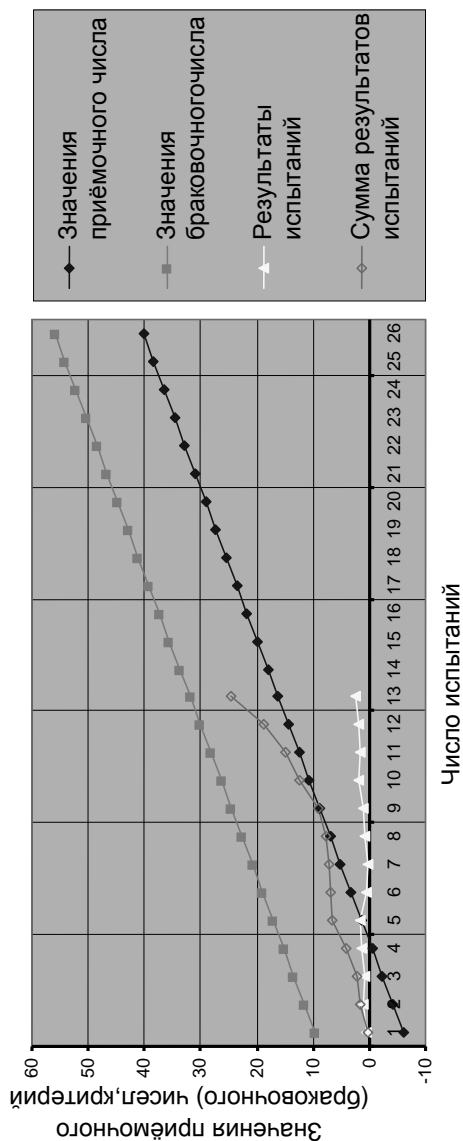
Теория экспертных оценок строится на различных методах организации работы специалистов-экспертов.

Основными методами организации сложных экспертиз являются:

- метод парных сравнений;
- метод ранжировки мнений;
- метод шкальных оценок.

N3		▼		F <sub>к</sub> = 2*LN((1-E3)/(D3))/(1/(C3^2)-1/(B3^2))+A3*(LN(B3^2/C3^2))/(1/(C3^2)-1/(B3^2))		E		F		G		H		I		J		K	
В		С		D		E		F		G		H		I		J		K	
Показатели допустимых параметров и риска в выборе системы		σ0		σ1		β		θ		а		г		X		(x-θ)^2		Сумма результатов испытаний	
1	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	-6.003444796	9.7002298	0.6	0.36	0.36	0.36			0.36	
3	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	-4.155052315	11.548622	1.1	1.21	1.21	1.21			1.57	
4	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	-2.306659833	13.397015	0.8	0.64	0.64	0.64			2.21	
5	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	-0.458267352	15.245407	1.4	1.96	1.96	1.96			4.17	
6	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	1.39012513	17.0938	1.6	2.56	2.56	2.56			6.73	
7	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	3.238517611	18.942192	0.5	0.25	0.25	0.25			6.98	
8	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	5.086910093	20.790585	0.2	0.04	0.04	0.04			7.02	
9	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	6.935302574	22.638977	0.8	0.64	0.64	0.64			7.66	
10	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	8.783695056	24.48737	1.2	1.44	1.44	1.44			9.1	
11	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	10.63208754	26.335762	1.8	3.24	3.24	3.24			12.34	
12	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	12.48048002	28.184155	1.6	2.56	2.56	2.56			14.9	
13	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	14.3288725	30.032547	2	4	4	4			18.9	
14	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	16.17726498	31.88094	2.4	5.76	5.76	5.76			24.66	
15	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	18.02565746	33.729332								
16	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	19.87404994	35.577725								
17	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	21.72244243	37.426117								
18	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	23.57083491	39.274509								
19	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	25.41922739	41.122902								
20	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	27.26761987	42.971294								
21	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	29.11601235	44.819687								
22	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	30.96440483	46.668079								
23	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	32.81279732	48.516472								
24	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	34.6611898	50.364864								
25	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	36.50958228	52.213257								
26	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	38.35797476	54.061649								
27	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0	40.20636724	55.910042								
28	2	1	1	1	1	0.05	0.05	0	0										

Рис. 2.13. Таблица исходных и расчетных данных



**Рис. 2.14.** Определение качества системы по дисперсии параметров

### 8.3.1. Метод парных сравнений

Метод парных сравнений применим для решения очень широкого круга задач, таких как:

- определение относительной важности мероприятий и работ, выполняемых при реализации финансовых, производственных, хозяйственных и других планов;
- определение относительной важности частных критериев и показателей при решении задач финансового, производственного, хозяйственного, анализа;
- решения задач распределения сил и средств;
- определение направления сосредоточения основных усилий при реализации финансовых, производственных, хозяйственных и других планов;
- обоснования бизнес-планов принимаемых в условиях неопределенности и риска;
- проведение различного рода экспертиз (ревизий, проверок, оценки качества продукции и др.).

**Сущность метода** парных сравнений состоит в следующем:

- строится матрица факторов, по которым выполняются экспертные оценки (в качестве примера оценивается четыре фактора);
- устанавливаются правила выставления экспертами оценочных коэффициентов; например, возможны следующие подходы и шкалы оценок, приведенные в табл. 2.6.

Ф а к т о р ы			
$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Phi_3$	$\Phi_4$
$a_{1,1}$	$a_{1,2}$	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$
$a_{2,1}$	$a_{2,2}$	$a_{2,3}$	$a_{2,4}$
$a_{3,1}$	$a_{3,2}$	$a_{3,3}$	$a_{3,4}$
$a_{4,1}$	$a_{4,2}$	$a_{4,3}$	$a_{4,4}$

Матрица симметричная. В ней указывается первичная экспертная информация ( $a_{ij}$ ). Элементы матрицы выше диагонали определяются как  $a_{ji}=1/a_{ij}$ .

Таблица 2.6

Оценочные коэффициенты, $a_{ij}$	Качественная оценка факторов (важности факторов)	К обоснованию качественной оценки факторов
1	Факторы одинаково важны	Оба фактора вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Один фактор немного важнее другого	Один фактор имеет предпочтение по отношению к другому, но это предположение может подвергаться сомнениям
5	Один фактор существенно важнее другого (сильное превосходство)	Существуют веские доказательства, что один фактор важнее другого
7	Один фактор явно важнее другого	Имеются неопровержимые основания один фактор предпочесть другому
9	Один фактор абсолютно важнее другого	Превосходство одного из факторов очевидно без всяких сомнений
2, 4, 6, 8	Значения по промежуточным суждениям	Используется тогда, когда выбор между двумя нечетными числами вызывает затруднения

- определяются методы, средства, время, место и порядок проведения экспертного опроса, осуществляется подготовка необходимой документации для работы экспертов;

- определяется состав экспертов, привлекаемых для проведения экспертизы, и осуществляется постановка им задачи, в которой определяется: цель, задачи, методы, требования к точности результатов, степень ответственности за некачественные данные по результатам опроса;

• организуется работа экспертов, после чего осуществляется обработка результатов экспертного опроса (разрабатывается обобщенная экспертная матрица, элементы которой чаще всего являются средними арифметическими оценочных коэффициентов, указанных каждым экспертом).

**Пример.** Для решения проблем инвестирования трех компаний по производству продуктов питания была создана группа экспертов, одной из задач которой была оценка относительной важности каждой из компаний. В ходе работы эксперты сделали следующие выводы. Компания с условным номером 1 несколько важнее компании с условным номером 2 и существенно важнее компании с условным номером 3. В качестве обобщенных оценочных коэффициентов приняты:  $b_{11}=1$ ;  $b_{12}=3$ ;  $b_{13}=5$ ;  $b_{22}=1$ ;  $b_{23}=2$ ;  $b_{33}=1$ .

Оценить относительную важность компаний с условными номерами 1, 2 и 3. Задачу решить с помощью экспертного метода парных сравнений.

**Решение.**

1. Определяется рабочий вариант экспертной матрицы

$$B = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & 1 & 2 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{2} & 1 \end{vmatrix}.$$

2. На основе итеративной вычислительной схемы определяются искомые векторы абсолютных относительных важностей предприятий.

*Первая итерация*

$$W = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 5 \cdot 1 \\ 1/3 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 1 \\ 1/5 \cdot 1 + 1/2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 9 \\ 3,33 \\ 1,7 \end{vmatrix}.$$

$$W_1 = \{9/14,3; 3,33/14,03; 1,7/14,03\} = \{0,64; 0,24; 0,12\}.$$



## Вторая итерация

$$W = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 9 \\ 3,33 \\ 1,7 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 \cdot 9 & 3 \cdot 3,33 & + 5 \cdot 1,7 \\ 1/3 \cdot 9 + 1 \cdot 3,33 & + 2 \cdot 1,7 \\ 1/5 \cdot 9 + 1/2 \cdot 3,33 & + 1 \cdot 1,7 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 27,49 \\ 9,73 \\ 5,17 \end{vmatrix}.$$

$$W_2 = \{27,49/42,39 ; 9,73/42,39; 5,17/42,39\} = \{0,65; 0,23; 0,12\}.$$

Сравнение результатов первой и второй итерации показывают, что они с достаточной для практики точностью совпадают. При третьей итерации они совпадут с точностью до второго знака. Это дает основание ограничиться в расчетах второй итерацией.

### 8.3.2. Метод ранжировки мнений

Для ранжировки мнений может быть подготовлена и использована следующая таблица (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Предмет экспертизы	Условный номер эксперта							Ранг оценки	Относительная важность оценки
	1	2	3	4	5	6	7		
I	1	1	1	0				5	0,5
II	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1
III	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IV				1	1		1	3	0,3
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIII						1		1	0,1
IX	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 8.3.3. Метод шкальных оценок

При использовании метода шкальных оценок может быть подготовлена и использована следующая таблица (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Предмет экспертизы	Вопрос, подвергающийся экспертизе	Условный номер эксперта						
		1	2	3	4	5	6	7
I	Произойдет или не произойдет данное событие							
II	Какое событие из перечня событий произойдет	1						
		2						
		3						
		.						
		.						
		.						
		n						
III	Какое событие из полной группы несовместных событий произойдет	1						
		2						
		3						
		.						
		.						
		.						
		n						
IV	Какое значение примет случайная величина дискретного типа	1						
		2						
		3						
		.						
		.						
		.						
		n						
V	Какое значение примет случайная величина непрерывного типа	1						
		2						
		3						
		.						
		.						
		.						
		n						

Предмет экспертизы	Вопрос, подвергающийся экспертизе		Условный номер эксперта						
			1	2	3	4	5	6	7
VI	В какой последовательности произойдут события	1							
		2							
		3							
		.							
		.							
		n							

#### 8.4. Проведение экспертизы на основе построения причинно-следственной диаграммы

Причинно-следственная диаграмма применяется:

- для анализа причинно-следственных связей;
- отображения причинно-следственных связей;
- упрощения решения задачи по цепочке симптом — причина — решение.

Причинно-следственная диаграмма служит средством установления и отображения связей между следствием (например, отклонений характеристик качества) и его потенциальными причинами. Весь массив потенциальных причин разбивается по основным категориям, подкатегориям таким образом, чтобы схема имела вид рыбьего скелета. Поэтому этот способ еще называют диаграммой “рыбий скелет”.

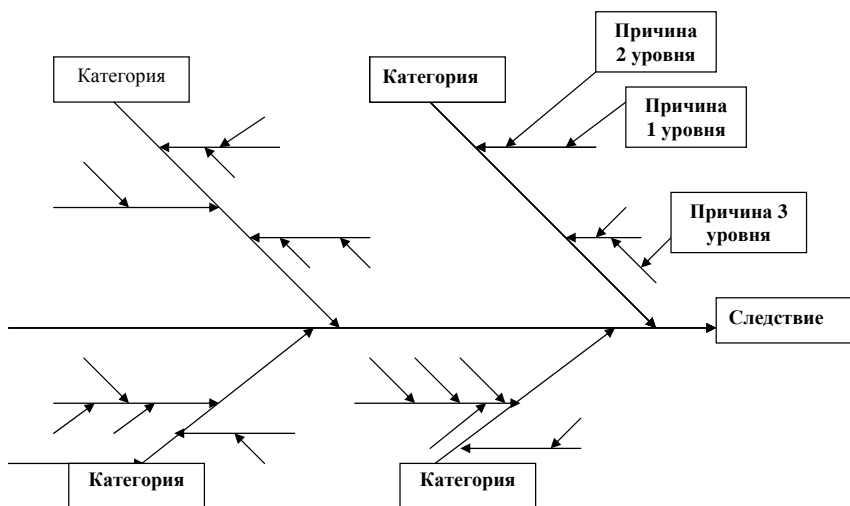
Порядок разработки причинно-следственной диаграммы следующий:

- а) точно и сжато формулируют следствие;
- б) определяют основные категории возможных причин. В число рассматриваемых факторов входят: системы данных и информационные системы, условия окружающей среды; оборудование; материалы; измерения; методы; люди.

в) приступая к построению диаграммы, заносят следствие в прямоугольник справа, а перед ним располагают основные категории причин как входы в этот прямоугольник (рис. 2.15);

г) наращивают диаграмму, продумывая и записывая все причины следующего уровня, и продолжают для уровней более высокого порядка. Хорошо построенная диаграмма не должна иметь ответвлений менее чем с двумя уровнями, а многие ее ответвления должны иметь три уровня и больше (рис. 2.16);

д) отбирают и определяют небольшое число (от 3 до 5) причин высшего уровня, которые, как ожидается, в наибольшей степени влияют на следствие и требуют последующих действий, например, сбора данных, попыток оперативного управления и т. д.



**Рис. 2.15.** Начало построения причинно-следственной диаграммы

**Примечание 1.** Альтернативный метод построения причинно-следственной диаграммы заключается в выявлении путем “мозгового штурма” всех возможных причин с последующим упорядочением их по категориям и подкатегориям при помощи диаграммы объединения по общему признаку.

**Примечание 2.** В ряде случаев может оказаться целесообразным перечисление основных этапов процесса в виде категорий; например, когда протекание технологического процесса является следствием, рассматриваемым с точки зрения воз-

возможности его улучшения. При определении таких этапов часто полезно строить структурную схему.

**Примечание 3.** Построенная диаграмма становится “активным инструментом”, поскольку по мере получения новой информации и новых опытных данных, в нее могут вноситься дальнейшие усовершенствования.

**Примечание 4.** В построении такой диаграммы, как правило, участвует группа специалистов, но ее могут строить и отдельные лица, обладающие достаточным знанием процесса и соответствующим опытом.

На рис. 2.15 (2.16) изображена причинно-следственная диаграмма для анализа причин некачественного изготовления фотокопий.



Рис. 2.16. Вариант причинно-следственной диаграммы

---

## Глава 9. Системный анализ систем и процессов управления

Экономические, социальные и ряд других систем являются системами управляемыми. Конечное состояние этих систем наряду с другими факторами зависит от управляющего воздействия, которое формируется органом управления во главе с руководителем. Руководитель, вырабатывая управляющее воздействие, принимает своего рода решение.

Управление имеет свой жизненный цикл, состоящий из следующих основных этапов: уяснение задач управления системой, оценка ситуации (обстановки), определение проблем, выбор приоритетной проблемы, выяснение причин появления приоритетной проблемы, выбор приоритетной причины, принятие управленческих решений для проведения коррекции, корректирующих деятельности предупреждающих деятельности, чтобы устранить последствия проблемы, ее появление вообще.

Управленческое решение является одним из этапов жизненного цикла управления.

Системный анализ процессов управления предполагает оценку и анализ системности понятий, требований, условий, методов и технологий управления с целью выработки оптимального управляющего воздействия на систему (объект управления).

### 9.1. Основные понятия управленческого решения

**Решение** — результат творческого мышления и форма выражения воли руководителя.

**Управленческое решение** — результат творческого мышления и форма выражения воли руководителя по определению целей, задач, приемов, методов и способов их выполнения, а также реализации функций управления.

**Выработка решения** — процесс целенаправленного преобразования информации о состоянии какого-либо процесса или явления в управляющую информацию, реализация которой изменит ход этого процесса или явления в соответствии с поставленными целями.

---

**Принятие решения** — акт утверждения управляющей информации в качестве документа.

**Вариант деятельности** — совокупность параметров, определяющих суть управляющего воздействия.

**Оптимальный вариант деятельности** — вариант, который в большей степени удовлетворяет выбранному критерию оптимальности. Иногда на практике отождествляют слова “оптимальный” и “рациональный”. Ошибки здесь нет.

**Закон управления.** Для поддержания объекта управления в желаемом состоянии орган управления должен постоянно реагировать на обстановку и вырабатывать управляющее воздействие, учитывающее ее изменение. Правила, в соответствии с которыми вырабатывается управляющее воздействие, являются законом управления.

**Исходной информацией для принятия решения** является:

- управляющая информация вышестоящей инстанции;
- изменения условий функционирования управляемого объекта.

Получив исходную информацию, лицо, принимающее решение, обычно задает себе два **вопроса**:

- что необходимо сделать для того, чтобы управляемый объект привести в желаемое состояние?
- как сформировать управляющее воздействие?

Процесс поиска ответа на эти вопросы — **выработка решения**. В ходе выработки решения осуществляется поиск необходимого (лучшего) варианта деятельности.

К управленческим решениям предъявляются следующие **основные требования**:

- оригинальность решения;
- оптимальность решения;
- своевременность принятия решения;
- организационный характер решения;
- соответствие решения истинным проблемам;
- однозначность толкования содержания решения;
- возможность корректировки решения при минимальных затратах и времени при изменении условий обстановки;

---

- умелое сочетание централизованных и децентрализованных форм управления.

Рассмотрим сущность основных из перечисленных выше требований.

**Оригинальность решения.** Решение считается оригинальным, если в нем учтены следующие основные положения:

- имеются новые, не известные ранее, приемы и способы выполнения задачи;
- предусмотрены меры по введению конкурентов в заблуждение относительно истинных намерений;
- по новому учтены законы, закономерности и принципы управления.

Критерием оригинальности решения является вероятность события, состоящего в том, что введение новых элементов приведет к повышению результатов деятельности.

Величина этого критерия, зависит от количества новых (оригинальных) приемов, способов, условий выполнения задачи, ранее не применяющихся и может быть вычислена по следующей приближенной формуле:

$$P_{\text{ор}} = 1 - \exp [ - (n_{\text{нэ}} \cdot n_o + n_{\text{нэ}} \cdot n_{\text{кр}}) / n_{\text{эр}} ],$$

где  $n_{\text{нэ}}$  — количество новых (оригинальных) элементов решения;

$n_o$  — количество элементов решения, на которые оказывает влияние новый элемент;

$n_{\text{кр}}$  — количество частных критериев, формирующих левую функцию;

$n_{\text{эр}}$  — общее количество элементов решения.

**Оптимальность решения.** Решение считается оптимальным, если в основу его принятия положен оптимальный вариант деятельности, т. е. вариант, при котором выбранный критерий эффективности принимает желаемое значение.

Критерием оптимальности решения является вероятность выбора оптимального варианта деятельности.



Вероятность выбора оптимального варианта деятельности может быть оценена с помощью следующего соотношения:

$$P_{o,p} = 1 - \exp(-\alpha m);$$

$$\alpha = -\ln \left\{ 1 - m_0^{-1} \left[ 2\Phi \left( \frac{\varepsilon}{\sigma_K} \right) \right]^{u-\mu^*} \right\}; \quad m_0 = f(K_{и}, K_{и,о}),$$

где  $\varepsilon$  — максимально допустимое отклонение параметра управления от оптимального значения;

$\sigma_K$  — среднее квадратическое отклонение ошибки в определении параметра управления;

$u$  — количество учитываемых параметров управления;

$\mu^*$  — количество неоптимизируемых параметров управления;

$m_0$  — среднее количество вариантов, которые необходимо просмотреть для выработки решения;

$m$  — количество просмотренных вариантов;

$K_{и}$  — показатель, характеризующий интеллектуальный потенциал и опыт группы лиц, принимающих участие в выработке решения;

$K_{и,о}$  — показатель, характеризующий качество информационного обеспечения процесса выработки решения.

Определим **методические подходы к оценке** каждого из **параметров**, входящих в формулу.

1. Среднее количество вариантов, которые необходимо просмотреть для выработки решения, зависит от его масштаба и объема оцениваемой информации.

Из опыта установлено, что в ходе оценки обстановки на подсознательном уровне может быть отброшено 50–70% заведомо неприемлемых вариантов. При этом для лиц, имеющих большой опыт работы и высокий уровень подготовки, значение этого показателя максимально.

Максимальное число вариантов, которые необходимо просмотреть в зависимости от уровня инстанции, принимающей решение, и типа проблемы, указано в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Инстанция	Тип решаемой проблемы			
	стандартная	хорошо определен- ная	слабо определен- ная	неопреде- ленная
Стратегическое решение	12–14	16–18	30–40	50
Оперативное решение	10–12	14–16	30–35	40–50
Тактическое решение	8–10	12–14	16–20	35–40

2. Количество просмотренных вариантов зависит от времени, необходимого для просмотра одного варианта, наличия средств автоматизации и значения показателя, характеризующего профессиональный уровень коллектива:

$$m = \left\lceil \frac{t_{\text{расп}}}{t_{\text{в}}(1 - K_{\text{А}})} \right\rceil,$$

где  $t_{\text{расп}}$  — располагаемое время на оценку обстановки;  
 $t_{\text{в}}$  — время оценки одного варианта деятельности;  
 $K_{\text{А}}$  — коэффициент снижения времени оценки одного варианта за счет использования средств автоматизации.

3. Максимально допустимое отклонение параметра управления от оптимального значения ( $\varepsilon$ ) и среднее квадратическое отклонение ошибки определения этого параметра ( $\sigma_{\text{К}}$ ) зависит от масштаба принимаемого решения, полноты информации об условиях обстановки, адекватности и формализации процесса, являющегося объектом выработки решений. Анализ соотношения для вычисления значения  $\alpha$  показывает, что значение вероятности принятия оптимального решения зависит не от абсолютных значений параметров  $\varepsilon$  и  $\sigma_{\text{К}}$ , а от их отношения.

Ориентировочные значения отношения  $\varepsilon / \sigma_{\text{К}}$  в зависимости от качества информационного обеспечения и типа решаемой проблемы приведены в табл. 2.10.

Качество информаци- онного обес- печения	Тип решаемой проблемы			
	стандарт- ная	хорошо определенная	слабо определенная	неопреде- ленная
0,9	4	3,5	2	1
0,8	3,5	2,5	1	0,8
0,7	2	2	0,8	0,5
0,5	1	1,8	0,4	0,3
0,3	0,5	0,4	0,2	0,1

**Своевременность принятия решения.** Решение считается своевременным, если изменение наиболее позднего срока его принятия в сторону увеличения не приводит к увеличению продолжительности критического пути всего процесса управления.

Критерием своевременности решения является вероятность принятия решения к установленному сроку:

$$P_t = 0,5 \left\{ 1 - \Phi \left( \frac{t_p}{\sigma_t} - \frac{t_{\text{пот}}}{\sigma_t} \right) \right\},$$

где  $t_p$  — располагаемое время для принятия решения;

$t_{\text{пот}}$  — время, необходимое для принятия решения;

$\sigma_t$  — среднее квадратическое отклонение суммарной ошибки определения необходимого и располагаемого времени для принятия решения.

**Организационный характер решения.** Считается, что решение имеет организационный характер, если каждый его элемент побудит подчиненных к активным действиям и может быть выполнен ими.

Критерием качества удовлетворения данного требования является вероятность того, что все элементы принятого решения будут выполнены (реализованы) подчиненными. Оценивается качественно, с последующим переходом к количественным оценкам. При этом качественных оценки может быть две. Решение имеет организационный характер — это первая оценка, или не

имеет — оценка вторая. Для первой оценки значение вероятности принимается равным 1, а для второй — 0,5.

**Соответствие решения истинным проблемам.** Решение соответствует истинным проблемам, если лицу, его принимающему, в ходе выработки оптимального варианта деятельности удалось правильно сформулировать главную и частные цели, правильно выявить противоречия и проблемы, а также наметить пути их решения. Если решение не соответствует истинным проблемам, то оно не может быть ни оригинальным, ни оптимальным. С целью качественной оценки соответствия решения истинным проблемам целесообразно принять две градации качества: решение соответствует истинным проблемам — количественная оценка 1, решение не соответствует истинным проблемам — количественная оценка 0.

**Однозначность толкования содержания решения.** Суть этого требования состоит в том, чтобы подчиненные однозначно поняли смысл формулировок, определяющих содержание решения.

**Возможность корректировки решения** при минимальных затратах сил и времени. Суть этого требования состоит в том, чтобы руководитель, принявший решение, смог скорректировать его при изменении обстановки (ситуации), появлении новой информации о конкуренте, уточнении намерений проекта (плана) и т. д.

**Умелое сочетание централизованных и децентрализованных форм управления.** Суть этого требования состоит в том, чтобы руководитель, принимающий решение, умело учел возможности нижестоящей и вышестоящей инстанций.

Степень удовлетворения решения таким требованиям, как однозначность толкования содержания, возможность его корректировки, умелое сочетание централизованных и децентрализованных форм управления, количественно оценить так же, как и предыдущих случаях, весьма проблематично.

Решения оценивают сначала качественно, затем переходят к количественным оценкам.

**Решения**, принимаемые в органах управления, могут *классифицироваться по* следующим **основным признакам**:

---

- сфера деятельности органа и объекта управления;
- масштаб принимаемого решения;
- период времени, на который принимаются решения;
- форма и способ деятельности объекта управления;
- количество предметных областей, охватывающих процесс, по которому принимается решение;

- сфера деятельности сил, являющихся объектом управления;

- время деятельности объекта управления;
- форма управляющего воздействия.

Различают решения *политические, экономические, социальные, военные и др.*

По **масштабу** решения классифицируют как *стратегические, оперативные и тактические*:

- стратегические решения принимаются по действиям, в которых достигаются стратегические цели, например, на государственном или отраслевом уровнях;

- оперативные решения принимаются по действиям, в которых достигаются оперативные цели, например на уровне отрасли;

- тактические решения предполагают достижение тактических целей, например на уровне предприятия.

**По времени**, на которое принимается решение, выделяют:

- решение, принятое *на единичное действие*, например на повышение цен, снижение издержек;

- решение, принятое *на период* экономической деятельности.

**По сфере деятельности сил, являющихся объектом управления**, решения подразделяют:

- на решения по применению сил, *непосредственно осуществляющих производство*;

- решения по применению сил и *средств обеспечения*;

- решения по применению сил и *средств управляющих* (по видам обеспечения экономической деятельности и т. д.).

**По времени деятельности сил, являющихся объектом управления**, решения могут быть:

- принимаемые *в стабильной обстановке*;

- 
- принимаемые в экстремальной обстановке.

**По форме управляющего воздействия** существуют решения:

- в форме *письменного распоряжения*;
- в форме *устного распоряжения*;
- в форме *сигналов и команд*.

**По сложности** принимаемые решения могут быть:

- *простыми* — когда решение принимается в рамках одной предметной области или решается один элементарный (частный) вопрос. Например, решается вопрос распределения сил или усилий;

- *сложными* — когда решение принимается в рамках нескольких предметных областей или решается несколько вопросов. Например, решаются вопросы распределения средств по месту, времени, способам применения, порядку управления и т. д.

Анализ приведенной классификации показывает, что она достаточно велика. Очевидно, что выработка и принятие решений, содержание и условия принятия которых определяются данной классификацией, имеют свои особенности. Здесь изложены общие положения, характерные для выработки и принятия всех видов решений.

## 9.2. Условия принятия решений

Все управленческие решения вырабатываются и принимаются в определенных условиях. Основными признаками **классификации условий принятия решений** являются:

- определенность обстановки (ситуации), в которой принимается решение (стабильность, кризис и др.);
- располагаемое время на выработку и принятие решения;
- уровень централизации управления;
- уровень подготовки должностных лиц органа управления;
- уровень подготовки должностных лиц нижестоящего органа управления;
- уровень противодействия со стороны конкурента.

---

**По степени определенности обстановки** решения могут приниматься в условиях:

- хорошо определенной обстановки;
- вероятно-определенной обстановки (риска);
- неопределенной обстановки.

Хорошо определенной является обстановка, все элементы которой определены, параметры, характеризующие каждый из элементов в основном (70–80%) детерминированы, связи между элементами обстановки изучены.

Вероятностно-определенной является обстановка, 60–70% элементов которой определены, параметры, характеризующие каждый из этих элементов, имеют вероятностный характер, связи между элементами обстановки изучены.

Неопределенной является обстановка, если определено менее 30% ее элементов, параметры, характеризующие каждый из элементов, имеют случайный характер с известными и частично неизвестными законами распределения параметров, связи между элементами изучены слабо.

**По располагаемому времени**, решения могут приниматься в условиях:

- острого дефицита времени;
- дефицита времени;
- отсутствие дефицита времени.

**В зависимости от уровня централизации управления** решение может приниматься в условиях:

- централизованного управления;
- умеренно централизованного управления;
- децентрализованного управления.

**В зависимости от уровня подготовки должностных лиц** органа управления решение может вырабатываться в условиях:

- вновь созданного коллектива;
- сформировавшегося коллектива.

**В зависимости от уровня противодействия** со стороны конкурента решения могут приниматься:

- при отсутствии противодействия со стороны конкурента;
- при наличии противодействия со стороны конкурента.

---

Условия принятия решения оказывают влияние на выбор метода выработки решения, а также порядок и содержание работы органа управления.

В любом управленческом решении должны быть найдены ответы на следующие *основные вопросы*:

- что необходимо сделать и каких результатов необходимо достичь;
- в какие сроки необходимо достичь желаемых результатов;
- какие ресурсы необходимо привлечь для деятельности;
- каким способом применить ресурсы, чтобы имела место максимальная отдача;
- как организовать взаимодействие, обеспечение и управление этими ресурсами

Рассмотрим содержание каждого из элементов решения руководителя на экономические действия.

### **9.3. Основные виды обеспечения процесса выработки и принятия решений**

#### **9.3.1. Информационное обеспечение процесса выработки и принятия решений**

Ранее было отмечено, что процесс выработки решения — это процесс переработки информации о состоянии объекта управления в управляющую информацию. Следовательно, качество этого процесса, методы работы органа управления, а также качество решения в целом зависят от наличия, объема и качества информации как о состоянии управляемого объекта, так и условий его функционирования.

Информация, используемая при выработке и принятии решения, группируется в следующие *основные блоки* (блоки обстановки):

- блок информации о конкуренте;
  - блок информации о своих возможностях;
  - блок информации об условиях деятельности, окружении
- и др.

**Блок информации о конкуренте** включает:



- 
- данные о возможных конкурентах (кто может воздействовать на процессы и ожидаемые результаты этих воздействий);
  - способы воздействий и возможные приемы снижения их эффективности и др.

**Блок информации о своих возможностях** включает:

- данные по укомплектованности, состоянию техники, наличию топлива, материальных средств;
- данные по состоянию и возможностям сил и средств, непосредственно осуществляющих деятельность;
- данные по состоянию возможностям сил и средств обеспечения деятельности;
- данные по состоянию и возможностям сил и средств, управляющих деятельностью, и др.

**Блок информации об условиях деятельности** включает:

- информацию о рынке и его сегментации;
- цены на товары и услуги и др.

*Основными задачами информационного обеспечения* процессов выработки и принятия решения являются:

- сбор, обработка, прогнозирование информации;
- хранение информации;
- выбор необходимой информации и способы ее обработки.

Для качественного решения этих задач в органах управления формируются соответствующие базы данных.

Базы данных, как правило, формируется в виде таблиц, в которых указывается: номер блока, номер элемента обстановки в блоке, наименование элемента и перечень параметров, характеризующих его состояние.

*Базы данных* могут быть подготовлены в различных формах, основными из которых являются:

- таблицы справочных данных;
- базы данных, включенные в систему математического обеспечения АИС;
- базы данных автоматизированных рабочих мест, объединенных в локальные компьютерные сети;
- базы данных персональных ЭВМ.

Состояние базы данных на текущий либо прогнозируемый момент времени характеризуется объемом, полнотой и качеством информации, находящейся в ней.

Низкие показатели по этим параметрам (отсутствие информации, низкая ее достоверность и т. д.) не освобождают руководителя от ответственности за качество принимаемого решения.

Поэтому перед руководителем органа управления могут возникать информационные проблемы. Основными *путями решения* этих проблем являются:

- использование всех возможных каналов добывания информации;
- постоянное изучение обстановки;
- применение при прогнозировании обстановки опыта и количественных методов, например регрессионного анализа.

Неправильное решение информационных проблем может свести на нет все усилия подчиненных по выполнению намерений проекта (плана).

### **9.3.2. Морфологическое и лингвистическое обеспечение процесса выработки и принятия решений**

Глубокие знания языка, который поддерживает мыслительную деятельность (в нашем случае русского) является необходимым условием качественного решения всех задач и проблем, возникающих в ходе выработки и принятия решения.

*Во-первых*, необходимо постоянно помнить, что любое управленческое решение дает ответы на вопросы: **что, куда, откуда, зачем, почему, когда** и т. д.

Из этих слов, с помощью этих слов по существу формируется макет решения.

*Во-вторых*, слова **“что необходимо сделать, чтобы...”**, **“как необходимо сделать, чтобы...”**.

Ответы на эти вопросы позволяют сформировать вариант деятельности

*В-третьих*, слова **“что будет, если”, “как будет, если”, “что будет в последующем”, “как будет в последующем”**.

Ответы на эти вопросы позволяют сформулировать результат.

---

*В-четвертых, слова “что мешает...”, “как мешает...”, “зачем мешает...”, или “кто (что) способствует...”, “как способствует...” “как способствует...”*

Ответы на эти вопросы позволяют выполнить корректирующие и предупреждающие мероприятия.

### **9.3.3. Техническое и программное обеспечение процесса выработки и принятия решений**

*Техническое обеспечение процесса выработки и принятия решений* включает:

- автоматизированные информационные системы;
- персональные компьютеры;
- компьютерные сети;
- технические средства и устройства для решения частных задач;
- современные мультимедийные средства;
- модели процессов, являющихся объектом выработки решения.

*Программное обеспечение процесса выработки и принятия решений.* Поддержка процесса выработки и принятия решения может осуществляться с помощью следующих программ и программных комплексов:

- программы и программные комплексы, встроенные в автоматизированные системы управления;
- специализированные программы для решения задач анализа, планирования и др;
- программы и программные комплексы типа “Microsoft Office” и др.

Характеристики и возможности этих программ изучаются в специальных дисциплинах.

### **9.3.4. Оценка обстановки (ситуации)**

Оценка обстановки выполняется с целью получения необходимой информации и выводов для выработки и принятия решения на определенные действия.

---

**Оценить обстановку** — значит:

- установить элементы обстановки, оказывающие влияние на элементы принимаемого решения, и определить их характеристики;

- установить причинно-следственные связи между всеми ее элементами и элементами решения.

**Задача оценки обстановки** формулируется следующим образом.

*Известны:*

1. Цель деятельности и задачи, которые необходимо выполнить для ее достижения.

2. Элементы обстановки (ситуации). Макет и содержание обстановки определяется следующими ее элементами: конкурент, свои силы и средства, условия деятельности:  $U_k (U_{k1}; U_{k2}; U_{k3}; \dots U_{kn})$ ;  $U_{cb} (U_{cb1}; U_{cb2}; U_{cb3}; \dots U_{cbn})$ ,  $U_{usl} (U_{usl1}; U_{usl2}; U_{usl3}; \dots U_{usln})$ ,

3. Элементы решения (макет элементов решения). Содержание элементов решения определяется инстанцией, в которой оно принимается и характером предстоящей деятельности.

4. Система высказываний (предположений) о том, какие значения могут принять элементы решения в зависимости от значений, принятых элементами обстановки. Система высказываний (предположений) может быть сформирована в виде математических соотношений, баз знаний экспертных систем, баз знаний сформированных в сознании лица (группы лиц), принимающего решение.

**Требуется определить:**

Значения макета элементов решения, при которых достигается цель деятельности. Решить эту задачу — значит, сделать частные и общие выводы по элементам решения.

Так же, как и решение в целом, оценка обстановки осуществляется с помощью следующих основных методов: математического; кибернетического; комбинированного.

Здесь рассмотрены общие закономерности и правила оценки обстановки.

Оценка обстановки осуществляется как до получения намерений проекта (плана), так и на всех этапах процесса выработки

решения. В общем случае выделяют следующие **уровни оценки обстановки**:

- до получения намерений проекта (плана);
- в ходе уяснения намерений проекта (плана);
- в ходе выявления проблем, определения путей их решения;
- при формировании вариантов деятельности и выборе оптимального варианта.

В образном выражении оценка обстановки как процесс пронизывает алгоритм выработки решения сверху донизу.

На каждом из уровней обстановка может быть оценена разными способами.

Различают два способа оценки обстановки (ситуации):

- оценка обстановки по элементам обстановки;
- оценка обстановки по элементам, определяющим содержание управляющего воздействия.

Сущность **оценки обстановки по элементам** обстановки состоит в следующем:

- устанавливается влияние факторов элементов обстановки на элементы управляющего воздействия;
- по тем элементам управляющего воздействия, на которые оказывают влияние элементы обстановки, делаются частные выводы;
- выполняется анализ частных выводов, полученных при оценке конкурента, своих возможностей и условий деятельности, по результатам этого анализа делаются общие выводы (формируются проблемы, определяются пути их решения и варианты деятельности).

*Достоинством* данного способа оценки обстановки является относительно низкая вероятность допущения ошибки.

Как *недостаток* следует отметить очень большое необходимое время на получение общих выводов.

Данный способ оценки обстановки (ситуации) применяется, как правило, руководителями, имеющими малый опыт работы, или же при существенных изменениях обстановки при наличии достаточного для этих целей времени.

**Оценка обстановки по элементам**, определяющим содержание управляющего воздействия, выполняется в такой последовательности:

- выбирается элемент, определяющий содержание управляющего воздействия;
- устанавливается влияние факторов обстановки на элемент управляющего воздействия;
- по тем факторам обстановки, которые влияют на выбранный элемент решения, делаются частные выводы;
- выполняется анализ частных выводов, по результатам которого делаются общие выводы (формируются проблемы, определяются пути их решения, вариант);
- в последовательности, указанной выше, выбирается вариант деятельности всем остальным его составляющим.

**Достоинством** данного способа оценки обстановки является малое время на получение частных и общих выводов.

Так, по сравнению с первым способом, величина этого времени может быть в 2–3 раза меньше. Как недостаток следует отметить относительно высокую вероятность ошибок, допускаемых при формулировании общих выводов из оценки обстановки. Величина этой вероятности может быть незначительна лишь при очень высоком уровне подготовки руководителя.

В практической деятельности руководителя ни один из изложенных способов оценки обстановки в чистом виде не применяется. Наиболее приемлемым является комбинированный способ, т. е. часть частных и общих выводов может быть получена первым способом, а часть — вторым.

**Последовательность анализа элементов обстановки (ситуации).**

Выполняя сценку обстановки первым или вторым способом, анализ ее элементов можно выполнить в различной последовательности. Эта последовательность зависит от характера намерений проекта (плана), конкретно складывающейся обстановки и располагаемого времени.

**Этапы оценки обстановки(ситуации).**

Оценка каждого элемента обстановки выполняется, как правило, в два этапа.

Задачей первого этапа оценки обстановки является **определение характеристик** оцениваемого элемента. Характеристики оцениваемого элемента могут быть определены на основе информации, получаемой из официальных источников конкурента, а также на основе прогнозирования наиболее вероятных вариантов его деятельности.

После получения характеристик элемента производится оценка обстановки второго этапа. Задачей второго этапа оценки обстановки является **получение частных выводов**.

Для получения частных выводов, как правило, применяется логический анализ с использованием уже имеющихся справочных данных, если этих данных оказывается недостаточно, то для их получения применяются специальные методы количественной оценки и модели, реализованные на ЭВМ.

Кроме характеристик элементов обстановки при разработке частных выводов по данному элементу варианты деятельности используются частные выводы, полученные ранее по другим элементам.

#### 9.4. Методы выработки решений

Методы выработки решений могут классифицироваться в соответствии со следующими основными признаками:

- круг лиц, привлекаемых для выработки решений;
- технические средства, используемые для выработки решений;
- метод решения задач анализа и синтеза процессов в ходе выработки и принятия решения.

В соответствии с *первым признаком* классификации существуют два метода выработки решения:

- **единоличный** — решение вырабатывается и принимается единолично руководителем органа управления;
- **коллективный** — для выработки решения привлекается определенный круг должностных лиц.

В соответствии со *вторым признаком* классификации решение может вырабатываться:

---

• с использованием автоматизированных систем управления;

- с использованием персональных компьютеров;
- с использованием различного рода макетов.

*По третьему признаку классификации* для выработки решений могут использоваться следующие основные методы: математический; кибернетический; принятие решений по аналогии; интуитивный; проблемный; комбинированный.

Независимо от сущности и содержания каждого из методов в основу их положены общие **закономерности и правила переработки информации** — это:

- оценка точности и надежности информации, используемой для выработки и принятия решения;
- выбор программных средств, используемых для выработки решений;
- изучение и уяснение задачи;
- оценка обстановки;
- формирование и выбор оптимального варианта деятельности.

Любое управленческое решение, как правило, охватывает многие предметные области и поэтому вырабатывается с привлечением различных специалистов. Этим определяется в основном способ выработки решения.

Основными способами выработки решений могут быть:

- выработка решения по элементам варианта деятельности;
- выработка решения по элементам предметной области;
- выработка решений по результатам оценки варианта деятельности в целом.

Сущность выработки решения **по элементам варианта деятельности** состоит в принятии частных решений по выбору каждого элемента варианта деятельности — последовательно. Например, выбираются последовательно — средства воздействия; состав исполнителей; способ деятельности т. д.

Сущность выработки решений **по элементам предметной области** состоит в принятии частных решений начальниками служб. Руководитель, заслушав предложения, утверждает их.



---

Сущность выработки решений *по результатам оценки варианта* деятельности состоит в следующем. Формируется вариант деятельности (несколько вариантов), осуществляется сравнение вариантов, выбирается лучший, который и принимается в качестве решения.

Основным признаком классификации является метод решения задач анализа и синтеза.

#### **9.4.1. Математический метод выработки решений**

Сущность метода рассмотрим на примере выработки решения по стандартной проблеме. Для стандартной проблемы могут иметь место следующие *условия*:

- управляемый процесс формализован;
- ход управляемого процесса определяется совокупностью параметров, характеризующих условия протекания процесса, и совокупностью параметров, характеризующих управляющее воздействие (содержание решения);
- для оценки качества протекания управляемого процесса может быть выбран критерий оптимальности;
- на совокупность параметров, характеризующих содержание решения, наложены ограничения.

**Принять решение** по такой проблеме — значит выбрать и утвердить совокупность параметров, характеризующих управляющее воздействие, при которых критерий оптимальности принимает желаемое значение (минимальное, максимальное, заданное).

Задача поиска оптимального варианта деятельности при выработке решения данным методом решается в следующем порядке:

- формируется целевая функция, и определяются методы и математические зависимости ее параметров;
- формируется система ограничений на параметры, характеризующие вариант деятельности;
- одним из методов математического программирования осуществляется поиск оптимального варианта деятельности.

Критерий оптимальности (целевая функция) формируется по результатам анализа “дерева” целей. При этом каждой из подцелей своего уровня иерархии соответствует частный критерий. Свертка критериев нижнего уровня иерархии приводит в конечном итоге к формированию критерия верхнего уровня, в конечном итоге — критерия оптимальности.

#### **9.4.2. Статистические критерии принятия решений**

Рассмотрим две группы критериев, составляющих содержание теории статистических решений. Первая группа критериев основывается на статистической неопределенности, задаваемой распределением вероятностей состояний системы. Вторая группа критериев обосновывает нахождение оптимального решения в условиях полной неопределенности, когда у статистика отсутствует всякая информация о вероятностях возможных состояний системы. Здесь вся исходная информация заключена только в матрице выигрышей, и при принятии решений приходится исходить из стремления обеспечить себе некоторый гарантированный результат.

##### **Первая группа критериев**

Рассмотрим два случая, связанных с различной степенью неопределенности.

1. Известны априорные вероятности возможных состояний системы, заданные в виде вектора, построенного на основе данных статистических наблюдений.

2. Априорная информация отсутствует, но есть некоторые основания для выдвижения ряда гипотез относительно вероятностей возможных состояний системы. В этом случае вероятности состояний могут быть оценены субъективно на основе:

— принципа недостаточного основания Лапласа

$$\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = \dots = \omega_n = 1/n .$$

Принцип применяется тогда, когда ни одно состояние системы нельзя предпочесть другому;

— принципа убывающей арифметической прогрессии (принцип Фишборна), по которому

$$\omega_j = \frac{2(n+j-1)}{n(n+1)}, \quad j = (1, n).$$

Этот принцип применяется в случае, когда статистик может расположить состояния системы в порядке убывания их правдоподобности, т. е. указать, что всего правдоподобнее состояние  $B_i$ , затем  $B_{n-1}$  и т. д. и менее всего правдоподобно состояние  $B_n$ .

Придерживаясь концепции оптимизации в среднем статистическом, оперирующая сторона должна в качестве своей оптимальной стратегии принять такую, которая максимизирует ее средний выигрыш

$$a_{cp} = \max a_i = \max \sum_{j=1}^n a_{ij} \omega_j \quad (i = 1, m).$$

Критерий  $a_{cp}$  называется критерием максимума среднего выигрыша. Оптимальную стратегию при известных вероятностях состояний системы можно найти, используя и показатель риска. Для этого по матрице риска необходимо найти среднее значение риска

$$r_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} \omega_j$$

и в качестве оптимальной стратегии выбрать ту, которая обеспечивает минимальную величину среднего риска, т. е.

$$r_{cpi} = \min \sum_{j=1}^n r_{ij} \omega_j.$$

Доказывается, что стратегия, максимизирующая средний выигрыш, совпадает со стратегией, минимизирующей средний риск, т. е. стратегия, оптимальная в смысле максимума среднего выигрыша, является оптимальной и в смысле минимума среднего риска. Если  $a_{cp}$  обращается в максимум, то  $r_i$  принимает минимальное значение.

### **Вторая группа критериев**

Эта группа критериев выступает индикатором оптимальности в условия полной статистической неопределенности.

---

Рассмотрим некоторые из них.

**Максиминный критерий Вальда.** Это критерий крайнего пессимизма. Он ориентирует лицо, принимающее решение, на наихудшие условия и рекомендует ту стратегию, для которой в наихудших условиях выигрыш максимален, т. е. максиминную стратегию:

$$a = \max_i \min_j a_{ij}.$$

**Минимаксный критерий Сэвиджа.** Этот критерий в условиях полной неопределенности рекомендует выбирать ту стратегию, при которой величина риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации, т. е. такую, которая гарантирует минимум максимального риска

$$r = \min_i \max_j r_{ij}.$$

Сущность критерия Сэвиджа состоит в том, чтобы любыми путями избежать большого риска. Поэтому данный критерий можно также отнести к критерию крайнего пессимизма. Отличие его от критерия Вальда состоит в том, что худшим здесь считается не минимальный выигрыш, а максимальный риск.

**Критерий обобщенного максимума Гурвица.** Критерий Гурвица рекомендует рассчитывать на нечто среднее между крайним пессимизмом и крайним оптимизмом. Он имеет вид

$$S = \max_i [\lambda \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij}],$$

При  $\lambda = 1$  критерий Гурвица вырождается в критерии крайнего пессимизма Вальда, при  $\lambda = 0$  — в критерии крайнего оптимизма, рекомендующего выбирать ту стратегию, при которой в наилучших условиях выигрыш максимален. Промежуточные значения коэффициента  $\lambda$  представляют собой меру пессимизма лица, принимающего решение. Выбор критерия субъективен и во многом определяется личными качествами лица, принимающего решение. Для пояснения механизма работы статистических критериев приведем несколько примеров.

**Критерий осторожного выбора.** Этот критерий соответствует правилу “рассчитывай на худший случай”, отсюда в качестве

коэффициентов важности  $i$ -го варианта решения следует выбрать наихудшее значение показателя, который будет получен в результате принятия данного варианта, т. е.

$$Y^* = \max_i \min_j C_{ij},$$

где  $C_{ij}$  — результаты, которые будут получены по  $i$ -му варианту в  $j$ -й ситуации.

В соответствии с этим правилом последовательно выполняются операции нахождения минимальных значений результатов во всех ситуациях, и затем из полученных вариантов находится тот, что имеет максимальное значение. Его номер и определит наилучшее решение. Такой критерий называют максиминным.

**Критерий оптимистичного выбора.** Он ориентирован на правило “рассчитывай на лучший случай”. Наилучший вариант определяется по формуле

$$Y^* = \max_i \min_j C_{ij},$$

где  $C_{ij}$  — результаты, которые будут получены по  $i$ -му варианту в  $j$ -й ситуации.

В соответствии с этим правилом последовательно выполняются операции нахождения максимальных значений результатов во всех ситуациях, и затем из полученных вариантов находится тот, что имеет максимальное значение. Его номер и определит наилучшее решение.

**Критерий максимума среднего выигрыша.** Он используется тогда, когда известны вероятности возникновения той или иной ситуации. Если предпочтения измеряются в шкале отношений, то средний выигрыш при каждом варианте рассчитывается так:

$$Y^* = \text{extremum}_{ij} (M_i = \sum_j P_j C_{ij}),$$

где  $M_i$  — математическое ожидание выигрыша в случае принятия  $i$ -го решения;

$P_j$  — вероятность появления  $j$ -й ситуации;

$C_{ij}$  — результаты, которые будут получены по  $i$ -му варианту в  $j$ -й ситуации.

**Пример.** Фермерское хозяйство имеет три участка земли: повышенной влажности  $A_1$ , средней влажности  $A_2$  и сухой —  $A_3$ . Один из них планируется использовать для выращивания картофеля, другие — для посева кормовой массы. Известно, что для получения хорошего урожая картофеля при прочих равных условиях требуется содержание в почве определенного количества влаги в период вегетации. Не допускается как излишек влаги, так и ее недостаток. Требуется за руководителя принять решение о выборе участка для выращивания картофеля на предстоящий сельскохозяйственный год, если известна его средняя урожайность в центнерах с гектара на каждом из участков в зависимости от погодных условий. Значения урожайностей сведены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Участки земли	Погодные условия		
	$B_1$ — осадков меньше нормы	$B_2$ — осадков норма	$B_3$ — осадков больше нормы
$A_1$ влажный	250	200	110
$A_2$ средней влажности	210	240	140
$A_3$ сухой	90	190	260

В соответствии с условием задачи оперирующая сторона  $A$  имеет три стратегии:

$A_1$  — выращивать картофель на влажном участке;

$A_2$  и  $A_3$  — выращивать картофель на участке средней влажности и сухом.

Стратегиями системы выступают фактические объемы выпадающих осадков: меньше нормы, норма и больше нормы. Выигрыш оперирующей стороны (подсобного хозяйства) при каждой паре стратегий  $A$  и  $B$  задается урожайностью картофеля в центнерах с одного гектара.

---

### Решение.

Производим пересчет матрицы выигрышей в матрицу риска.

Для этого находим значения:

$$\beta_1 = \max(250, 210, 90) = 250;$$

$$\beta_2 = \max(200, 240, 190) = 240;$$

$$\beta_3 = \max(110, 140, 260) = 260.$$

Далее, вычисляем значения  $r_{ij}$  и сводим их в матрицу риска:

$$r_{11} = 250 - 250 = 0; r_{21} = 250 - 210 = 40; r_{31} = 250 - 90 = 160;$$

$$r_{12} = 240 - 200 = 40; r_{22} = 240 - 240 = 0; r_{32} = 240 - 190 = 50;$$

$$r_{13} = 260 - 110 = 150; r_{23} = 260 - 140 = 120; r_{33} = 260 - 260 = 0.$$

$$r = \begin{vmatrix} 0 & 40 & 150 \\ 40 & 0 & 120 \\ 160 & 50 & 0 \end{vmatrix}.$$

2. Вводим вектор вероятностей выпадения осадков соответствующих интенсивностей  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3) = (0,25; 0,45; 0,3)$  и вычисляем максимум выигрыша и минимум риска:

$$a_1 = 250 \cdot 0,25 + 200 \cdot 0,45 + 110 \cdot 0,3 = 185,5 \text{ ц};$$

$$a_2 = 210 \cdot 0,25 + 240 \cdot 0,45 + 140 \cdot 0,3 = 202,5 \text{ ц};$$

$$a_3 = 90 \cdot 0,25 + 190 \cdot 0,45 + 260 \cdot 0,3 = 186 \text{ ц};$$

$$a = \max(185,5; 202,5; 186) = 202,5 \text{ ц}.$$

Из анализа приведенных результатов следует, что максимум критерия среднего выигрыша, равного 202,5 ц, имеет место для участка средней влажности. Этот участок и выбирается для выращивания картофеля. Выполняя те же операции для критерия риска, получаем

$$r_1 = 0 \cdot 0,25 + 40 \cdot 0,45 + 150 \cdot 0,3 = 63 \text{ ц};$$

$$r_2 = 40 \cdot 0,25 + 0 \cdot 0,45 + 120 \cdot 0,3 = 46 \text{ ц};$$

$$r_3 = 160 \cdot 0,25 + 50 \cdot 0,45 + 0 \cdot 0,3 = 62,5 \text{ ц};$$

$r = \min(63; 46; 62,5) = 46 \text{ ц}$ , что также соответствует второй стратегии стороны А. Выбор решения в интересах этой стратегии гарантирует оперирующей стороне недобор картофеля не более 46 ц с гектара при любых состояниях системы, заданных вектором вероятностей.

---

### 9.4.3. Байесова модель принятия решений в условиях неопределенности

В математической теории решений значительное место занимают **Байесовы модели**. Эти модели подразделяются на два основных класса:

- класс непрерывных моделей, в которых статистическая неопределенность задается функцией плотности вероятностей;
- класс дискретных моделей, в которых неопределенность задается вектором распределения вероятностей.

Здесь рассматривается одна из моделей непрерывного класса, находящая довольно широкое применение не только в теории решений, но и в других математических дисциплинах, например в теории распознавания образов.

**Задача применения Байесовой модели принятия решения** формулируется следующим образом.

Пусть имеется некоторая случайная величина  $X$ , являющаяся материальным носителем информации о некотором объекте. Случайная величина  $X$  может быть измерена тем или другим способом, и по данным таких замеров сделаны суждения об образе объекта.

Пусть имеются два однотипных материальных объекта **Л** и **В**, различающихся между собой геометрическими, весовыми или какими-то другими характеристиками.

Предположим также, что осуществлен замер значений случайной величины  $X$ , являющейся носителем информации об объектах. На основе данных замера требуется сделать вывод о том, какой из объектов имеет место в действительности. Если бы в результате замера величина  $X$  однозначно оказалась равной  $a_{\text{л}}$ , что соответствует гипотезе об объекте **Л**, или  $a_{\text{в}}$ , что соответствует гипотезе об объекте **В**, то выбор объекта **Л** или **В** за счет отсутствия статистической неопределенности был бы также однозначным.

В реальных условиях на процесс измерения величины  $X$  накладываются ошибки, обусловленные большим перечнем случайных факторов, сопровождающих этот процесс. В результате



этого величина  $X$  становится случайной величиной, которая может быть описана функцией плотности вероятностей  $f(x)$ .

По отношению к гипотезе  $A$  эту плотность обозначим  $f_A(x)$ , по отношению к гипотезе  $B$  —  $f_B(x)$ . Разобьем ось измерения случайной величины  $X$  на два интервала  $R_A$  и  $R_B$  с границей в точке  $X_0$ .

Если в результате измерения координаты  $X$  окажется  $X_{\text{изм}} < X_0$ , то делается вывод в пользу гипотезы  $A$ , если же в результате измерения окажется  $X_{\text{изм}} \geq X_0$ , то делается вывод в пользу гипотезы  $B$ .

Выбор одной из гипотез в смысле распознавания объекта  $A$  или объекта  $B$  в конечном счете предопределяет и выбор оперирующим лицом наилучшего решения.

Вопрос о выборе границы интервалов  $X_0$  по существу является основой при решении проблемы практического применения данного метода.

**Задача оптимизации функции риска** может быть сформулирована следующим образом.

Предположим ведется наблюдение за двумя предметами  $A$  и  $B$  (явлениями, процессами и т. д.). Признаки, проявляющие наблюдаемые свойства, носят случайный характер, характеризуются совокупностью параметров, например средними значениями  $m_A$  и  $m_B$  и средними квадратическими отклонениями ошибок их определения  $\sigma_A$  и  $\sigma_B$ . В ходе наблюдения зафиксировано значение параметра  $X$ , который может характеризовать как предмет  $A$  или  $B$ .

Требуется определить, какой из предметов попал в данный момент в поле наблюдателя.

Основное допущение — граничная точка  $x_0$  связана с ценой ошибок:

$C_{AA}$  — цена выбора гипотезы  $H_A$  при условии, что имела место гипотеза  $H_A$ ;

$C_{BA}$  — цена выбора гипотезы  $H_B$  при условии, что имела место гипотеза  $H_A$ ;

$C_{AB}$  — цена выбора гипотезы  $H_A$  при условии, что имела место гипотеза  $H_B$ ;

$C_{BB}$  — цена выбора гипотезы  $H_B$  при условии, что имела место гипотеза  $H_B$ .

Введем понятие функции среднего риска, которая может быть определена так:

$$D(x_0) = \omega_A [C_{AA}(1 - P_A) + C_{BA}P_A] + (1 - \omega_A) [C_{AB}P_B + C_{BB}(1 - P_B)];$$

$$P_A = \int_{x_0}^{\infty} f_A(x) dx; \quad P_B = \int_{-\infty}^{x_0} f_B(x) dx.$$

В случае если законы распределения случайных величин нормальны, то соотношения для вычисления  $X_0$  и  $D_{\min}$  будут иметь вид:

$$X_0 = \frac{m_A + m_B}{2} + \frac{\sigma_x^2}{m_A - m_B} \ln \frac{\omega_A (C_{BA} - C_{AA})}{(1 - \omega_A)(C_{AB} - C_{BB})};$$

$$D_{\min} = \frac{\omega_A}{2} \{C_{AA} [1 + \Phi(\frac{x_0 - m_A}{\sigma_x})] + C_{BA} [1 + \Phi(\frac{x_0 - m_A}{\sigma_x})]\} +$$

$$+ \frac{(1 - \omega_A)}{2} \{C_{AB} [1 + \Phi(\frac{x_0 - m_B}{\sigma_x})] + C_{BB} [1 + \Phi(\frac{x_0 - m_B}{\sigma_x})]\}.$$

**Пример.** Руководителю службы финансово-экономического мониторинга крупной промышленной группы стало известно, что в текущем квартале предприятиями-конкурентами могут быть проведены финансовые операции, существенно ослабляющие ее экономический потенциал. В данной акции могут принять участие предприятия типа А и и типа В, которые находятся в соотношениях 1/3 и 2/3. В результате оценки финансовых потоков установлено, что затраты на проведение этой финансовой операции составили 21 млн у.е., причем средства были вложены предприятием типа А или же предприятием типа В. При этом в результате оценки возможностей каждой группы предприятий установлено, что предприятия группы А могут затратить в сред-

нем 18 млн у.е, а группы **В** — 25 млн у.е., а среднее квадратическое отклонение ошибки этих оценок может составить 4 млн у.е.

В том случае, если эксперты службы финансово-экономического мониторинга правильно определяют тип предприятия и руководство промышленной группы применит эффективные меры противодействия, то ожидаемый ущерб оценивается в объеме  $C_{AA} = 120$  и  $C_{BB} = 180$  млн у.е. В случае ошибочного распознавания ситуации (т. е. неправильного определения типа предприятий, которые провели акцию, — в объеме  $C_{BA} = 250$  и  $C_{AB} = 320$  млн у.е.

Обосновать решение за руководство промышленной группы и оценить минимально ожидаемый ущерб от деятельности предприятий конкурентов.

### **Решение.**

1. Используя исходные данные задачи, по формуле определяем точку границы  $X_0$ :

$$X_0 = \frac{18 + 25}{2} + \frac{4^2}{25 - 18} \ln \frac{\frac{1}{3}(250 - 120)}{\frac{2}{3}(320 - 180)} = 19,75 \text{ млн у.е.}$$

Сравнивая  $X_0$  и  $X_{\text{изм}}$ , видим, что  $X_{\text{изм}} = 21 > X_0 = 19,75$ . Делается вывод в пользу гипотезы  $H_B$ . Руководство промышленной группы принимает решение по проведению мероприятий, ослабляющих или же полностью ликвидирующих воздействие предприятий конкурентов типа **В**.

2. Определяем минимальное значение функции риска или, что то же самое, минимальное значение среднего ожидаемого ущерба:

$$D_{\min} = \frac{1}{3 \cdot 2} \left\{ 120 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{19,75 - 18}{4} \right) \right] + 250 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{19,75 - 18}{4} \right) \right] \right\} + \\ + \frac{1}{3} \left\{ 320 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{19,75 - 25}{4} \right) \right] + 180 \left[ 1 + \Phi \left( \frac{19,75 - 25}{4} \right) \right] \right\} = 181,4 \text{ млн у.е.}$$

В условиях, когда решение принимается по сложной проблеме, охватывающей несколько предметных областей, и не

удается все формализовать в рамках одной целевой функции и системы ограничений, можно применить совокупность приемов, суть которых состоит в следующем.

- 1) вариант деятельности разбивается на подварианты;
- 2) для каждого из подвариантов определяется целевая функция и система ограничений;
- 3) формализуются процессы по вычислению параметров (в том числе и частных критериев) целевой функции и системы ограничений;
- 4) оптимизация каждого из подвариантов осуществляется в цикле, ограничением которого является число, равное количеству подвариантов.

Большие возможности по решению оптимизационных задач в интересах выработки и принятия решений в экономической, финансовой и других сферах открываются при использовании электронных таблиц “Excel” — информационной технологии “Поиск решения”.

Оптимизационная задача может включать до 200 переменных, ограничения на искомые переменные могут быть в виде равенств и неравенств.

Программа позволяет выбрать метод поиска, а также в качестве исходных данных задать точность и надежность результата.

#### **9.4.4. Кибернетический метод выработки решений**

Метод предполагает использование искусственного интеллекта, сформированного на базе экспертных систем. Основой построения таких систем являются базы знаний, которые имеют ответы на все возможные ситуации. *Базы знаний* подготавливаются заблаговременно. При этом используются:

- результаты экспертного опроса специалистов конкретной предметной области;
- опыт предыдущих исследований;
- результаты научных исследований;
- результаты моделирования процессов более низкого уровня.

ЭВМ при принятии решения с использованием экспертных систем применяется в диалоговом режиме. При этом система, как правило, формирует систему вопросов, на которые должен ответить специалист, осуществляющий выработку решения. Структура этих вопросов позволяет:

- сформировать дерево целей;
- определить перечень частных задач, которые необходимо выполнить для достижения целей;
- определить условия и элементы варианта деятельности, оказывающих влияние на возможности по достижению частных целей.

Далее последовательно относительно частной цели самого низкого уровня осуществляется ввод условий и факторов, оказывающих влияние на возможности по ее достижению. В свою очередь, система выдает наилучший вариант деятельности(параметры варианта).

В результате всех операций формируется вариант деятельности в целом, который будет положен в основу решения.

### **Основы построения и использования экспертных систем**

Экспертные системы тесно связаны с исследованиями в области искусственного интеллекта. Экспертные системы созданы и работают в управленческих сферах. Любая экспертная система основана на знаниях, имеющих место в той или иной области деятельности человека. С помощью экспертной системы можно принять то или иное решение.

Любая экспертная система имеет характерные черты:

- ограничена определенной сферой экспертиз, т. е. нельзя создать экспертной системы, которая может использоваться в разных отраслях наук;
- способна рассуждать при сомнительных данных;
- способна разъяснять цепочку рассуждений понятным способом;
- строится так, чтобы иметь возможность постоянного ее наращивания;
- строится на основе использования правил.

На выходе экспертная система выдает совет, что необходимо предпринять в данных условиях.

---

## Формирование знаний в экспертных системах

Знания — это правила, которыми должны руководствоваться в данной ситуации. В любой момент времени в экспертной системе может содержаться три типа знаний:

1) структурированные знания — статистические знания о предметной области (после выявления они не изменяются);

2) структурированные динамические знания — изменяемые знания в предметной области (они меняются по мере выявления новой информации);

3) рабочие знания, применяемые для решения конкретной задачи. Они, как правило, динамические.

Все перечисленные типы хранятся в базе знаний (БЗ), для построения которой производится опрос специалистов (экспертов) в конкретной области.

Существуют следующие основные *формы представления знаний*: в виде семантической цепи; средствами логики первого порядка (предикаты); в виде демонстрационной базы знаний.

**Семантические цепи (сети).** Это наиболее общий способ. Отображает совокупность объектов в предметной области и отношения между ними. Объект — это вершина сети. Отношения между объектами — дуги сети. Наиболее общие типы отношений: быть элементом класса; иметь или позволять задавать свойства объекта; являться следствием; иметь значения (задавать значения свойства объекта).

**Логика предикатов.** В основе логики первого порядка лежит логика предикатов — т. е. функций, принимающих только два значения “истина” и “ложь” для выражения свойств объектов и связей между ними. Отдельные высказывания объединяются связками: OR, NOT, AND — булевы связки.

**Формирование БЗ по примерам.** Сущность данного способа состоит в том, что пользователь задает несколько примеров задач вместе с решениями. На их основе система самостоятельно строит БЗ для решения других задач. Знания в ней могут находиться в виде правил (для пользователя — в виде матриц).

**Построение демонстрационной БЗ.** Сущность БЗ состоит в том, что система задает серию вопросов и по ответам на них дает

советы. Вопросы, задаваемые пользователю, зависят от имеющихся фактов или полученных признаков. Ответы запоминаются в рабочей памяти и используются при выводе заключений. Для получения заключений применяется обратный метод вывода (вначале выводятся более общие, а затем частные).

### **Методы поиска ситуации в экспертных системах**

Для распознавания ситуации в экспертных системах используется два основных метода: байесовский и кластерный методы.

**Байесовский метод.** Метод используется в качестве нормативной модели того, как следует себя вести, и в качестве описательной модели того, что происходит в модели.

Сущность: имеется полная группа несовместных гипотез  $H_1, H_2, \dots, H_n$ . Вероятности этих гипотез известны и до опыта равны  $P(H_1), P(H_2), \dots, P(H_n)$ . Произведен опыт, в результате которого появилось событие  $A$ . Спрашивается, как следует изменить вероятности гипотез в связи с появлением этого события.

Из теории вероятности известно:

$$P(H_i / A) = \frac{P(H_i) \cdot P(A / H_i)}{\sum_{i=1}^n P(H_i) \cdot P(A / H_i)}.$$

**Кластерный метод.** Сущность состоит в группировании условий в кластере (группе). Мерой сходства элементов может быть евклидово расстояние, величина которого определяется:

$$d(\bar{X}, \bar{Y}) = \left[ \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2 \right]^{1/2},$$

где  $\bar{Y}$  — вектор, характеризующий фактические условия;  
 $\bar{X}$  — вектор, характеризующий область знаний;  
 $X_i$  —  $i$ -й параметр, характеризующий фактические условия;  
 $Y_i$  —  $i$ -й параметр, характеризующий область знаний.

---

#### **9.4.5. Выработка и принятие решения по аналогии**

Выработка и принятие решения по аналогии осуществляется на основе существования в памяти среди ряда ранее успешно решенных задач и ситуаций приближенного аналога возникшей на момент получения намерений проекта (плана) ситуации.

Очень интересен тот факт, что очень многие открытия в науке, технике и других областях человеческой деятельности были сделаны по аналогии. Философы пытались раскрыть структуру рассуждения по аналогии и дали прекрасные образцы аналогий. Однако, как утверждают некоторые авторы, почти никто из них не дал идей о структуре этого процесса.

Выработка и принятие решения этим методом позволяет избежать грубых ошибок, не требует большого расхода времени, придает уверенность в достижении успеха, но не учитывает, что конкурент в аналогичной ситуации использует неблагоприятный для себя опыт и может действовать так, что качество решения будет сведено на нет.

Тем не менее достаточно опытные аналитики считают, что побудительным импульсом всего процесса выработки и принятия любых решений является поиск и нахождение аналогичной ситуации из совокупности (множества) возможных ситуаций (задач, обстановки, результатов).

Все возможные ситуации могут храниться в базах данных, сформированных на самых различных носителях информации.

Методология принятия решения по аналогии это достаточно сложная не только практическая и теоретическая, но и философская проблема. Мы здесь рассмотрим только основные ее практические аспекты.

**Алгоритм выработки решения** при применении этого метода следующий:

- изучение и уяснение намерений проекта (плана);
- оценка обстановки и поиск аналогичной ситуации;
- выбор варианта деятельности;
- принятие решения.



Все элементы данного алгоритма, за исключением поиска аналогичной ситуации, являются общими для всех методов. Поэтому рассмотрим суть именно этого элемента.

**Задача поиска аналогичной ситуации** формулируется следующим образом.

*Известно:*

1. Ретроспективная и учебная (познавательная) информация об условиях и результатах деятельности:

- база выполненных или зафиксированных абстрактно задач, характеризующих деятельность  $B_{\text{зад}}(P_1, P_2, P_3 \dots P_n)$ , где  $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$  — совокупность параметров, признаков и условий, характеризующих вариант деятельности (выполненных задач);

- база возможных ситуаций  $B_{\text{сит}}$ ;

- база вариантов и результатов деятельности  $B_{\text{вд}}, B_{\text{рд}}$

2. Управляющая информация, являющаяся побудительным мотивом для выработки и принятия решения:

- задача  $B_{\text{зад}}^*(P_1^*, P_2^*, P_3^* \dots P_n^*)$ , где  $P_1^*, P_2^*, P_3^* \dots P_n^*$  — совокупность параметров, признаков и условий, характеризующих цель деятельности и задачу;

- условия обстановки (ситуации)  $U_{\text{обст}}(U_{\text{кж}}; U_{\text{свж}}; U_{\text{услж}})$   
 $U_{\text{к}}(U_{\text{к1}}; U_{\text{к2}}; U_{\text{к3}}; \dots U_{\text{кп}})$  — совокупность параметров, характеризующих объекты, вариант деятельности и возможности конкурента;

$U_{\text{св}}(U_{\text{св1}}; U_{\text{св2}}; U_{\text{св3}}; \dots U_{\text{свп}})$  — совокупность параметров, характеризующих объекты, вариант деятельности и свои возможности;

$U_{\text{усл}}(U_{\text{усл1}}; U_{\text{усл2}}; U_{\text{усл3}}; \dots U_{\text{услп}})$  — совокупность параметров, характеризующих условия деятельности.

*Требуется определить* аналогичную ситуацию и вариант деятельности.

*Решение задачи поиска*

1. Фиксируется цель предстоящих деятельности, задача и условия ее выполнения.

2. В базе выполненных деятельности и задач отыскиваются аналогичные предстоящим действиям.

3. Фиксируются условия и ограничения, аналогичные предстоящим действиям.

4. Выбираются варианты деятельности, соответствующие предстоящим действиям и условиям их выполнения.

#### **9.4.6. Интуитивный метод принятия решения**

Интуитивный метод основан на использовании особого человеческого чувства — интуиции.

Это природное чувство, но развивается с приобретением знаний и опыта.

Алгоритм выработки и принятия решения по интуиции следующий:

- изучение и уяснение ситуации;
- выявление проблем и формирование установок на достижение результата; ответственность при благоприятном исходе выполнения задачи; ответственность при неблагоприятном исходе выполнения задачи; учет факторов, благоприятствующих выполнению задачи; учет факторов, не благоприятствующих выполнению задачи;
- формирование вариантов деятельности;
- “включение” механизма сомнений, “что будет, если...”;
- принятие решения.

Оценка обстановки в этом случае осуществляется подсознательно в ходе реализации всех элементов данного алгоритма.

#### **9.4.7. Проблемный метод выработки решений**

Основой выработки решений в области вооруженной борьбы является проблемный метод. В чем же состоит суть этого метода?

Получив управляющее воздействие (сигнал, поставленную задачу, текущее распоряжение и т. д.) лицо, принимающее решение, как правило, действует в соответствии со следующим **алгоритмом**:

- воспроизводит в сознании ситуацию и уясняет содержание управляющего воздействия (содержание намерений проекта (плана));

- 
- воспроизводит в сознании содержание управляющего воздействия (решения), которое он должен выработать;
  - выявляет проблемы и определяет пути их решения;
  - формирует варианты деятельности, выбирает оптимальный;
  - принимает решение.

В ходе реализации каждого элемента данного алгоритма осуществляется **оценка обстановки**.

Рассмотрим сущность и содержание каждого из элементов данного алгоритма.

**Уяснение намерений проекта (плана).** Уяснение намерений проекта (плана) один из основных элементов алгоритма выработки решения.

Уяснив намерения, *руководитель должен:*

- понять цель деятельности, содержание намерений проекта (плана), задачи партнеров и порядок взаимодействия с ними, порядок обеспечения и управления;
- определить частные цели деятельности, а также перечень основных элементов варианта деятельности, реализация которых приведет к достижению частных и главной цели деятельности;
- сформировать в общих чертах замысел деятельности и макет решения;
- оценить располагаемое время и определить методы работы при выработке и принятии решения.

### ***Выявление проблем и определение путей их решения***

Как отмечалось выше, независимо от способа оценки обстановки выявление частных и общих проблем осуществляется по элементам варианта деятельности. Если проблема выявляется по результатам анализа частных выводов из оценки обстановки, то она классифицируется как частная проблема.

Сущность методики выявления проблем состоит в определении противоречий выводов (общих и частных) в выборе элемента, характеризующего вариант деятельности. Если противоречие в выводах есть, то есть и проблема. Если противоречий нет, то проблемы не существует.

---

Есть противоречия в частных выводах — следовательно, имеет место *частная проблема*.

Если проблема выявляется по результатам анализа общих выводов из оценки обстановки, то она классифицируется как *общая проблема*.

После выявления проблем определяются пути их решения.

**Формирование вариантов деятельности выбор оптимального**

Варианты деятельности формируются на основе анализа направлений решения проблемы.

При оценке обстановки по элементам решения для каждого элемента, в выборе которого имеет место проблема, может существовать несколько путей ее решения. Каждый из путей является в общем случае составляющей варианта деятельности.

Определив пути решения проблем по каждому элементу решения, формируется матрица возможных вариантов деятельности. Размер этой матрицы может быть достаточно велик. Так, например, при 20 элементах решения и 2–3 вариантах выбора каждого элемента может иметь место 40–60 вариантов деятельности.

Естественно, что выполнить анализ и оценку этих вариантов и особенно в условиях дефицита располагаемого времени практически невозможно.

Одним из путей уменьшения количества вариантов является их “отсев” на основе дополнительной оценки обстановки. Отсев вариантов может осуществляться в соответствии со следующим алгоритмом:

1) элементы решения ранжируются в порядке увеличения степени влияния каждого элемента на другой элемент;

2) последовательно, начиная с первого элемента, отбрасываются ненужные варианты. При этом на каждом текущем шаге учитываются результаты предыдущего шага.

В ходе этой операции, так же как и для предыдущего этапа выработки решений — выявление проблем, осуществляется оценка обстановки. Выбор оптимального варианта на каждом шаге определяется по аналогии, интуитивно, с использованием математических моделей и др.

---

#### **9.4.8. Комбинированный метод выработки решения**

Как показывает практика до настоящего времени для выработки и принятия сложных решений, т. е. решений охватывающих несколько предметных областей и т. д., не удалось создать ни чисто математических, ни чисто кибернетических моделей. Нельзя принять такие решения и с помощью аналогий и по интуиции. На практике в чистом виде, как правило, не применяется ни один из методов. Часть элементов, определяющих содержание решения, обосновывается с применением математических и кибернетических методов, а часть с помощью проблемного метода.

**Алгоритм** выработки принятия решения с применением **комбинированного метода** предполагает следующий порядок деятельности:

- изучение и уяснение задачи;
- “включение” механизма интуиции и аналогий с целью декомпозиции системы, являющейся объектом выработки решения, и выявления проблем;
- декомпозиция системы, выявление и ранжирование проблем по важности и очередности их решения;
- “включение” механизма интуиции и аналогий для решения проблем;
- решение проблем по аналогии и интуиции;
- определение проблем, решаемых с помощью математического, кибернетического и проблемного методов;
- определение оптимальных вариантов решения проблем с помощью математического, кибернетического и проблемного методов;
- принятие решения.

#### **9.5. Работа органа управления системой по формированию управляющего воздействия (выработке решения)**

Содержание работы органа управления при выработке и принятии решений зависит от целого ряда *факторов*, основными из которых являются:

- характер намерений проекта (плана) и условия ее выполнения;

---

- располагаемое время на подготовку деятельности и на выработку решения;

- уровень подготовки отдельных должностных лиц и органа управления в целом;

- степень оснащенности пунктов управления.

В зависимости от состояния этих факторов в ходе выработки и принятия решений должностными лицами органа управления могут быть реализованы различные *методы работы*:

- состав должностных лиц, участвующих в выработке решения;

- очередность выполнения работ;

- средства автоматизации, используемые при выработке решения;

- способ обоснования решения;

- способ оформления решения.

В зависимости от условий принятия решения возможны следующие *варианты организационного управления*:

- единоличное принятие решения руководителем;

- принятие решения на основе обсуждения;

- компьютерная поддержка принятия решения;

- интеллектуальная поддержка.

***Единоличное принятие решения руководителем*** органа управления в условиях дефицита времени

Данному варианту соответствует следующий *алгоритм работы*:

- изучение и уяснение задачи;

- расчет располагаемого времени и выбор метода выработки решения;

- принятие решения;

- объявление решения в устной форме.

Данный вариант работы применяется при остром дефиците времени. Решение, как правило, принимается по аналогии или интуиции, т. е. в его основе используется отработанный вариант деятельности.

***Единоличное принятие решения в условиях отсутствия дефицита времени.***

---

Данному варианту соответствует следующий алгоритм работы:

- изучение задачи;
- расчет располагаемого времени и выбор метода выработки решения;
- выявление проблем и определение путей их решения;
- формирование вариантов деятельности;
- моделирование, оценка эффективности и выбор оптимального варианта деятельности;
- принятие решения;
- оформление решения.

**Принятие решения на основе обсуждения.** Обсуждение, выработка и принятие решения *по результатам заслушивания* руководителем должностных лиц.

Данному варианту соответствует следующий порядок работы органа управления:

- изучение задачи;
- расчет располагаемого времени и выбор метода выработки решения;
- постановка задачи по подготовке предложений;
- работа должностных лиц по подготовке предложений руководителю;
- заслушивание предложений их анализ и оценка;
- принятие решения;
- оформление решения.

**Компьютерная поддержка принятия решения.** Выработка и принятие решения при *работе с автоматизированных рабочих мест информационных систем*

Данный вариант предполагает использование для выработки и принятия решения персональных ЭВМ, объединенных в локальную компьютерную сеть. При выработке решения с использованием этого варианта может быть использован следующий порядок работы:

- изучение задачи и ее уяснение;
- расчет располагаемого времени и выбор метода выработки решения;

- 
- занятие должностными лицами автоматизированных рабочих мест;
  - работа с банками данных по уточнению элементов обстановки;
  - формирование руководителем органа управления базы данных по задаче (деятельности);
  - работа руководителя с подпрограммой “диспетчер” по формированию структуры диалога в ходе уяснения задачи;
  - выдача на рабочие места должностных лиц структуры диалога;
  - работа должностных лиц с ЭВМ в диалоговом режиме с целью формирования базы вариантов деятельности;
  - выбор оптимального варианта деятельности;
  - формирование руководителем органа управления решения (электронного документа) и его принятие;
  - распечатка текста решения и вывод его элементов на средства отображения.

Данный вариант работы применяется при наличии в органах управления автоматизированных информационных систем.

***Интеллектуальная поддержка работы органа управления.***  
Выработка и принятие решения с использованием **систем интеллектуальной поддержки**.

Применение в ходе выработки решения систем интеллектуальной поддержки должностных лиц органа управления.

Этот вариант определяет перспективное направление использования компьютерных систем, в основу которого положено использование кибернетического метода выработки решения. Решение в этом случае может вырабатываться единолично руководителем органа управления в ходе работы с компьютерной системой в диалоговом режиме. При этом может иметь место следующий **порядок работы**:

- формирование заместителями банка данных по фактическим условиям обстановки на момент выполнения намерений проекта (плана);
- изучение руководителем органа управления и введение в ЭВМ элементов намерений проекта (плана);



- 
- формирование и введение в ЭВМ параметров, характеризующих макет варианта деятельности;
  - работа с экспертной системой по конкретному наполнению варианта деятельности;
  - принятие руководителем органа управления решения.

## 9.6. Основные закономерности, принципы и правила выработки и принятия решений

Выделим основные принципы и правила выработки и принятия решений.

- Принимая любое решение, всегда необходимо четко представить себе, к каким *последствиям* (для себя, коллектива, управляемого процесса и др.) приведет его *невыполнение*, т. е. необходимо ответить на вопрос, что будет, если решение будет не выполнено.

- Принимая любое решение, необходимо четко представить себе, к каким *последствиям* (для себя, коллектива, управляемого процесса и др.) приведет его *выполнение*, т. е. ответить на вопрос, что будет, если решение будет выполнено.

- Не пытайся принять такое решение, которое потребует для его выполнения минимальные затраты сил и средств.

- Напряги свою волю, мобилизуй знания, умения, навыки и попытайся самостоятельно разобраться в основных элементах и предпосылках до деталей. Не доверяй это подчиненным. Предложения подчиненных заслушай только после того, как основные *элементы решения сформулированы единолично*. Если в ходе заслушиваний не выявляются альтернативы суждений и мнений по основным вопросам, то считай, что вероятность выбора тобою оптимального варианта достаточно велика.

- В ходе оценки обстановки попытайся найти и оценить *основные факторы*, выявить основные *проблемы*, определить самое *слабое звено*. В ходе выработки решения необходимо сделать так, чтобы свое слабое звено было бы максимально укреплено, а слабое звено конкурента еще более ослаблено.

- В ходе выработки решения внимательно *заслушай*, если это необходимо, предложения своих заместителей. В ходе заслу-

шиваний будь строг и не допускай, чтобы доводилась второстепенная информация. В этом случае есть риск опустить главные проблемы или наметить неправильные пути их решения.

- В максимальной степени постарайся *дисциплинировать* ход своих мыслей и не допусти, чтобы у подчиненных закралось сомнение в твоей нерешительности.

- Оценив располагаемое время и имеющуюся для выработки и принятия решения информацию, выбери правильно *метод выработки решения*.

- На первом этапе выработки решения вариант деятельности выбери **по аналогии** используй его в качестве опорного. Многие считают, что данный прием приводит к шаблону в действиях. В действительности это не так. Приняв ранее использованный вариант в качестве опорного, лицо, принимающее решение, значительно сокращает число возможных вариантов деятельности, что в конечном итоге приводит к сокращению времени и повышению качества принимаемого решения. Элементов варианта деятельности, исключающих или же ослабляющих шаблон, можно ввести сколько угодно, применив при этом самые различные методы их обоснования.

- Заучи *макет решения на память*. Это необходимо сделать для каждой из форм применения сил и решаемых задач. Как и предыдущая, реализация этого правила позволит в минимальное время отсеять заранее неприемлемые варианты и на память доложить решение для утверждения в вышестоящей инстанции, а также поставить задачу подчиненным.

- При формировании варианта деятельности в первую очередь *учти ограничения*.

- Заучи *на память макет обстановки*. Это необходимо сделать для каждого ее элемента. Знание макета обстановки позволит быстро в сознании сформировать банк обстановки и качественно определить причинно-следственные связи между элементами обстановки и элементами решения.

- Постарайся методы выработки решений использовать *в комплексе*. Полученные при этом результаты уверят тебя в их правильности или же неправильности.

---

- При возникновении малейшего сомнения в правильности полученных результатов (например, в оптимальности выбранного варианта) немедленно отвергни их.

## 9.7. Качество решений

На качество решений оказывают влияние как объективные, так и субъективные факторы. К объективным факторам относятся законы борьбы, условия обстановки и др. Субъективными факторами являются знания, особенности мышления, опыт, воля руководителя и т. д.

Показателем качества решения может быть вероятность события, состоящего в том, что решение отвечает всем требованиям, предъявляемым к нему.

$$K_p = \sum_{i=1}^n \gamma_i P_i,$$

где  $n$  — количество требований, предъявляемых к решению на действия;

$\gamma_i$  — относительная важность  $i$ -го требования, предъявляемого к решению;

$P_i$  — вероятность удовлетворения решения, предъявляемому  $i$ -му требованию.

Для оценки относительной важности каждого требования может быть использован критерий Фишборна.

Относительная важность каждого требования в этом случае определяется с помощью следующего соотношения:

$$\gamma_i = \frac{2(n+1-i)}{n(n+1)},$$

где  $i$  — номер требования в порядке убывания его важности, определенной методом экспертных оценок.

Показатель  $K_p$  используется для оценки качества решений как внутренний критерий. С его помощью решение оценивается на этапе подготовки к действиям и не всегда можно сделать выводы о том, как его значение повлияет на результат деятельности.

При оценке качества решения можно руководствоваться следующими приближенными критериями (нормативами):

$K_p \geq 0,8$  — принятое решение оценивается оценкой **отлично**;

$0,6 \leq K_p < 0,8$  — принятое решение оценивается оценкой **хорошо**;

$0,4 \leq K_p < 0,6$  — принятое решение оценивается оценкой **удовлетворительно**;

$K_p < 0,4$  — принятое решение оценивается оценкой **неудовлетворительно**.

Если решение оценивается после осуществления деятельности, то критерием оценки его качества, как правило, является эффективность и успешность деятельности, т. е.

$$K_p = \frac{P}{P_{\text{затр}}} \quad \text{или} \quad K_p^* = \frac{P}{P_{\text{зад}}}, \quad P_{\text{зад}} \equiv C_d,$$

где  $P, P_{\text{зад}}$  — фактический и заданный результат деятельности;

$C_d$  — цель деятельности;

$P_{\text{затр}}$  — затраты, выраженные в единицах результата деятельности.

Оценка качества решений по приведенным выше показателям при кажущейся простоте и очевидности бывает часто весьма проблематична в силу следующих основных причин.

Во-первых, действия могут быть успешными и эффективными, т. е.  $K_p = 1$  и  $K_p^* = 1$ , т. е. деятельность осуществляется с минимальными затратами сил и средств.

Во-вторых, действия могут быть успешными, но неэффективными, т. е.  $K_p < 1$  и  $K_p^* = 1$ , т. е. задача выполняется, но при этом имеет место перерасход сил и средств.

В-третьих, действия могут быть неуспешными и неэффективными, т. е.  $K_p < 1$  и  $K_p^* < 1$ , т. е. задача не выполняется, но при этом имеет место перерасход сил и средств.

Очевидно, что в первом и третьем случаях качество решения может быть оценено **отличной и неудовлетворительной** оценками соответственно. Во втором случае в зависимости от величины  $K_p$  может иметь место либо **хорошая**, либо **удовлетворительная** оценка.

---

Наряду с объективными факторами на качество решения оказывают влияние и субъективные факторы.

К основным **субъективным факторам** относятся:

- профессионализм руководителя или должностных лиц органа управления;

- психологическая инертность;
- консерватизм мышления;
- трудность восприятия отрицательных выводов;
- склонность к преувеличению;
- боязнь ответственности;
- оптимизм (пессимизм) оценки ситуации;
- интуиция;
- умение выделить главное;
- способность своевременно признать и учесть свои ошибки.

Рассмотрим сущность каждого из названных выше факторов.

**Профессионализм** обусловлен наличием специалистов узкого и широкого профиля. Лицо, принимающее решение, оценивает обстановку с позиций той области знаний, специалистом в которой он является.

**Психологическая инертность.** Этот фактор определяется различной направленностью мышления людей и не зависит, как правило, от интеллектуальной и логической силы их ума. Причина здесь в привычке к определенному кругу идей, к определенному виду интуиции. В ряде случаев это может противодействовать истине.

**Консерватизм мышления** выражается в привязанности к привычным положениям, к типичным или ранее зафиксированным функциям управляемого объекта.

**Трудность восприятия отрицательных выводов.** Эта черта части проявляется в принятии желаемого за действительное.

**Склонность к преувеличению плохого** является причиной растерянности и даже паники.

**Боязнь ответственности** — проявляется в нерешительности.

**Интуиция.** Интуиция — особый познавательный процесс, отличающийся от обычного логического мышления не только

скоростью протекания, но и полусознательным характером. Интуиция — особое качество, которым обладают должностные лица с большим опытом работы и высоким интеллектом.

### ***Способность к выделению главного.***

Неспособность к выделению главного, как правило, приводит к распылению сил, психическим стрессом и в конечном итоге к применению неэффективного, а зачастую и несвоевременного решения.

Учету этого фактора посвящен целый ряд высказываний, в том числе и великих ученых.

Так, Эйнштейн писал: “Огромное количество недостаточно увязанных факторов действует подавляюще, но здесь я скоро научился выискивать то, что может привести в глубину, и отбросить все остальное, все то, что перегружает ум и отвлекает от существенного”.

***Неспособность вовремя признать свою ошибку.*** Этот недостаток особенно пагубен для руководителей, обладающих большим авторитетом, т. е. для тех, чье мнение является основополагающим при принятии решения.

## **9.8. Ошибки, допускаемые при выработке и принятии решений**

Все ошибки в области выработки и принятия решений можно подразделить на следующие **группы**.

1. Ошибки в области целеполагания и определения потребного состояния системы.
2. Ошибки в области оценки фактического состояния системы.
3. Ошибки в учете условий функционирования системы.
4. Ошибки математической или логической формализации управляемого процесса.
5. Ошибки в учете ограничений.
6. Ошибки в определении и формулировании проблем и путей их решения
7. Ошибки поиска оптимального варианта деятельности, это:
  - неправильно сформировано поле возможных вариантов деятельности;
  - ошибочно выбран метод поиска оптимального варианта деятельности;

---

- выполнен анализ и оценка недостаточного количества вариантов деятельности;

- установлены чрезмерно жесткие требования к выбору оптимального варианта деятельности.

8. В ходе выработки решения применяется один метод. Все методы выработки решения необходимо применять комплексно.

9. Должностное лицо, руководящее процессом выработки решения и принимающее его, слабо знает и представляет макет решения или макет обстановки

10. Практически все задачи, решаемые в ходе выработки и принятия решений, многокритериальные. Для решения этих задач в настоящее время разработан целый ряд достаточно точных и надежных математических методов, соблазн использования которых возникает постоянно.

Однако даже на первых стадиях применения этих методов возникает целый ряд достаточно серьезных **проблем**, основными из которых являются:

- малая точность и надежность первичной информации;
- отсутствие математических моделей, адекватно описывающих реальные процессы деятельности;
- достаточно большое время для подготовки исходных данных при решении оптимизационных задач;
- низкая точность и большое время решения оптимизационных задач с помощью существующих методов.

## **Глава 10. Системный анализ качества продукции, процессов и систем**

### **10.1. Основные понятия системы качества**

В данной главе будут рассмотрены вопросы системного анализа качества продукции, процессов и систем в соответствии с методологией международных стандартов по системе менеджмента качества ИСО 9000–2000, ИСО 9001–2000, ИСО 9004–2000. Приведем содержание некоторых понятий системы менеджмента качества.

**Качество** — степень соответствия присущих **характеристик требованиям**.

**Возможные уровни качества:** плохое качество, хорошее качество, очень хорошее качество; высший сорт, первый сорт, брак (из неформального словаря).

**Характеристика качества** — характеристика продукции, процесса или системы, вытекающая из **требования**.

**Показатель качества** — численная или качественная характеристика качества (из неформального словаря).

**Требование** — потребность или ожидание, которое **установлено**, обычно предполагается или является обязательным.

**Установленным** является такое требование, которое определено, например, в **документе**.

**Документы**, устанавливающие требования, называются нормативной документацией, или **стандартами**.

**Удовлетворенность потребителей** — восприятие потребителями степени выполнения их **требований**.

**Пример.** Рассмотрим пример фрагмента показателей качества услуг связи (рис. 2.17).

Анализ рис. 2.17 показывает, что **показателями качества** передачи телеграмм могут быть: передано телеграмм всего (У); из них передано в контрольные сроки (Х).

**Качеством** передачи телеграмм будем считать процент телеграмм, отправленных в контрольные сроки ( $X/Y \cdot 100\%$ ).

**Градациями качества** передачи телеграмм могут быть интервалы процента телеграмм, отправленных в контрольные сроки ( $X/Y \cdot 100\%$ ):

— если качество передачи телеграмм равно 100%, это соответствует оценке “отлично”;

— если качество передачи телеграмм равно от 99 до 95%, это соответствует оценке “хорошо”;

— если качество передачи телеграмм меньше 95%, это соответствует оценке “плохо”.

Не следует путать **показатель качества продукции** (характеристика продукции: цвет, вес, функциональные характеристики и т. д.) и **качество продукции** (т. е. насколько показатели качества соответствуют требованиям, при этом **качество продукции** может быть отличным, хорошим, плохим, браком).



**I. Качество оказания услуг**

Код по ОКЕИ: единица - 642

Наименование показателя	N строки	Величина показателя, единиц
1	2	3
Передано телеграмм - всего	140	
из них передано в контрольные сроки	142	
Доставлено телеграмм - всего	150	
из них доставлено в контрольные сроки	152	
Обработано телеграмм (исходящих, входящих и транзитных) - всего	160	
из них обработано с браком, выявленным по служебной переписке и жалобам	162	
Число вызовов, поступивших на заказные или заказно-справочные службы - всего	170	
в том числе не закончившихся оказанием услуги	172	
Число вызовов, поступивших по автоматической междугородной телефонной связи - всего	180	
в том числе закончившихся соединением	182	
Число исходящих связей (направлений), включенных в АМТС (междугородные каналы, СЛМ зоны, СЛМ в городской местности) - всего (по данным учета в течение 7 дней 2-й недели июня и декабря)	190	
из них с отказами в соединениях (более 3% в часы наибольшей нагрузки на путях последнего выбора, СЛМ зоны, СЛМ в городской местности из-за недостаточного числа каналов и соединительных линий)	192	
Быявлено повреждений по заявлениям абонентов местной телефонной сети в городской местности - всего	200	
из них устранено в контрольные сроки	201	
Из строки 200 - повреждений, возникших по вине отчитывающейся организации	202	

Наименование показателя	№ строки	Величина показателя, единиц
Выявлено повреждений по заявлениям абонентов местной телефонной сети в сельской местности - всего	205	
из них устранено в контрольные сроки	206	
Из строки 205 - повреждений, возникших по вине отчитывающейся организации	207	
Проверено таксофонов всех видов - всего	210	
из них находится в исправном состоянии	211	
Зарегистрировано умышленных повреждений таксофонов всех видов	215	
Общее число контрольных вызовов на местную сеть в городской местности	230	
в том числе с отказами в установлении соединений	232	
Общее число контрольных вызовов на местную сеть в сельской местности	240	
в том числе с отказами в установлении соединений	242	
Контрольная сумма строк с 140 по 242	299	

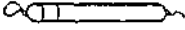
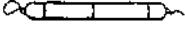

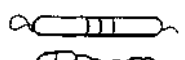
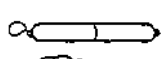
**Рис. 2.17.** Показатели качества оказания услуг связи  
(Форма № 13 — связь “Сведения о качестве услуг электросвязи”)<sup>1</sup>

## 10.2. Системный анализ качества продукции

Показатели продукции (показатели качества продукции) имеются в технических условиях на продукцию.

Например, в соответствии со стандартом ГОСТ Р 52196-2003 имеются следующие технические требования по органолептическим, физико-химическим показателям вареных колбас высшего сорта (фрагмент) (рис. 2.18).

<sup>1</sup> Утверждена постановлением Росстата от 14 декабря 2007 г. № 101 “Об утверждении статистического инструментария для организации в системе Россвязи статистического наблюдения за связью”.

Наименование показателя	Характеристика и норма для вареных колбас высшего сорта				
	«Говяжьей»	«Диабетической»	«Докторской»	«Краснодарской»	«Любительской свиной»
Внешний вид	Батоны с чистой сухой поверхностью				
Консистенция	Упругая				
Цвет и вид фарша на разрезе	Темно-розовый или розовый	Розовый или светло-розовый фарш, равномерно перемешан и содержит кусочки размеров сторон: языка и грудинки — не более 6 мм			
				шпика белого цвета или с розоватым оттенком — не более 6 мм	
Запах и вкус	Свойственные данному виду продукта с ароматом пряностей, в меру соленый				
	Прямые или изогнутые батоны длиной от 15 до 50 см				
Форма и размер батонов	или овальные батоны				
	прямые батоны длиной от 15 до 50 см				
Товарная отметка батонов (вязка)	Прямые батоны с поперечными перевязками				
	двумя на верхнем конце батона с отрезком шпатага внизу	одной на каждом конце и середине батона с отрезком шпатага внизу	двумя на верхнем конце батона	три посередине батона с отрезком шпатага внизу	одной посередине батона
			В синюгах — с поперечными перевязками через каждые 5 см с петлей шпатага внизу. в пузырях — перевязанные шпатагом крестообразно с отрезком шпатага внизу		
					

Наименование показателя	Характеристика и норма для вареных колбас высшего сорта				
	«Говяжьей»	«Диабетиче- ской»	«Докторской»	«Краснодарской»	«Любитель- ской»
Массовая доля вла- ги, %, не более	74	65	65	67	62
Массовая доля хлористого натрия (поваренной соли),%, не более	2,3	2,2	2,1	2,4	2,4
Массовая доля жира, %, не более	15	23	22	18	28
Массовая доля бел- ка, %, не более	13	12	13	14	13
Массовая доля нитрита натрия, %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Остаточная актив- ность кислот фосфа- тазы, %, не более	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

**Рис. 2.18.** Органолептические, физико-химические показатели вареных колбас высшего сорта  
(ГОСТ Р 52196-2003)

Качество продукции определяется по степени выполнения установленных требований:

— если требования выполняются по всем показателям качества, то продукция считается **годной**,

— если не выполняется хотя бы один показатель качества, то продукция считается **негодной** и подлежит переработке или, если это невозможно, бракуется.

Для определения численного или качественного значения показателя качества продукции могут использоваться средства измерения, использование которых регламентируются ГОСТами, положениями и инструкциями. Необходимые регламентирующие документы можно найти в Интернете с использованием ключевого слова ГОСТ.

Для определения качества продукции можно использовать следующие методы:

- **Первый метод.** Качество промышленной продукции определяется различными категориями (градациями) качества.

Наиболее общим являются категории качества: *высшая и первая*.

*Под продукцией высшей категории качества* понимается продукция, которая по своим технико-экономическим показателям находится на уровне лучших мировых аналогов или превосходят их.

*К первой категории качества* относится продукция, отвечающая отечественным нормативно-техническим документам для серийно выпускаемой продукции.

Оценку качества продукции по категориям дают по удельному весу продукции категории качества в объеме всей производственной продукции:

$$K = C_{\text{в}}/C,$$

где  $C_{\text{в}}$  – стоимость продукции высшей категории;

$C$  – стоимость всей продукции.

- **Второй метод.** Для оценки качества реализованной продукции можно использовать данные о рекламациях (претензиях по качеству от потребителя).

В данном случае определяют удельный вес продукции, имеющей рекламации, в объеме реализованной продукции.

Оценка качества продукции определяется делением стоимости продукции, имеющей рекламации  $C_p$ , на стоимость всей реализованной продукции  $C$ .  $K = C_p / C$ .

• **Третий метод.** Качество продукции можно характеризовать через **брак**. Различают брак исправимый и окончательный.

В этом случае определяют сумму брака и долю брака в объеме готовых изделий, деталей и работ.

Сумма брака = затраты на производство окончательного брака + затраты на исправление исправимого брака.

Качеством продукции будет доля брака в общем выпуске продукции.

Доля брака = Сумма брака / себестоимость выпускаемой продукции.

Составить градации качества продукции не составляет труда.

• **Четвертый метод.** На предприятиях легкой промышленности качество продукции определяют по индексу сортности. Чем выше сорт, тем выше цена, следовательно, средняя взвешенная по сортам цена характеризует качество продукции.

Если вычислить индекс сортности ( $I_c$ ) как отношение фактической средней взвешенной цены к средней взвешенной цене продукции при плановой сортности, то с его помощью можно оценить степень отличия полученной сортности продукции от плановой сортности:

$$I_c = P / P_{\text{п}},$$

где  $P$  — фактическая средняя цена;

$P_{\text{п}}$  — средняя цена при плановой сортности.

Индекс сортности  $I_c$ , умноженный на объем выпущенной продукции  $Q$ , минус объем выпущенной продукции  $Q$  будет равен увеличению или снижению дополнительной стоимости  $\Delta C$  выпущенной продукции за счет изменения сортности.

$$\Delta C = I_c \cdot Q - Q.$$

• **Пятый метод.** Когда речь идет об обобщающем показателе динамики качества продукции нескольких видов, наиболее приемлемым представляется вычисление модифицированного сводного индекса качества ( $I_k$ ) по формуле, предложенной профессором А. Я. Боярским:

$$I_k = \frac{\sum_j i_{kj} p_j q_{lj}}{\sum_j p_j q_{lj}},$$

где  $q_{lj}$  — фактически произведенные количества единиц продукции каждого вида в анализируемом периоде;

$p_j$  — цены, принятые в качестве сопоставимых для оценки каждого вида продукции;

$i_{kj}$  — индивидуальные индексы качества по всем видам продукции, определяемые как отношения фактического уровня качества к уровню, принятому за базу (фактическому в базисном периоде или плановому).

Сводный индекс качества имеет форму взвешенной средней арифметической из индивидуальных индексов. Поэтому для каждого вида продукции можно использовать свои, специфические показатели уровня его качества.

• **Шестой метод.** В развитие анализа качества целесообразно рассчитывать индекс динамики объема продукции с учетом изменения ее качества, представляющего собой произведение индекса качества на индекс физического объема продукции ( $I_k \cdot I_Q = I_{QK}$ ):

$$I_{QK} = \frac{\sum_j i_{kj} p_j q_{lj}}{\sum_j p_j q_{lj}} \cdot \frac{\sum_j p_j q_{lj}}{\sum_j p_j q_{oj}} = \frac{\sum_j i_{kj} p_j q_{lj}}{\sum_j p_j q_{oj}},$$

где  $q_{oj}$  — фактически произведенные количества единиц продукции каждого вида в базисном периоде.

• **Седьмой метод.** В. А. Трапезников для вычисления сводного показателя динамики качества изделий по нескольким параметрам предложил “коэффициент качества”, вычисляемый

как произведение относительных величин изменения каждого контролируемого параметра.

• **Восьмой метод.** Если тем или иным путем установлены уровни качества данного вида продукции по сравнению с эталоном (или в двух периодах времени) —  $K$  и  $K_э$ , то качество этого вида продукции определяется как индивидуальный индекс качества продукции  $i_k = K/K_э$ .

Располагая данными о стоимости продукции каждого вида, фактически произведенной в отчетном периоде ( $C_{li}$ ), можно вычислить сводный индекс качества разнородной продукции по формуле

$$\frac{\sum i_{kli} \cdot C_{li}}{\sum C_{li}} = \sum i_{kli} \cdot d_{li},$$

где  $d_{li} = C_{li} / \sum C_{li}$  — доля стоимости определенного вида продукции в общей стоимости всех продуктов;

$i$  — порядковый номер продукта;

$i_{kli} = K_{li}/K_{эi}$  — индивидуальный индекс качества  $i$ -го вида продукции;

$K_{li}, K_{эi}$  — фактическое и эталонное качество  $i$ -го вида продукции в отчетном году.

Сводный индекс качества является средней взвешенной величиной индивидуальных индексов качества, взвешенных на стоимость продукции, поэтому к данной модели возможно применение последовательных цепных индексов.

**Пример. Постановка задачи** использования метода последовательных цепных индексов по нескольким разным видам продукции для изучения изменения сводного индекса качества разнородной продукции от изменения индивидуальных индексов качества разнородных продуктов и доли их стоимости в общей стоимости всех продуктов по отношению отчетного года к базисному году.

**Дано:**

— формула среднего значения сводного индекса представлена в виде суммы произведений двух факторов:



$$I_k = \sum i_{ki} d_i,$$

где  $I_k$  — сводный индекс качества разнородных продуктов;

$i_{ki} = K_i / K_{эi}$  — индивидуальный индекс качества  $i$ -го вида продукции;

$K_i, K_{эi}$  — фактическое и эталонное качество  $i$ -го вида продукции соответственно;

$d_i = C_i / \sum C_i$  — доля стоимости  $i$ -го вида продукции в общей стоимости всех продуктов;

— имеются данные всех переменных за базовый и отчетный период по нескольким видам продукции:

$$i_{k0i}, d_{0i}, i_{k1i}, d_{1i}.$$

### **Найти:**

а) влияние изменения факторов  $i_k, d$  на зависимую переменную  $I_k$  в абсолютных и относительных единицах:

— представить изменение  $I_k$  как сумму изменений за счет каждого фактора  $i_k$  и  $d$ :

$$\Delta I_k = \Delta I_{ki_k} + \Delta I_{kd};$$

— определить долю влияния каждого фактора на изменение  $I_k$ :

$$\Delta I_{ki_k} / \Delta I_k, \Delta I_{kd} / \Delta I_k;$$

б) найти зависимость индекса  $I_k$  от индексов влияющих факторов.

### **Решение.**

а) Изменение  $I_k$  за счет всех факторов определяется по формуле

$$\Delta I_k = \sum i_{k1i} d_{1i} - \sum i_{k0i} d_{0i}.$$

Изменения  $I_k$  за счет каждого фактора определяются по формулам:

$$\Delta I_{ki_k} = \sum i_{k1i} d_{1i} - \sum i_{k0i} d_{1i} \text{ — влияние фактора } i_k;$$

$$\Delta I_{kd} = \sum i_{k0i} d_{1i} - \sum i_{k0i} d_{0i} \text{ — влияние фактора } d.$$

Долю влияния каждого фактора на изменение зависимой переменной можно вычислить по формулам:

$$\Delta I_{ki_k} / \Delta I_k, \Delta I_{kd} / \Delta I_k.$$

б) Индекс  $I_k$  равен:

$$I_k = \sum i_{kli} d_{li} / \sum i_{k0i} d_{0i} \text{ — индекс переменного состава.}$$

Индексы влияния факторов можно определить по формулам:

$I_{ki_k} = \sum i_{kli} d_{li} / \sum i_{k0i} d_{li}$  — индекс фактора  $i_k$  (фиксированного состава);

$I_{kd} = \sum i_{k0i} d_{li} / \sum i_{k0i} d_{0i}$  — индекс фактора  $d$  (структурных сдвигов).

Зависимость индекса  $I_k$  от индексов влияния факторов можно представить в виде формулы:

$$I_k = I_{ki_k} \cdot I_{kd}.$$

• **Девятый метод.** С помощью метода последовательных цепных индексов можно вычислить степень влияния цены и ассортимента продукции на стоимость брака. Продемонстрируем реализацию этого метода на конкретном примере.

**Пример.** Определим степень влияния цены и ассортимента вареных колбас на стоимость брака в отчетном году по сравнению с базовым годом.

Динамика стоимости и индексов стоимости брака вареных колбас приведены в табл. 2.12, 2.13.

Таблица 2.12

Вид продукции	Базовый год		Отчетный год		$P_0 Q_0$ , тыс. руб.	$P_1 Q_1$ , тыс. руб.	$P_0 Q_1$ , тыс. руб.
	Цена, тыс. руб./т $P_0$	Количество брака, т $Q_0$	Цена, тыс. руб./т. $P_1$	Количество брака, т $Q_1$			
Докторская	190,8	0,113	204,7	0,122	21,6	25,0	23,3
Диабетическая	200,0	0,052	214,6	0,047	10,4	10,0	9,3
Московская	160,4	0,015	172,1	0,029	2,4	5,0	4,7

Вид продукции	Базовый год		Отчетный год		Р <sub>0</sub> q <sub>0</sub> , тыс. руб.	Р <sub>1</sub> q <sub>1</sub> , тыс. руб.	Р <sub>0</sub> q <sub>1</sub> , тыс. руб.
	Цена, тыс. руб./т Р <sub>0</sub>	Количество брака, т q <sub>0</sub>	Цена, тыс. руб./т Р <sub>1</sub>	Количество брака, т q <sub>1</sub>			
Столичная	290,6	0,015	311,9	0,013	4,4	4,0	3,7
Любительская	220,5	0,016	236,6	0,013	3,5	3,0	2,8
Краснодарская	250,3	0,009	268,6	0,007	2,3	2,0	1,9
Молочная	180,0	0,008	193,1	0,005	1,4	1,0	0,9
Всего		0,228		0,236	46,0	50,0	46,6

Таблица 2.13

Индексы	Относительное изменение		Абсолютное изменение	
	Формула	Значение	Формула	Значение
Индекс переменного состава	$\Sigma p_1 q_1 / \Sigma p_0 q_0$	1,088	$\Sigma p_1 q_1 - \Sigma p_0 q_0$	4,0
Индекс фиксированного состава	$\Sigma p_1 q_1 / \Sigma p_0 q_1$	1,073	$\Sigma p_1 q_1 - \Sigma p_0 q_1$	3,4
Индекс структурных сдвигов	$\Sigma p_0 q_1 / \Sigma p_0 q_0$	1,014	$\Sigma p_0 q_1 - \Sigma p_0 q_0$	0,6

Анализ табл. 2.12 показывает, что количество брака вареных колбас возросло на  $0,236 - 0,228 = 0,008$  т.

Анализ табл. 2.13 показывает, что стоимость брака возросла:

- на  $(1,088 - 1) \cdot 100\% = 8,8\%$  за счет изменения цены и количества полученного брака;
- на  $(1,073 - 1) \cdot 100\% = 7,3\%$  за счет изменения цены;
- на  $(1,014 - 1) \cdot 100\% = 1,4\%$  за счет изменения количества полученного брака.

Анализ табл. 2.13 показывает, что качество вареных колбас уменьшилось на величину роста стоимости брака 4 тыс. руб. Это изменение произошло за счет изменения двух

факторов: за счет цены колбас (показатель фиксированного состава) и изменения количества бракованной продукции по ассортименту вареных колбас (показатель структурных сдвигов).

За счет цены стоимость брака возросла на 3,4 тыс. руб., что составляет  $3,4/4 \cdot 100 = 84,00\%$ .

За счет изменения количества брака по ассортименту вареных колбас стоимость брака возросла на 0,6 тыс. руб., что составляет  $0,6/4 \cdot 100 = 16\%$ .

**Вывод:** качество выпускаемой продукции снизилось в отчетном году по сравнению с базовым по вареным колбасам на сумму 4 тыс. руб., которое произошло за счет цены на 84% и за счет изменения количества брака по ассортименту вареных колбас на 16%.

### **10.3. Системный анализ улучшения качества процессов**

Основной целью системы менеджмента качества является постоянное улучшение с учетом всех заинтересованных сторон.

Улучшение качества процессов может проходить по следующей схеме (см. цикл Деминга: планируй, делай, анализируй, совершенствуй).

#### ***Постановка задачи***

1. Выбор направления улучшения качества.
2. Уяснение ситуации и постановка цели.
3. Разработка плана действий.
4. Анализ факторов
5. Разработка и внедрение корректирующих мер.
6. Подтверждение эффективности.
7. Новая норма управления.

Реализация схемы улучшения процессов показана на рис. 2.19–2.22.

# Схема к улучшению качества, применяемая в японских фирмах

## 1. Выбор направления.

\* Выявление главных проблем.

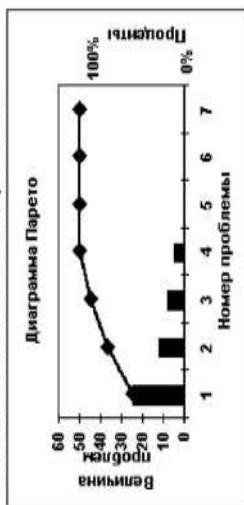


Диаграмма Парето.

\* Поиск тенденций.

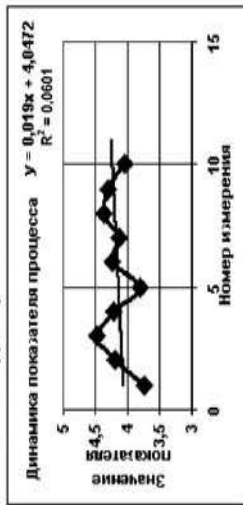
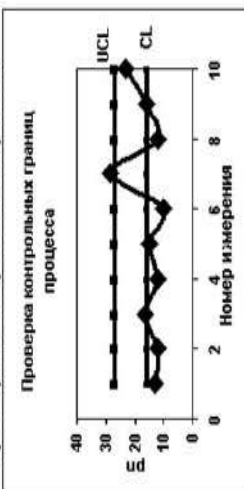


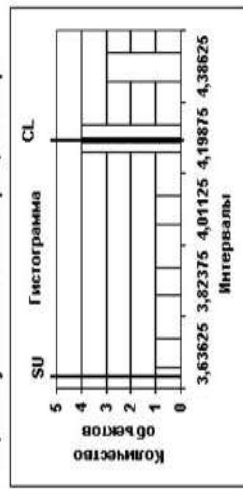
График.

\* Проверка контрольных границ.



Контрольная карта Pp.

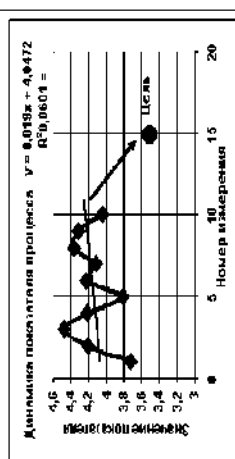
\* Оценка устойчивости процесса Ср.



Гистограмма.

Рис. 2.19. Схема улучшения качества. Выбор направления

## 2. Уяснение ситуации и постановка цели.



## 3. Разработка плана действий.

План действий для достижения цели.

Задание	Кто отвечает	График работы			
1	Мышкин	1	2	3	4
2	Кошкин				
3	Сорокин				
4	Сыркин				

## 4. Анализ Факторов

Нахождение взаимосвязи между причинами и результатами.



Причинно-следственная диаграмма Ишикавы.

Сбор данных.

	Пон	Втор
A	III	III
B	II	I
C	II	II
D	I	II

Стратификация.

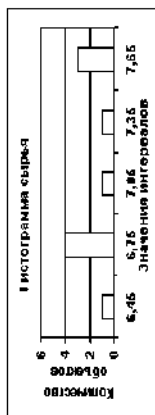
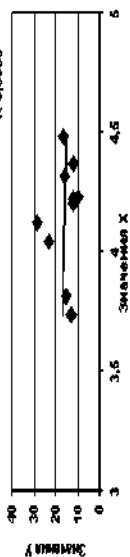


Рис. 2.20. Схема улучшения качества.

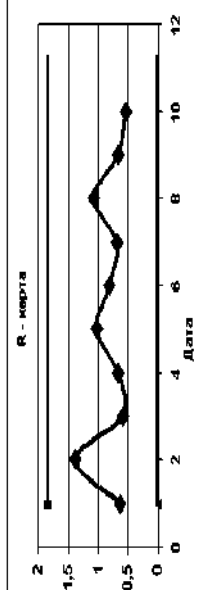
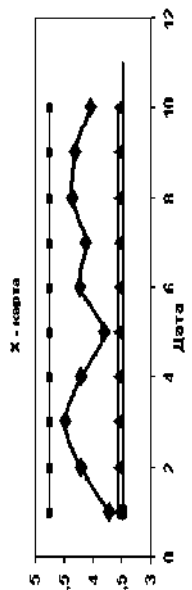
Уяснение ситуации, постановка цели, разработка плана действий, анализ факторов

# Проверки взаимосвязи.

Диаграмма рассеивания зависимости  $Y$  от  $X$   $Y = -2,2863X + 25,312$   
 $R^2 = 0,9999$



## а) Проверка изменений данных.



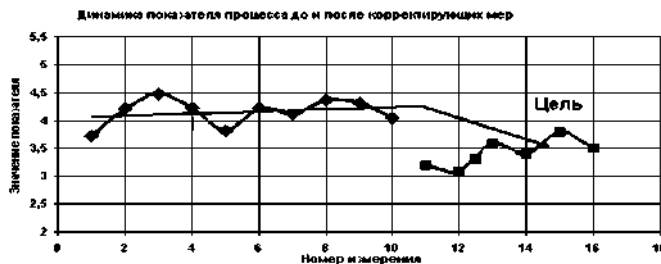
б)

Рис. 2.21. Анализ факторов:

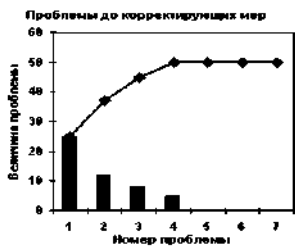
а) диаграмма рассеивания; б) X-карта и R-карта

**5. Разработка и внедрение корректирующих мер.**

**6. Подтверждение эффективности.**



Графическое представление.



Диаграммы Парето.

**7. Новая норма управления.**



Контрольная карта

Рис. 2.22. Схема улучшения процессов



---

**Пример.** Приводим пример реализации схемы улучшения процессов.

***Постановка задачи.***

*Объект исследования* — деятельность предприятия.

*Предмет исследования* — несоответствие продукции и услуг.

*Цель исследования* — обнаружить и устранить несоответствия ключевого сбойного процесса, который “поставляет” большую часть всех несоответствий по предприятию; провести корректирующие и предупреждающие мероприятия по исключению повторного и потенциального появления обнаруженных несоответствий.

*Метод исследования* — от общего к частному.

**1. Выбор направления улучшения качества**

*Цель* — установить возможность улучшения и выбрать цель улучшения.

**1. Выявление главных проблем результатов деятельности**

*Цель* — обнаружить ключевую проблему результатов деятельности предприятия.

Высшее руководство компании, используя следующие материалы: политику компании, результаты бенчмаркинга, выводы построения диаграммы сродства, финансовый отчет компании, степень удовлетворенности потребителей и персонала фирмы, результаты анализа, предлагает аналитикам произвести углубленный анализ решения определенного направления проблем.

***Пояснения.***

***Определить проблемы*** — решить, над какими результатами и/или процессами надо работать. Описать проблему и желаемые улучшения:

- показатель качества фирмы (например, уровень имиджа фирмы, рентабельность, конкурентоспособность, степень выполнения 14 принципов Деминга и политики фирмы и т. д. Направление улучшения, например усовершенствовать, снизить, увеличить: увеличить сектор рынка для реализации продукции фирмы; улучшить изучение потребностей потребителей);

- показатель качества процесса (например, результативность, эффективность, адаптивность: довести эффективность использования листов металла при лазерной резке до 95%);
- показатель качества изделия (например, функциональные характеристики, надежность, удобство эксплуатации, ремонтнопригодность, экологическая безопасность, эстетика, бездефектность, безопасность, долговечность);
- показатель качества информации при передаче ее по коммуникационным линиям (например, достоверность, достаточность, доступность);
- показатель качества личности (например, компетентность, профессионализм, владение смежными профессиями, стремление к улучшению процессов, понимание проблем фирмы и т. д.).

**Способы достижения цели:** гистограммы; графики Парето; проверка нормальности распределения; контрольные карты  $\bar{X}_{cp}$  – R, P; диаграммы родства.

**Признаки завершения стадии:** собраны все данные для анализа; определена проблема — определили текущие результаты и поставили цель для улучшения, т. е. определили возможность улучшения (табл. 2.14).

Таблица 2.14

#### Анализ проблем результатов деятельности предприятия.

Номер проблемы	Величина проблемы (шт., тыс. руб.)	Накопленная сумма (тыс. руб.)	Несоответствия
1	25	25	По качеству продукции
2	12	37	По себестоимости
3	8	45	По срокам поставок
4	5	50	По безопасности
5	0	50	
6	0	50	
7	0	50	Прочие

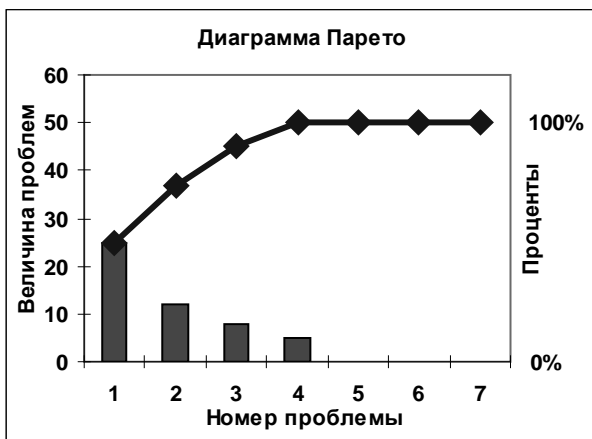


Рис. 2.23. Диаграмма Парето

**Диаграмма Парето по результатам** деятельности предприятия (рис. 2.23) за отчетный период предназначена для выявления главной проблемы и отражает следующее — нежелательные результаты деятельности или несоответствия (количество случаев несоответствий или количество денег, направленных на устранение несоответствий, или потери предприятия в денежном выражении, обусловленные несоответствиями):

- *несоответствия качества продукции*: дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции;
- *несоответствия по себестоимости продукции*: объем потерь, затраты;
- *несоответствия по срокам поставок*: нехватка запасов, ошибки в составлении счетов, срыв сроков поставок;
- *несоответствия по безопасности*: несчастные случаи, трагические ошибки, аварии.

**Анализ.** Первая и вторая проблемы вместе потребовали от предприятия израсходовать более 60% денежных средств, направленных на устранение всех проблем (несоответствий).

**Вывод.** Необходимо уделить внимание решению первой проблемы несоответствия качества продукции, чтобы существенно улучшить работу предприятия.

## **Анализ структуры главной проблемы результатов деятельности предприятия**

**Цель** — определить основную проблему в обнаруженной главной проблеме. Анализ структуры главной проблемы результатов деятельности предприятия приведен в табл. 2.15.

Таблица 2.15

Номер проблемы	Величина проблемы (шт., тыс. руб.)	Накопленная сумма (тыс. руб.)	Структура проблемы — несоответствия продукции
1	13	13	Дефекты
2	10	23	Поломки
3	6	29	Ошибки
4	4	33	Отказы
5	3	36	Рекламации
6	2	38	Ремонты
7	3	41	Прочие

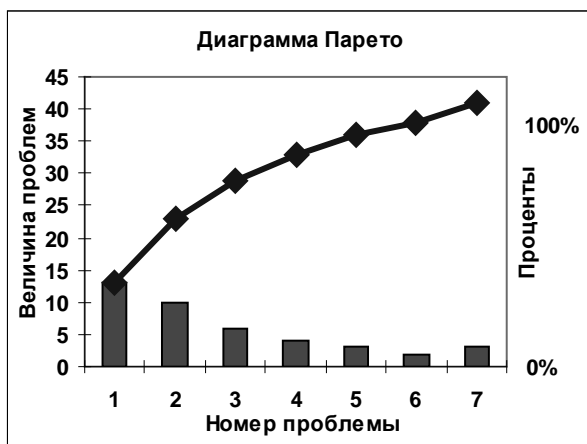


Рис. 2.24. Диаграмма Парето

**Анализ.** Первая и вторая проблемы (рис. 2.24) вместе создают почти 60% дефектов от общего количества всех дефектов, создаваемые всеми проблемами.

**Вывод.** Необходимо уделить внимание решению первой проблемы “дефекты”, чтобы существенно улучшить качество работы предприятия.

### **Анализ причин проблемы деятельности предприятия**

**Цель** — обнаружить основную причину основной проблемы главной проблемы предприятия. Анализ причин проблемы деятельности предприятия приведен в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Номер проблемы	Величина проблемы, шт.	Накопленная сумма (тыс. руб.)	Названия источников появления дефектов
1	45	45	Оборудование
2	35	80	Сырье
3	12	92	Рабочий
4	8	100	Метод работы
5	5	105	Время
6	1	106	Среда
7	2	108	Прочие

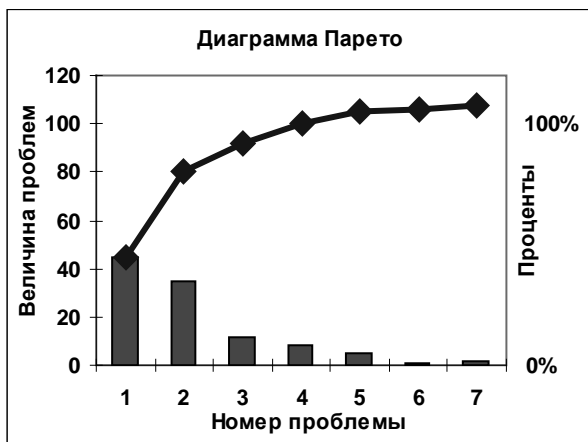


Рис. 2.25. Диаграмма Парето

**Диаграмма Парето по причинам** (рис. 2.25) отражает причины проблем, возникающих в ходе производства, включающие сырье и ресурсы предприятия, и используется для выявления главной из них:

- **сырье:** изготовитель, тип и торговая марка, завод-поставщик, партия;
- **оборудование:** станки, агрегаты, инструменты, оснастка, организация использования, модели, штампы, тип и форма, конструкция, срок службы, расположение;
- **рабочий:** бригада, возраст, опыт работы, квалификация, индивидуальные характеристики;
- **метод работы:** условия производства, заказы-наряды, приемы работы, последовательность операций, система сдачи продукции;
- **время:** смена, время суток, день недели, дата, потери времени на непроизводственные нужды, потери времени вследствие плохой организации процессов;
- **среда:**
  - физическая: место нахождения (континент, государство, область, район, климат), рабочее место оператора;
  - абстрактная: законы, правила, традиции, моральные принципы.

**Анализ.** Первая и вторая проблемы вместе создают более 70% дефектов от общего количества всех дефектов, создаваемые всеми проблемами.

**Вывод.** Необходимо уделить внимание решению первой проблемы “оборудование”, чтобы существенно улучшить качество работы предприятия.

**Анализ структуры причины проблемы деятельности предприятия**

**Цель** — обнаружить основной сбойный процесс, который является причиной большей части всех несоответствий по предприятию. Анализ структуры причины проблемы деятельности предприятия приведен в табл. 2.17.

**Анализ.** Первая и вторая проблемы вместе создают более 80% дефектов от общего количества всех дефектов, создаваемых всеми проблемами (рис. 2.26).

Номер проблемы	Величина проблемы, шт.	Накопленная сумма (тыс. руб.)	Структура причины “оборудование”
1	13	13	Станки
2	8	21	Агрегаты
3	3	24	Инструменты
4	2	26	Оснастка
5	1	27	Испытания
6	1	28	Модели

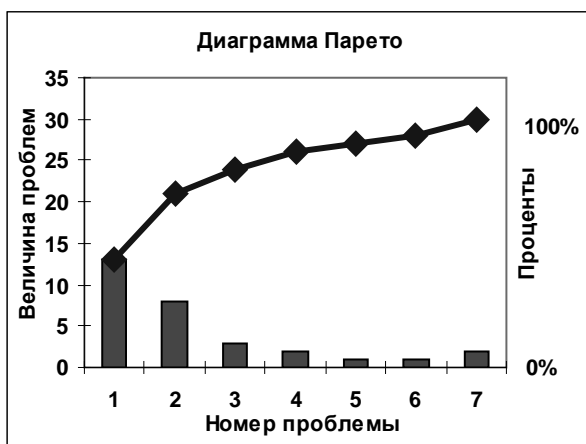


Рис. 2.26. Диаграмма Парето

**Вывод.** Необходимо уделить внимание решению первой проблемы “станки”, чтобы существенно улучшить качество работы предприятия.

С помощью диаграммы Парето можно определить номер станка, который больше всего производит дефектной продукции. Далее необходимо определить причину плохой работы станка. Причиной плохой работы станка может быть выход за нормативные границы основных характеристик самого станка и процессов, производимых на этом станке.

Если количество дефектов равномерно распределено по станкам, то очевидно имеется общая причина для всех станков, которая позволяет получать дефектную продукцию. В этом случае все равно причину дефектов следует искать в проверке процессов и соблюдении нормативных границ процессов, производимых на станках.

## 2. Проверка контрольных границ

**Цель** — проверить качество работы сбойного процесса. Результаты проверки контрольных границ работы устройства при количестве объектов  $n = 100$  шт. в одной партии приведены в табл. 2.18.

Таблица 2.18

№ партии	Дата	Количество (бракованных изделий) $np$	Среднее переменной процесса $CL$	Верхняя граница $UCL$
1	28,12	13	15,82	26,768
2	29,12	12	15,82	26,768
3	29,12	16,5	15,82	26,768
4	30,12	12	15,82	26,768
5	30,12	15	15,82	26,768
6	31,12	10	15,82	26,768
7	31,12	28,6	15,82	26,768
8	1,01	12,1	15,82	26,768
9	1,01	16	15,82	26,768
10	2,01	23	15,82	26,768
Среднее		15,82		
$UCL = P_{cp} \cdot n + 3 \cdot \sqrt{P_{cp} \cdot n(1 - P_{cp})}$ $CL = P_{cp} \cdot n$				
$n =$	100			

**Анализ.** Средний процент дефектной продукции указывает на работу устройства в пределах “одной сигмы” (рис. 2.27). Под новый год 31.12 количество брака вышло за пределы контрольных границ.

**Вывод.** Устройство нуждается в улучшении качества выпускаемой продукции, администрации предприятия нужно усилить контроль за процессами в праздничные дни.



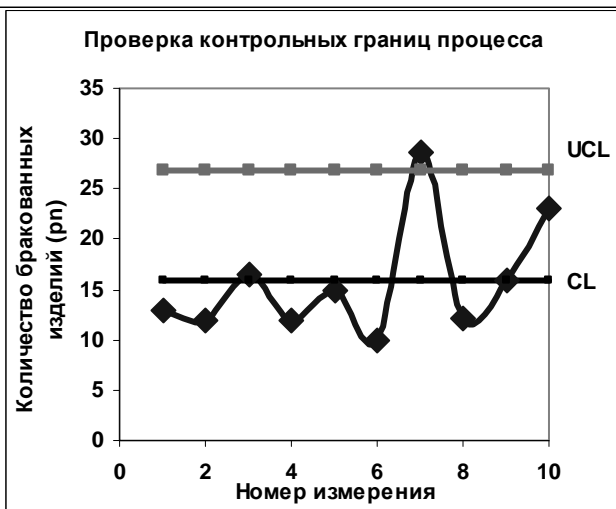


Рис. 2.27. Проверка контрольных границ процесса

### 3. Поиск тенденции

**Цель** — изучить динамику переменной характеристики сбойного процесса и обнаружить его тенденцию для получения прогнозного поведения процесса в будущем. Определение тенденции динамики переменной характеристики процесса приведено в табл. 2.19.

Таблица 2.19

№	Дата	Влажность мезги по жаровням ( $< 3,5\%$ )				Среднее
		Ж1	Ж2	Ж3	Ж4	
1	2	3	4	5	6	7
1	28,12	3,73	3,48	3,59	4,12	3,73
2	29,12	4,05	4,97	3,59	4,2	4,2025
3	29,12	4,55	4,14	4,73	4,5	4,48
4	30,12	3,98	3,98	4,64	4,27	4,2175
5	30,12	4,04	4,10	4,04	3,08	3,815
6	31,12	4,35	4,55	4,29	3,73	4,23
7	31,12	3,98	4,15	3,84	4,52	4,1225
8	1,01	3,74	4,76	4,14	4,82	4,365

1	2	3	4	5	6	7
9	1,01	3,98	4,65	4,04	4,58	4,3125
10	2,01	4,20	3,70	4,24	4,03	4,0425
Сред- нее						4,1518
Нормативное значение $UCL_H <$				3,5	%	

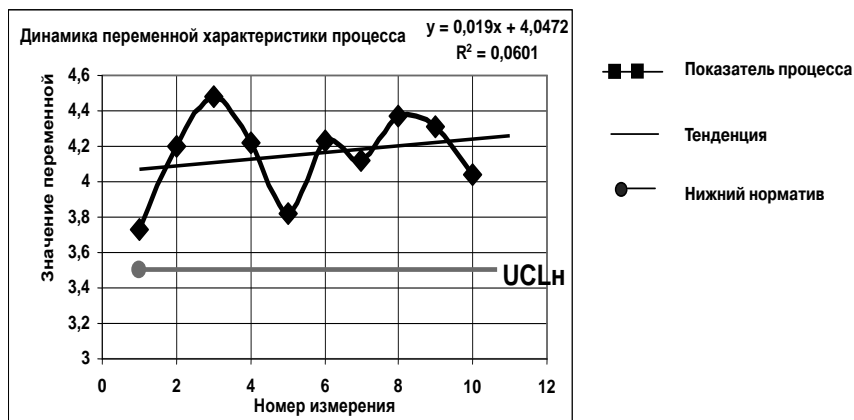


Рис. 2.28. Динамика переменной характеристики процесса

**Анализ.** Коэффициент детерминации равен 0,06 (рис. 2.28), это означает, что имеется слабо выраженная тенденция к росту показателя в зависимости от времени.

Коэффициент  $a_1$  линейной модели процесса  $Y = a_1 \cdot X + a_0$  в зависимости от времени практически не отличается от нуля.

Все численные значения показателя находятся выше верхнего норматива.

**Вывод.** Изучаемый процесс является стационарным и неуправляемым, так как совершенно не соответствует нормативному режиму, прогнозные значения признака отдаляются от нормативного режима и в будущем в принципе никогда не достигнут нормативного режима.

#### 4. Оценка устойчивости процесса

**Цель** — проверить устойчивость работы сбойного процесса. Исходные данные для построения гистограммы для определяющего показателя процесса приведены в табл. 2.20.

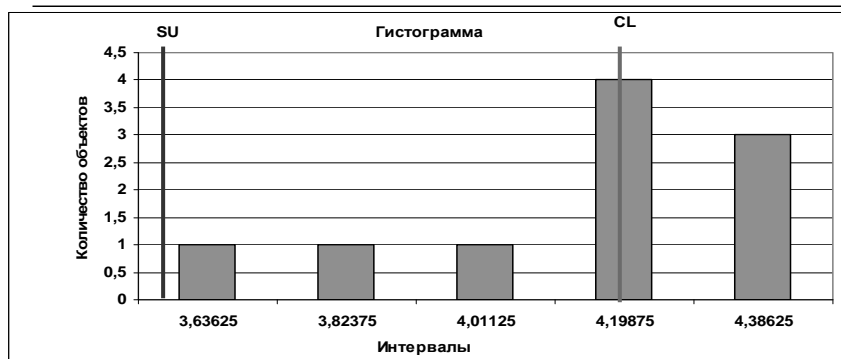
Таблица 2.20

№	Дата	Переменная процесса (влажность мезги, %)	Номер интервала	Интервалы	Частоты, шт.	Среднее значение интервала
1	28,12	3,73	1	3,73	1	3,6363
2	29,12	4,2025	2	3,9175	1	3,8238
3	29,12	4,48	3	4,105	1	4,0113
4	30,12	4,2175	4	4,2925	4	4,1988
5	30,12	3,815	5	4,48	3	4,3863
6	31,12	4,23				
7	31,12	4,1225				
8	1,01	4,365				
9	1,01	4,3125				
10	2,01	4,0425				
S — среднее квадратическое отклонение показателя процесса =					0,2457	
Cp = (SU - SL)/(6*S) процесса =					0,0819	
SL — нижняя нормативная граница показателя =					1,5	
SU — верхняя нормативная граница показателя =					3,5	
CL — среднее значение показателя =					4,1518	

**Анализ.** Гистограмма показателя процесса (рис. 2.29) сильно отличается от нормального закона распределения. Все численные значения показателя выходят за пределы норматива. Мощность процесса  $Cp = 0,0819$ .

**Вывод.** Процесс производит 100% брака, является полностью неконтролируемым.

Необходимо произвести сплошной контроль продукции, чтобы предотвратить выпуск бракованных изделий и одновременно принять меры к повышению качества, выяснив причины появления дефектов. Иногда приходится заново проводить изучение потребностей потребителей, а также пересматривать нормы.



**Рис. 2.29.** Гистограмма показателя процесса

**Общий вывод.** По пункту “выбор направления улучшения качества” основным направлением улучшения качества работы предприятия является совершенствование работы станков.

## 2. Уяснение ситуации и постановка цели

**Цель:** изучить возможности процесса, определить цель и дату внедрения желаемого численного значения показателя процесса. Основные данные для постановки цели и установки желаемого показателя процесса приведены в табл. 2.21.

*Таблица 2.21*

№	Дата	Переменная процесса	Пояснения
1	28.12	3,73	Фактические значения переменной процесса
2	29.12	4,2025	
3	29.12	4,48	
4	30.12	4,2175	
5	30.12	3,815	
6	31.12	4,23	
7	31.12	4,1225	
8	1.01	4,365	
9	1.01	4,3125	
10	2.01	4,0425	

№	Дата	Переменная процесса	Пояснения
11	3.01		Переходной период до момента получения желаемого результата
12	4.01		
13	5.01		
14	6.01		
15	7.01	3,5	Желаемое значение средней величины переменной процесса

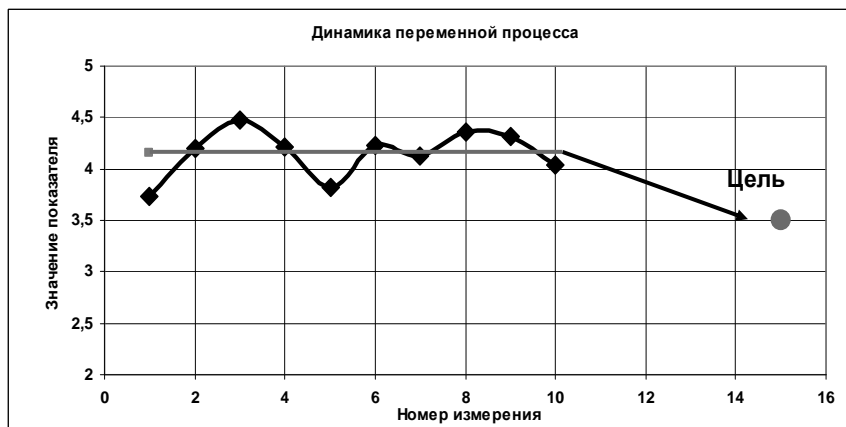


Рис. 2.30. Динамики процесса

**Анализ.** Предлагается через пять дней снизить процент влажности мезги с **4,1518** до **3,5%**, что соответствует нормативам на процесс (рис. 2.30).

Руководство предприятием утверждает, что это реальные планы.

**Вывод.** Решение проблемы заключается в принятии корректирующих мероприятий на приведение процесса в управляемый режим и получение бездефектной продукции.

### 3. Разработка плана действий

**Цель:** разработать реальный план мероприятий для реализации поставленной цели. План действий для достижения цели представлен в виде табл. 2.22.

Таблица 2.22

Задание	Кто отвечает	График работы (дни)				
		1	2	3	4	5
1	Мышкин					
2	Кошкин					
3	Сорокин					
4	Сыркин					

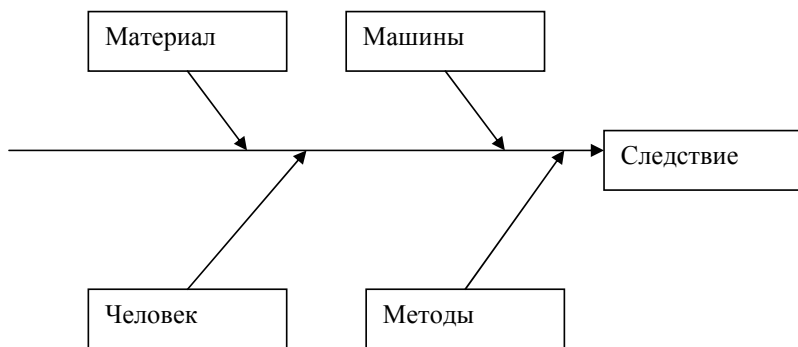
**Анализ.** Для решения поставленной задачи выделено четыре человека, они за пять дней должны реализовать четыре задания, которые позволят улучшить качество выпускаемой продукции.

**Вывод.** Имеется продуманный план действий, который позволит решить проблемы, стоящие перед предприятием.

#### 4. Анализ факторов

**Цель** — поиск причин возникновения несоответствий.

**1. Нахождение взаимосвязи между причинами и результатами**



**Рис. 2.31.** Причинно-следственная диаграмма Исикавы

**Анализ.** При изучении причин несоответствий была использована полная группа управляемых факторов (4М) (рис. 2.31), которые оказывают влияние на любые процессы.

Группа факторов 4М имеет следующий состав:

- 
- (material) — материал;
  - (machine) — машины, оборудование;
  - (men) — человек (оператор);
  - (method) — метод.

К группе факторов 4М следует добавить время (время суток, время года) и среду.

Методами поиска факторов являются эвристический и метод мозговой атаки.

Поиск факторов производится на качественном уровне без использования численных характеристик переменных.

**Вывод.** В анализе участвовала полная группа факторов 4 М, были учтены все существенно важные факторы, следовательно проблема должна быть решена.

## 2. Сбор данных

**Цель:** собрать данные для проверки наличия связи между причиной и следствием. Контрольный листок данных для изучения процесса приведен в виде табл. 2.23.

Таблица 2.23

	Пон		Втор		Ср		Чт	
<b>А</b>	/////		/////		/////		///	
<b>В</b>	///		/		///		////	
<b>С</b>	//		//		//		//	
<b>Д</b>	/		///		///		/	

**Анализ.** Предложены формы контрольных листков, предназначенные для сбора необходимой информации.

**Вывод.** Имеются контрольные листки, которые позволят собрать всю информацию, которая нужна для решения проблемы.

## 3. Проверка взаимосвязи

**Цель:** с помощью регрессионного анализа определить форму зависимости следствия от причины.

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + e.$$

Данные зависимости  $Y$  от  $X$  приведены в табл. 2.24.

Таблица 2.24

№ п/п	Дата	Показатель процесса X (влажность мезги)	Количество (бракованных изделий) Y, шт.
1	28.12	3,73	13
2	29.12	4,2025	12
3	29.12	4,48	16,5
4	30.12	4,2175	12
5	30.12	3,815	15
6	31.12	4,23	10
7	31.12	4,1225	28,6
8	1.01	4,365	12,1
9	1.01	4,3125	16
10	2.01	4,0425	23

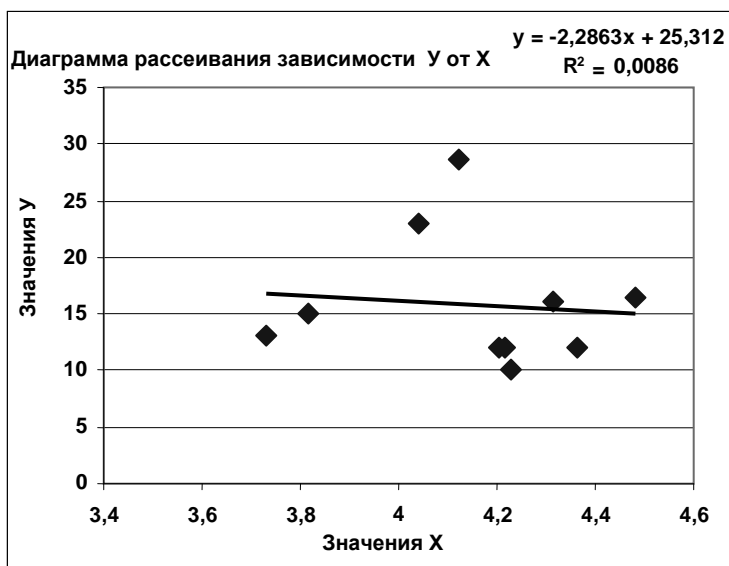


Рис. 2.32. График зависимости Y(X)



**Анализ.** График зависимости количества брака (У) от влажности мезги (Х) (рис. 2.32) показывает наличие функциональной неоднородности. Для четырех измерений с ростом влажности мезги брак резко возрастает, для остальных измерений рост влажности мезги не влияет на величину брака. Для всех измерений коэффициент детерминации практически равен нулю, что говорит об отсутствии зависимости У от Х.

**Вывод.** Влажность мезги не влияет на количество бракованной продукции. Однако имеется несколько аномальных измерений, которые следует более подробно изучить.

#### 4. Расчет степени связи

**Цель:** определить степень линейной связи между причиной и следствием.

Расчет коэффициента корреляции  $r(x, y)$  между Х и У.

Х — причина (влажность семян).

У — следствие (количество бракованных изделий).

$$r(x_i, y_i) = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}.$$

**Анализ.** Коэффициент корреляции меньше критического значения и практически не отличается от нуля.

**Вывод.** Между влажностью семян и количеством брака отсутствует линейная взаимозависимость.

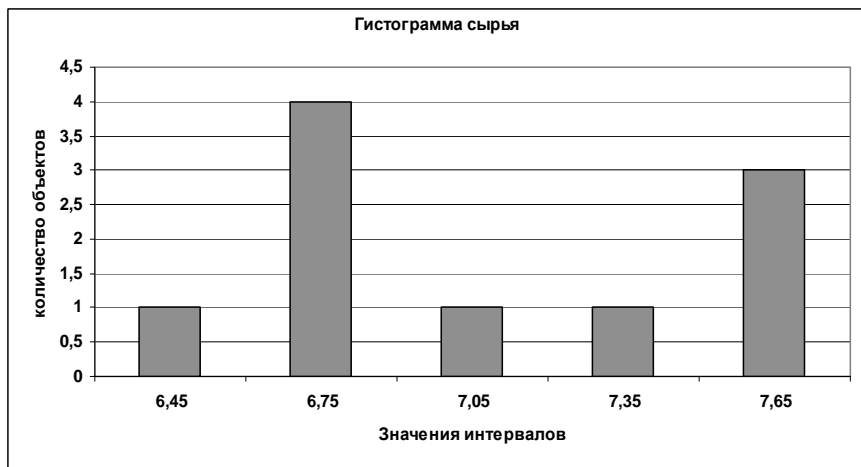
#### 5. Стратификация

**Цель** — проверка однородности сырья, поступающего на обработку. Данные показатели сырья за определенный период приведены в табл. 2.25.

Таблица 2.25

№ п/п	Дата	Влажность семян до обработки, % (стандарт от 6 до 8%)	Номер интервала	Интервалы	Частоты, шт.	Среднее значение интервала
1	28.12	6,8	1	до 6,6	1	6,45
2	29.12	6,9	2	6,7–6,9	4	6,75

№ п/п	Дата	Влажность семян до об- работки, % (стандарт от 6 до 8%)	Номер интерва- ла	Интер валы	Частоты (шт.)	Среднее значение интервала
3	29.12	7,7	3	7,0–7,2	1	7,05
4	30.12	6,6	4	7,3–7,5	1	7,35
5	30.12	6,8	5	7,6–7,8	3	7,65
6	31.12	6,8				
7	31.12	6,8				
8	1.01	7,8				
9	1.01	7,6				
10	2.01	7,3				



**Рис. 2.33.** Гистограмма качества сырья до обработки, которая служит для обнаружения стратификации показателя сырья

**Анализ.** Кривая гистограммы (рис. 2.33) содержит два “горба”, что указывает на неоднородность сырья.

**Вывод.** Исходное сырье является неоднородным, необходима доведение сырья до однородного состояния, хотя влажность семян находится в допустимых пределах.

## 6. Проверка процессов изготовления продукции

**Цель:** проверка процессов на соответствие техническим нормативам на процесс.

Имеются данные работы одного пищевого предприятия по производству растительного масла за период с 28 декабря предыдущего года по 12 декабря текущего года.

Необходимо построить контрольную карту ( $\bar{X}$ сп – R) для проверки устойчивости процесса жарки семян по четырем жаровням. База данных за этот период приведена в табл. 2.26.

Таблица 2.26

№ п/п	Дата	Влажность мезги по жаров- ням ( < 3,5%)				Сред.	R	X(LCL)	X(UCL)
		Ж1	Ж2	Ж3	Ж4				
1	2	3	4	5	6	10	11	12	13
1	28.12	3,73	3,48	3,59	4,12	3,73	0,64	3,5619	4,7416
2	29.12	4,05	4,97	3,59	4,20	4,2025	1,38	3,5619	4,7416
3	29.12	4,55	4,14	4,73	4,50	4,48	0,59	3,5619	4,7416
4	30.12	3,98	3,98	4,64	4,27	4,2175	0,66	3,5619	4,7416
5	30.12	4,04	4,1	4,04	3,08	3,815	1,02	3,5619	4,7416
6	31.12	4,35	4,55	4,29	3,73	4,23	0,82	3,5619	4,7416
7	31.12	3,98	4,15	3,84	4,52	4,1225	0,68	3,5619	4,7416
8	1.01	3,74	4,76	4,14	4,82	4,365	1,08	3,5619	4,7416
9	1.01	3,98	4,65	4,04	4,58	4,3125	0,67	3,5619	4,7416
10	2.01	4,20	3,70	4,24	4,03	4,0425	0,54	3,5619	4,7416
Сред		4,06	4,248	4,114	4,185	4,1518			
Rcp							0,808		

Контрольная карта для  $\bar{X}$ сп

$X(LCL) = \bar{X}_{\text{сп.об.}} - A_2 * R_{\text{сп}} =$	3,5619
$X(UCL) = \bar{X}_{\text{сп.об.}} + A_2 * R_{\text{сп}} =$	4,7416
Нормативное значение $UCL_n <$	3,5%
Контрольная карта для R (размах).	

$R(LCL) = D3 \cdot R_{cp} =$	0		
$R(UCL) = D4 \cdot R_{cp} =$	1,8422		
$\bar{X}_{cp.ob.}(CL) =$	4,1518		
$R_{cp}(CL) =$	0,808	<b>n =</b>	4
Объем выборки n	Коэффициенты		
	A2	D3	D4
4	0,73	0	2,28
5	0,58	0	2,11

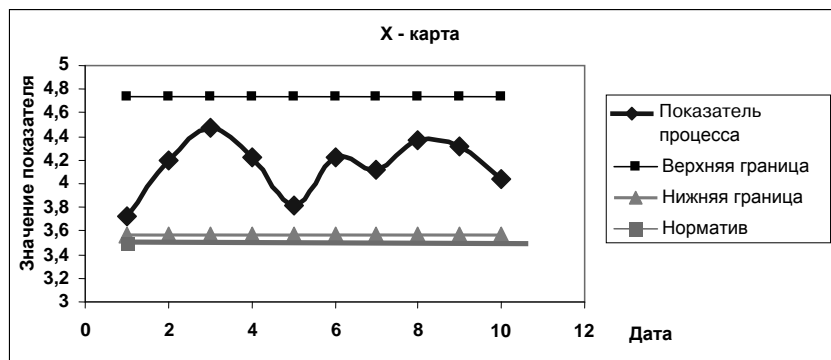


Рис. 2.34. X-карта

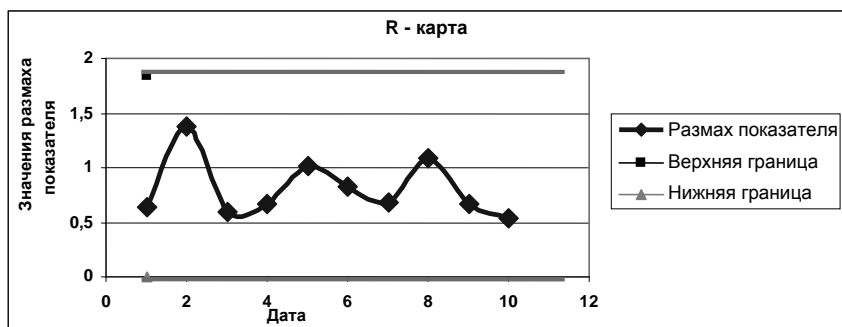


Рис. 2.35. R-карта

$R = X_{\max} - X_{\min}$  — размах показателя  $X$ .

---

**Анализ.** Средние значения влажности мезги и размах (рис. 2.34, 2.35) находятся в рамках контрольных границ, и процесс является стабильным. Однако все средние значения  $\bar{X}_{ср}$  находятся за пределами нормативных границ, что указывает на получение дефектной продукции.

**Вывод.** Процесс происходит стабильно, но нормативные границы не соответствуют контрольным границам. Необходимо или изменить процесс или изменить нормативные границы.

### **5. Разработка и внедрение корректирующих мер**

**Цель:** разработать и внедрить корректирующие мероприятия к заданному сроку.

Данный пункт выполняется в такой последовательности:

- 1) спланировать решение;
- 2) выполнить план;
- 3) проверить результат;
- 4) внедрить изменения.

Предложенная схема улучшения качества продукции имеет особенность, которая заключается в том, что, прежде чем внедрять корректирующие меры, необходимо провести эксперимент. Если получится положительный результат, то только после этого внедрять предложения в производство.

**Анализ.** Результаты эксперимента показывают, что предложенные меры должны обеспечить получение желаемого результата.

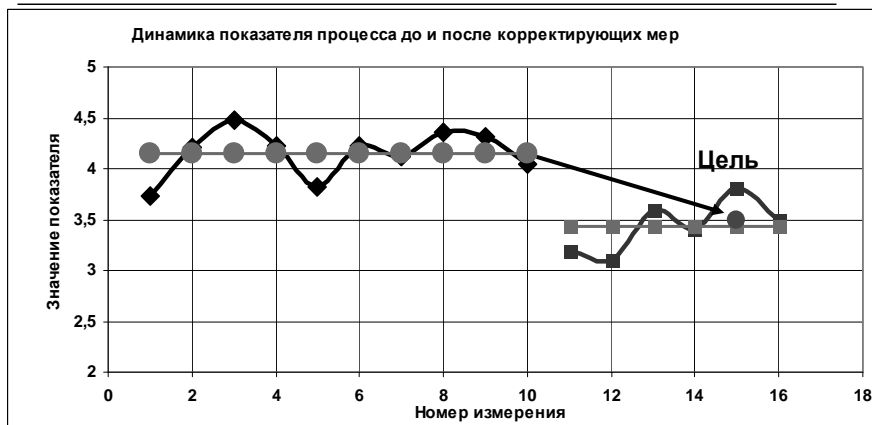
**Вывод.** Разработка и внедрение корректирующих мер соответствует системному решению проблемы, и предложения по внедрению изменений проверены экспериментом.

### **6. Подтверждение эффективности**

**Цель:** проверить эффективность проведенных корректирующих мероприятий. Исходные данные для определения тенденции динамики определяющего показателя процесса до и после корректирующих мер приведены в табл. 2.27.

**Анализ.** После проведения корректирующих мер влажность мезги снизилась до нормативного значения и соответствует поставленной цели (рис. 2.36).

№ п/п	Дата	Показатель процесса до коррек- тирующих мер (влаж- ность мезги)	Среднее значение Хср	Показатель процесса по- сле коррек- тирующих мер (влаж- ность мезги)	Среднее значение Хср	Цель
1	28.12	3,73	4,1518			
2	29.12	4,2025	4,1518			
3	29.12	4,48	4,1518			
4	30.12	4,2175	4,1518			
5	30.12	3,815	4,1518			
6	31.12	4,23	4,1518			
7	31.12	4,1225	4,1518			
8	1.01	4,365	4,1518			
9	1.01	4,3125	4,1518			
10	2.01	4,0425	4,1518			
11	3.01			3,2	3,4333	
12	3.01			3,1	3,4333	
13	4.01			3,6	3,4333	
14	4.01			3,4	3,4333	
15	5.01			3,8	3,4333	3,5
16	5.01			3,5	3,4333	
Среднее		4,1518		3,4333		

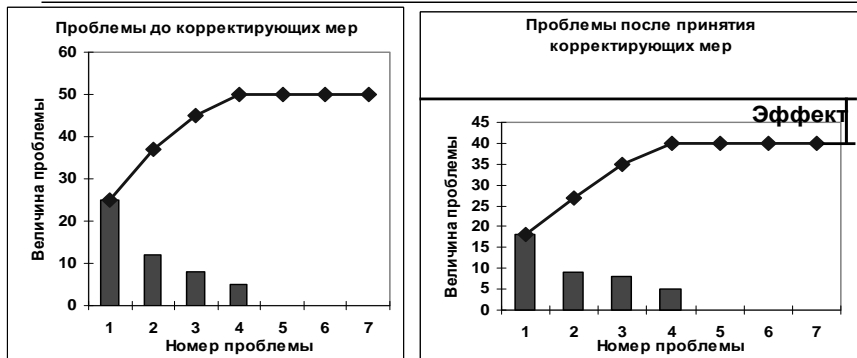


**Рис. 2.36.** Динамика показателя процесса

**Вывод.** Корректирующие мероприятия достигли своей цели. Данные качества продукции до и после корректирующих мер приведены в табл. 2.28.

*Таблица 2.28*

Номер проблемы (номер устройства)	Величина проблемы до корректирующих мер (количество брака, шт.)	Сумма	Величина проблемы после корректирующих мер (количество брака, шт.)	Сумма
1	25	25	18	18
2	12	37	9	27
3	8	45	8	35
4	5	50	5	40
5	0	50	0	40
6	0	50	0	40
7	0	50	0	40



**Рис. 2.37.** Диаграммы Парето до и после принятия корректирующих мер

**Анализ.** Анализ диаграмм Парето до и после корректирующих мероприятий (рис. 2.37) показывает, что общая сумма несоответствий изменилась с 50 до 40 шт. Эффект от принятых мер составил 10 шт.

**Вывод.** Эффект от принятия корректирующих мер составил 10 шт. Проблема 1 остается доминирующей в общей сумме всех несоответствий.

## 7. Новая норма управления

**Цель:** установить новую норму управления процессом после проведенных корректирующих мероприятий, которые существенно улучшили качество продукции. Анализ динамики процесса до и после установления новой нормы управления представлен в виде табл. 2.29.

Таблица 2.29

№	Дата	“Прошлый” процесс			“Новый” процесс		
		Количество (бракованных изделий) рп	Среднее значение процесса CL	Верхняя норма (прошлая) UCL	Количество (бракованных изделий) рп	Среднее значение процесса CL	Верхняя норма (новая) UCL
1	2	3	4	5	6	7	8
1	28.12	13	15,82	26,768			



1	2	3	4	5	6	7	8
2	29.12	12	15,82	26,768			
3	29.12	16,5	15,82	26,768			
4	30.12	12	15,82	26,768			
5	30.12	15	15,82	26,768			
6	31.12	10	15,82	26,768			
7	31.12	28,6	15,82	26,768			
8	1.01	12,1	15,82	26,768			
9	1.01	16	15,82	26,768			
10	2.01	23	15,82	26,768			
11	3.01				8	6,6667	14,15
12	3.01				7	6,6667	14,15
13	4.01				6	6,6667	14,15
14	4.01				5	6,6667	14,15
15	5.01				8	6,6667	14,15
16	5.01				6	6,6667	14,15

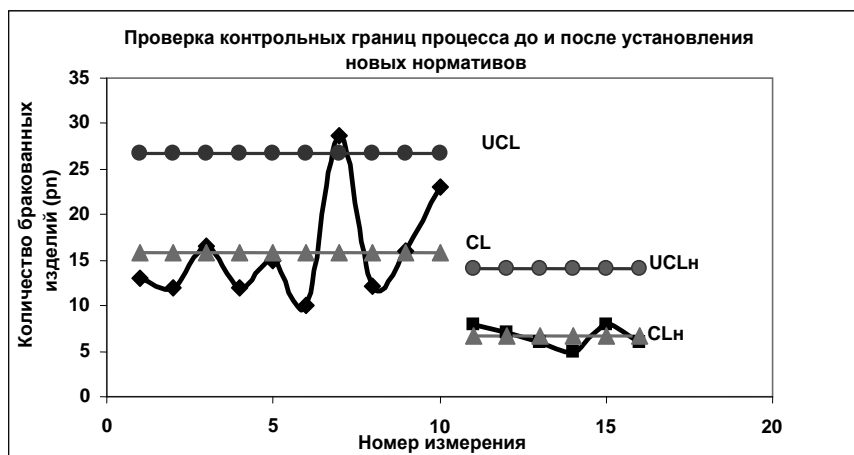


Рис. 2.38. Проверка контрольных границ процесса

---

**Анализ.** Среднее значение брака до принятия мер составило 15,82 (рис. 2.38).

Среднее значение брака после принятия мер составило 6,6667.

Количество бракованной продукции уменьшилось в 2,373 раза.

После принятия мер процесс проходит в пределах нормы.

**Вывод.** Среднее значение брака после корректирующих мероприятий существенно уменьшилось, и процесс стал более стабильным.

## 10.4. Системный анализ качества систем

Системный анализ качества систем состоит в том, что необходимо использование моделей, обеспечивающих системный анализ всех процессов, происходящих в организациях и предприятиях.

Известно несколько таких моделей.

Однако остановимся на моделях, признанных мировым научным сообществом в области систем менеджмента качества.

**Моделями системного анализа качества систем** являются:

- премия Правительства Российской Федерации в области качества: [www.gost.ru](http://www.gost.ru)
- европейская премия качества: [www.efqm.org/award.htm](http://www.efqm.org/award.htm)
- европейская модель превосходства: [www.efqm.org/unodel/modelintro.htm](http://www.efqm.org/unodel/modelintro.htm)
- национальная премия качества Малкольма Болдриджа: [www.quality.nist.gov](http://www.quality.nist.gov)

Более подробно остановимся *на премии Правительства Российской Федерации в области качества*.

Ежегодный конкурс на соискание премии Правительства Российской Федерации в области качества, оценочные критерии которого гармонизированы с моделью престижной Европейской премии по качеству, предоставил российским организациям современный инструмент целенаправленного

развития, совершенствования деятельности и повышения конкурентоспособности.

В основу модели премий заложены принципы всеобщего менеджмента качества:

- ориентация на потребителя;
- лидерство руководства и последовательность в достижении целей;
- менеджмент на основе понимания процессов и фактов;
- вовлечение персонала;
- непрерывная познавательная деятельность и инновации;
- развитие партнерства;
- взаимодействие с обществом;
- ориентация на результаты.

Премии по качеству обеспечивают их лауреатам имидж лидера, репутацию надежного производителя высококачественной и конкурентоспособной продукции или услуги, способствуют привлечению новых партнеров и заказчиков, сохранению и увеличению существующей доли рынка, ведут к росту прибыли и, соответственно, открывают новые деловые возможности. Лауреаты получают право использования эмблемы премии на фирменных бланках, в своих рекламных материалах.

Кроме лауреатов по итогам конкурса определяются также организации, которые за успехи в области качества награждаются дипломами Совета по качеству.

Но даже не участвуя в конкурсе, любая организация (на каком бы уровне развития она не находилась) может применять критерии премии для самооценки. Это позволит ей получить всестороннюю картину своей деятельности, оценить, насколько деятельностью предприятия удовлетворены потребители, персонал, поставщики, общество, и на этой основе определить приоритетные направления совершенствования.

Модель премии Правительства Российской Федерации в области качества приведена на рис. 2.39.



**Рис. 2.39.** Модель и критерии премии Правительства Российской Федерации в области качества

Организации — участники конкурса оцениваются в баллах по модели, включающей в себя две группы критериев:

— первая группа критериев характеризует, **как** организация **добывается результатов** в области качества, **что делается** для этого (“**возможности**”);

— вторая группа критериев характеризует, **что достигнуто** (“**результаты**”).

**Первая группа** включает в себя критерии:

- лидирующая роль руководства (критерий 1);
- политика и стратегия организации в области качества (критерий 2);
- персонал (критерий 3);
- партнерство и ресурсы (критерий 4);
- процессы, осуществляемые организацией (критерий 5).

**Вторая группа** включает в себя критерии:

- удовлетворенность потребителей качеством продукции и услуг (критерий 6);
- удовлетворенность персонала (критерий 7);
- влияние организации на общество (критерий 8);
- результаты работы организации (критерий 9).

---

## **Критерий 1. Лидирующая роль руководства**

**Содержание критерия:** Как руководители всех уровней определяют предназначение организации, вырабатывают стратегию ее развития и способствуют ее реализации; как они формируют ценности, необходимые для достижения долгосрочного успеха, и внедряют их с помощью соответствующих мероприятий и личного примера; насколько они вовлечены в деятельность, обеспечивающую развитие и внедрение системы менеджмента организации.

**Составляющие критерия:** Критерий охватывает следующие пять направлений деятельности, по которым должна быть представлена информация для оценки:

- Определение руководителями предназначения организации, стратегии ее развития и ценностей, демонстрация на личных примерах своей приверженности культуре качества.
- Вовлечение руководителей в деятельность, обеспечивающую разработку, внедрение и постоянное совершенствование системы менеджмента организации<sup>1</sup>.
- Вовлечение руководителей в работу с потребителями, партнерами и представителями общества.
- Мотивация, поддержка и поощрение руководителями персонала организации\*.
- Определение и поддержка руководителями перемен в организации.

## **Критерий 2. Политика и стратегия организации в области качества**

**Содержание критерия:** Как организация реализует свои предназначение и стратегию развития посредством ориентации на потребности заинтересованных сторон, разработку политики, планов, целей и процессов.

**Составляющие критерия:** Критерий охватывает следующие четыре направления деятельности, по которым должна быть представлена информация для оценки:

---

<sup>1</sup> Здесь и далее знак \* показывает, что данная составляющая критерия **не применяется** для оценки организации с численностью работающих не более 250 человек.

---

• Определение существующих и будущих потребностей и ожиданий заинтересованных сторон для разработки политики и стратегии.

• Использование информации, полученной в результате измерений, исследований, познавательной и творческой деятельности, для разработки политики и стратегии\*.

• Разработка, анализ и актуализация политики и стратегии.

• Развертывание и доведение до сведения персонала политики и стратегии в рамках структуры ключевых процессов.

### **Критерий 3. Персонал**

**Содержание критерия:** Как организация управляет персоналом, развивает и использует его знания и потенциал на индивидуальном уровне, на уровне групп и всей организации; как она планирует виды деятельности в целях претворения в жизнь политики и стратегии, а также в целях эффективной реализации своих процессов.

**Составляющие критерия:** Критерий охватывает следующие пять направлений деятельности, по которым должна быть представлена информация:

• Планирование, управление и улучшение работы с персоналом.

• Определение, развитие и поддержка знаний и компетентности персонала.

• Вовлечение персонала в деятельность по претворению в жизнь политики и стратегии организации и наделение его полномочиями.

• Общение персонала в организации.

• Поощрение персонала и забота о нем\*.

### **Критерий 4. Партнерство и ресурсы**

**Содержание критерия:** Как организация планирует внутренние ресурсы и свои взаимоотношения с внешними партнерами и как управляет ими в целях претворения в жизнь политики и стратегии, а также в целях эффективной реализации своих процессов.

**Составляющие критерия:** Критерий охватывает следующие пять направлений деятельности, по которым должна быть

представлена информация: внешние партнеры; финансовые ресурсы; инфраструктура и материальные ресурсы; технологии; информация и знания.

#### **Критерий 5. *Процессы, осуществляемые организацией***

**Содержание критерия:** Как организация проектирует процессы, осуществляет менеджмент процессов и совершенствует их в целях претворения в жизнь политики и стратегии, а также полного удовлетворения и создания ценности для своих потребителей и других заинтересованных сторон.

**Составляющие критерия:** Критерий охватывает следующие пять направлений деятельности, по которым должна быть представлена информация:

- Систематическое проектирование и менеджмент процессов.
- Совершенствование процессов с использованием инноваций в целях более полного удовлетворения требований потребителей и других заинтересованных сторон.
- Проектирование и разработка продукции и услуг на основе ожиданий потребителей.
- Производство, поставка и последующее обслуживание продукции и услуг.
- Менеджмент и улучшение взаимоотношений с потребителями\*.

#### **Критерий 6. *Удовлетворенность потребителей качеством продукции и услуг***

**Содержание критерия:** Результаты, которых добилась организация в отношении удовлетворения интересов внешних потребителей.

**Составляющие критерия:** Критерий включает в себя следующие две составляющие, по которым должна быть представлена информация:

- Показатели восприятия потребителями организации, качества ее продукции и услуг.
- Показатели работы организации по повышению удовлетворенности потребителей.

#### **Критерий 7. *Удовлетворенность персонала***

---

**Содержание критерия** Результаты, которых добилась организация в отношении удовлетворения своего персонала.

**Составляющие критерия:** Критерий включает в себя следующие две составляющие, по которым должна быть представлена информация:

- Показатели восприятия персоналом своей работы в организации.
- Показатели работы организации по повышению удовлетворенности персонала.

### **Критерий 8. Влияние организации на общество**

**Содержание критерия:** Результаты, которых добилась организация в отношении удовлетворения интересов общества на местном, национальном и мировом уровнях.

**Составляющие критерия:** Критерий включает в себя следующие две составляющие, по которым должна быть представлена информация:

- Показатели восприятия обществом деятельности организации.
- Показатели работы организации по повышению удовлетворенности общества.

### **Критерий 9. Результаты работы организации**

**Содержание критерия:** Результаты, которых добилась организация в отношении запланированных целей в работе.

**Составляющие критерия:** Критерий включает в себя следующие две составляющие, по которым должна быть представлена информация.

- Финансовые показатели работы организации.
- Качество продукции и услуг и другие результаты работы организации.

## **Тестовые задания**

1. Дайте определение понятию “системный анализ”.
2. Определите объект и предмет изучения данного раздела дисциплины.
3. Существуют или нет различия в понятиях “системный подход” и “системный анализ”.



---

4. Назовите основные принципы системного анализа

5. Как соотносятся понятия “системный анализ” и “синтез”?

Правомерно ли рассматривать в разделе системного анализа вопросы синтеза систем.

6. Назовите основные понятия системного анализа.

7. Назовите основные цели и задачи системного анализа.

8. Как соотносятся понятия цель и задача?

9. Какие структуры целей могут быть?

10. Назовите основные закономерности целеобразования.

11. Что такое проблема?

12. Назовите основные типы проблем.

13. Что такое стандартная проблема? Приведите пример стандартной проблемы.

14. Что такое определенная проблема? Приведите пример определенной проблемы.

15. Что такое слабо определенная проблема? Приведите пример слабо определенной проблемы.

16. Что такое неопределенная проблема? Приведите пример неопределенной проблемы.

17. Что такое противоречие? Назовите основные типы противоречий.

18. Как выявить проблему?

19. Что такое путь решения проблемы?

20. Назовите основной инструмент системного анализа.

21. Укажите правильную последовательность в алгоритме анализа систем.

22. Приведите алгоритм синтеза систем.

23. Существует ли комплексный алгоритм анализа и синтеза систем? Если да, то в чем его суть?

24. Что такое декомпозиция системы?

25. Что такое композиция (синтез) системы?

26. В чем суть информационного подхода к анализу систем?

27. Что такое сложная экспертиза?

28. Определите основные направления организации сложных экспертиз.

- 
29. Определите сложную экспертизу как систему.
  30. Назовите элементы этой системы и укажите взаимосвязи между ними.
  31. Сформулируйте цели и задачи сложной экспертизы.
  32. Укажите методы проведения сложной экспертизы.
  33. Определите оптимальную последовательность работ при подготовке сложной экспертизы.
  34. Определите порядок выполнения мероприятий и работ при проведении сложной экспертизы.
  35. Как оформить результаты проведения сложной экспертизы?
  36. В чем суть методов последовательного анализа при проведении сложных экспертиз?
  37. Что такое приемочное и браковочное числа?
  38. В чем суть последовательного анализа при экспертизе на основе отбраковки неприемлемых вариантов?
  39. В чем суть последовательного анализа при экспертизе по сравнительной оценке эффективности двух систем?
  40. В чем суть последовательного анализа при экспертизе качества системы по среднему значению выбранного параметра?
  41. В чем суть последовательного анализа при экспертизе качества системы по дисперсии выбранного параметра?
  42. Назовите методы экспертных оценок, используемые при проведении сложных экспертиз.
  43. В чем состоит суть метода парных сравнений?
  44. В чем состоит суть метода ранжировки мнений?
  45. В чем состоит суть метода шкальных оценок?
  46. Что такое причинно-следственная диаграмма?
  47. В чем состоит суть управления с позиций теории систем и системного анализа?
  48. Назовите основные элементы системы управления.
  49. В чем суть преобразования информации в системах управления?
  50. Покажите связи между различными элементами системы управления.
  51. Что такое управленческое решение? Назовите виды управленческих решений.

- 
52. Какими показателями характеризуется среда в экономических системах?
53. Что такое управляющее воздействие? На основе чего формируется управляющее воздействие?
54. Покажите основные элементы алгоритма выработки решения. Укажите правильную последовательность этих элементов.
55. Что такое уяснение задачи? Назовите содержание элементов процесса уяснения задачи.
56. Что значит оценить обстановку? Определите правильную последовательность процессов в ходе оценки обстановки.
57. Каким образом выявляется и формулируется проблема? Что значит выявить проблему?
58. Как определяются пути решения проблемы в ходе выработки решений?
59. В чем состоит суть исследования управляемой системы и выработки решения математическими методами?
60. В чем состоит суть исследования управляемой системы и выработки решения кибернетическим методом?
61. В чем состоит суть исследования управляемой системы и выработки решения на основе аналогий?
62. В чем состоит суть исследования управляемой системы и выработки решения на основе интуиции?
63. В чем состоит суть исследования управляемой системы и выработки решения на основе комбинации различных методов?
64. Можно или же нельзя для оценки качества решения использовать общий подход оценки качества систем?
65. Что такое критерий оптимальности? Чем критерий оптимальности отличается от критерия эффективности?
66. Назовите основные критерии оптимальности, применяемые при принятии решений в условиях определенности.
67. Назовите основные критерии оптимальности, применяемые при принятии решений в условиях неопределенности, в условиях риска.
68. Как принимаются решения, когда цель системы “размыта”, нельзя сформировать ни единственный, ни частные критерии?

---

69. Какие методы принятия решения используются, если качество системы характеризуется несколькими критериями?

70. Укажите методы работы органа управления системой при выработке и принятии решения.

71. Покажите условия, характерные для реализации каждого из методов работы органов управления.

72. К качеству решения предъявляется три требования. Вероятности удовлетворения каждого из требований соответственно равны 0,97, 0,9 и 0,98. Оценить качество решения.

73. Назовите основные ошибки, которые может допустить орган управления системой в ходе выработки управляющего воздействия.

74. Назовите субъективные факторы, влияющие на качество решения.

75. В чем суть системного анализа при оценке количества продукции?

---

## Раздел III. Моделирование систем

---

### Глава 11. Основы моделирования экономических систем

#### 11.1. Общие положения по моделированию экономических систем

##### 11.1.1. Определение понятия “модель”

**Модель** (франц.) — аналог или образец чего-либо, условный образ объекта исследования.

Например, объектом исследования в сервисе являются системы обслуживания клиентов.

Слово “**образ**” означает не зеркальное отображение объекта исследования, а **отображение основных его свойств**, существенных для целей исследования. Все остальные свойства объекта не изучаются, и предполагается, что они удовлетворяют каким-либо условиям. Создание образа объекта всегда сопровождается его упрощением и идеализацией с помощью наложения на объект изучения определенных ограничений и условий.

Слово “**условный**” означает наложение каких-либо условий, ограничений на объект исследования, позволяющих его упростить и идеализировать.

Создание условного образа системы обслуживания (объекта) означает наложение на объект изучения следующих **условий на свойства переменных** как внутри объекта, так и в окружающей его среде:

- система находится в состоянии динамического равновесия, при нормальной (эффективной) работе всех ее элементов;

---

- переменные системы имеют определенный закон распределения;

- вероятность того, что число заявок, поступающих на обслуживание за промежуток времени продолжительностью  $t$ , равно  $k$ , определяется по закону Пуассона;

- выходной поток заявок подчиняется показательному закону распределения;

- время ожидания в очереди подчиняется экспоненциальному закону распределения<sup>1</sup>;

- стоимость покупки однородных товаров подчиняется нормальному закону распределения;

- имеются основные и второстепенные факторы, которые соответственно влияют на основные и вспомогательные функции деятельности объекта;

- предполагается, что значения факторов находятся в границах допустимых значений;

- изучаемая система является управляемой.

**Предметом исследования** могут быть функциональные связи, которые имеются в системе. Для их отображения используются математические модели.

**Математические модели** — совокупность математических средств, с помощью которых отображаются функциональные зависимости элементов объекта изучения.

**Моделирование** — процесс разработки модели, а также процесс ее использования для получения количественно-качественных характеристик какого-либо процесса или явления.

**Структура модели** характеризует совокупность элементов и отношений между ними.

**Прогноз** — то, что может произойти (в будущем) в результате применения системы.

**Прогнозирование** — это общая категория, процесс получения прогноза. Модель используется для получения параметров прогноза.

---

<sup>1</sup> Спирин А. А., Фомин Г. П. Экономико-математические методы и модели в торговле. — М.: Экономика, 1988. — С. 62.

---

**Критерий** — мерило чего-либо.

$K_3 = \max f(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, B_1, B_2, B_3)$ , или  $f(\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, B_1, B_2, B_3) \leq K_3^*$ ,

где  $\Phi_1, \dots, \Phi_n$  — параметры, характеризующие условия экономического процесса;

$B_1, \dots, B_n$  — параметры, характеризующие вариант деятельности системы (управления);

$K_3, K_3^*$  — вычисленное и нормативное значения критериев соответственно.

Например, критериями могут быть значение максимальной прибыли предприятия или же прибыль предприятия, при которой оно находится на границе финансовой устойчивости.

**“Тело модели”** — то, что является носителем информации, и то, что преобразует ее (математические, реальные физические материалы и т. д.).

**Функциями моделирования** являются: описание, объяснение и прогнозирование поведения реальной системы, а также улучшение процессов.

**Цели моделирования:** поиск оптимальных решений; оценка эффективности решения; определение свойств системы.

В исследовании и моделировании экономических систем обычно выделяются **три уровня** использования **количественных методов**: измерение, математическое моделирование и принятие решений.

**Уровень измерений** — количественное представление переменных и количественных закономерностей. **Математическое моделирование** — описание результатов измерения математическими зависимостями. Принятие решений — поиск значений переменных, оптимизирующих объекты в заданном направлении. Все три уровня взаимно обуславливают и дополняют друг друга, но при этом каждый имеет свою специфику.

Экономико-математическая модель, выступая в роли инструмента исследования, должна не только описывать состояние объекта заранее установленным способом, но и способствовать его изменению, а также получению оценки результатов такого изменения, т. е. должна носить нормативно-оценочный характер.

Варьируя измерителями можно активно вмешиваться в процессы измерения, моделирования, анализа и принятия решений. Многозначность понятий анализируемых явлений, многовариантность косвенных экономических измерений обуславливают необходимость нормативного подхода к формированию экономических измерителей. Нормативность в данном случае означает соответствие некоторому набору требований.

Исследователи, занимающиеся проблемами экономического измерения, моделирования и анализа, называют большое число самых разнообразных требований: самых общих и очень конкретных, формальных и содержательных, относящихся к разным элементам экономического анализа, к отдельным показателям и к их системам. В научной литературе упоминается более семидесяти разных требований.

В соответствии с выделением синтаксического, семантического и прагматического аспекта в рассмотрении информации можно разделить все **требования, предъявляемые к аналитической модели**, на *формальные, содержательные и целевые* соответственно.

Кроме этого, **требования к измерителю** можно классифицировать следующим образом:

- 1) требования к отдельным параметрам (индикаторам);
- 2) требования к совокупности параметров (к формированию признакового пространства);
- 3) требования к модели в целом (к конструкции из индикаторов).

Рассмотрим эти требования так, как они описаны в научной литературе.

• **Класс (1.1)** — формальные требования к индикаторам: измеримость используемых показателей; однородность и устойчивость структуры анализируемых явлений; аналогия, соответствие поведения; совпадение форм индикаторного и латентного распределений; объективность оценки; чувствительность к относительно небольшим изменениям явления; достаточность информационной базы для практического использования показателя; точность; возможность использования ЭВМ и др.



---

• **Класс (1.2)** — содержательные требования к индикатору: теоретическая обоснованность выбора и применимости; отражение особенностей объекта и причинно-следственных связей; возможность экспериментальной проверки эффективности индикатора; эмпирическая интерпретируемость получаемых численных значений и др.

• **Класс (1.3)** — целевые требования к индикатору: соответствие целям и задачам исследования, существенность, значимость, ценность, полезность; взаимосвязь с действующей системой планирования и учета; гибкость, адаптивность; сравнимость значений индикатора (показателя) для разных объектов и для одних и тех же объектов, но в разные промежутки времени; универсальность, т. е. пригодность для решения различных задач; быстрота и экономичность получения результатов и др.

• **Класс (2.1)** — формальные требования к формированию признаков пространства: минимальное число и независимость признаков; агрегирование (группировка) признаков и/или выбор “представителя” из группы признаков; замена исходных признаков их линейными комбинациями и др.

• **Класс (2.2)** — содержательные требования к формированию признаков пространства: системность, взаимосвязанность с другими показателями; комплексность и полнота отражения свойств; четкая структурированность, т. е. разделение на отдельные блоки, отражающие разные свойства и др.

• **Класс (2.3)** — целевые требования к формированию признаков пространства: достаточное число признаков для интегральной оценки и анализа объекта; пропорциональность числа признаков значимости отображаемого явления; наглядность и др.

• **Класс (3.1)** — формальные требования к модели: размерная однородность левых и правых частей используемых уравнений; единообразие выражения переменных; инвариантность относительно допустимых преобразований, использовавшейся шкалы и др.

• **Класс (3.2)** — содержательные требования к модели: соответствие методики расчета характеру исходных параметров; интерпретируемость модели показателя в целом и др.

---

• **Класс (3.3)** — целевые требования к модели: способность сохранять свою структуру во времени и при увеличении числа выделяемых факторов; сохранение собственного смысла каждого индикатора в модели и др.

Перечисленные требования служат основанием при разработке принципов конструирования и оценки качества моделей, предназначенных для экономического анализа — *аналитических моделей*.

**Назначение аналитической модели** — обеспечение обработки экономической информации с целью предоставления ее в наглядной форме для удобства экономического анализа и принятия управленческих решений.

Аналитическая модель должна фиксировать значения экономических показателей и устанавливать факт их соответствия (несоответствия) норме (цели, критерию, прогнозу и т. п.), что обеспечивает диагностику и контроль предприятия. Кроме этого аналитическая модель должна обеспечить интерпретацию полученных данных и формирование содержательных выводов из них. Это касается прежде всего оценки результатов хозяйственной деятельности, которые выступают связующим звеном между анализом и принятием решений. Необходимым признаком аналитической модели выступает также создание информационных условий для выявления основных экономических проблем и факторов улучшения или ухудшения результатов хозяйственной деятельности. Для получения таких сведений необходима разработка соответствующих методов оценки, которые должны не только пассивно отражать фактическое состояние, но и способствовать своевременному принятию решений для внесения коррективов в стратегию и тактику хозяйственной деятельности.

### **11.1.2. Классификация моделей**

По признаку средств моделирования можно выделить материальные (физические) и абстрактные модели.

**Материальные модели** воспроизводят основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики изучаемого явления или объекта с помощью материальных средств.

С помощью таких моделей можно моделировать поиск оптимального варианта размещения технологического и торгового оборудования, потока покупателей, путей перемещения товаров. Материальное моделирование носит по своей природе экспериментальный характер.

**Пример.** Можно определить разные варианты размещения оборудования на выделенной территории с помощью моделирования размещения макетов оборудования и выбора оптимального варианта их размещения, удовлетворяющего определенному критерию.

**Абстрактные модели** — плод человеческого мышления.

По способам моделирования абстрактные модели подразделяются на три вида: *графические, словесно-описательные и математические.*

**Графические модели** — визуальное представление с помощью графиков, диаграмм, схем исходных данных и результатов их обработки; информационных потоков; структуры предприятия и процессов. Носителям графических моделей могут быть бумага, пленка, изображение на экране дисплея и настенном экране.

Использование графических моделей позволяет получить следующие преимущества:

- быстро и в полном объеме воспроизводится информация, которая нужна для принятия решения;
- график исходных данных позволяет визуально определить все виды регулярностей, которые в них имеются, гораздо эффективнее, чем любые математические модели;
- позволяет уменьшить размер доклада в два-три раза.

Имеются определенные *требования к построению графических изображений*:

- количество элементов на рисунке должно быть около 7, но не больше 10;
- ширина и высота рисунка должны быть равны соотношению “золотого сечения”, соответственно 5 и 3;
- размер элементов рисунка должен обеспечить их видимость всем зрителям.

---

**Словесно-описательные** — комплекс слов, характеризующих поведение изучаемого явления или объекта, правила поведения человека в различных жизненных ситуациях. Примерами словесно-описательных моделей могут быть технические задания, пояснительные записки, обзоры конъюнктуры рынка и конкурентов, общая характеристика магазина. Словесно-описательные модели позволяют достаточно полно на качественном уровне описывать объект управления.

**Пример.** Приведем *словесно-описательную модель* сервисной организации.

Сервисная организация существует в пространстве и во времени в правовой и законодательной среде общества в сочетании с потребностями своих сотрудников, существующих и будущих клиентов при соблюдении закона сохранения ресурсов: финансовых, людских, материальных, духовных, моральных и этических.

**Математические модели** — совокупность математических средств, отображающих функциональные зависимости элементов объекта изучения.

Математические модели подразделяются на *детерминированные (определенные)* и *стохастические (вероятностные или неопределенные)*.

*Детерминированные (определенные) модели* характерны тем, что результат решения задачи полностью предопределяется заданным набором исходных данных.

*Стохастические (вероятностные или неопределенные) модели* описывают такие процессы, для оценки параметров которых используются вероятностные характеристики при отсутствии некоторых данных об объекте (моделирование товарооборота в условиях вероятности поставок товаров).

**Областью использования моделей** являются: обучение, научные исследования, управление.

**По признаку полноты** моделирование: полное; неполное; приближенное.

**Полное** моделирование обеспечивает построение модели, которая идентична объекту изучения как во времени, так и в пространстве.

---

При *неполном* моделировании идентичность модели и объекта нарушается.

При *приближенном* моделировании некоторые стороны реального объекта совсем не моделируются.

Модели экономического процесса могут классифицироваться в соответствии со следующими признаками:

1. Целевое предназначение модели: исследовательские (получение количественных характеристик и установление закономерностей); органов управления (для принятия решения, планирования, организации деятельности, контроля и др.); модели, используемые в составе автоматизированных информационных систем управления технологическими процессами.

2. Способ представления оригинала: натурно-теоретические; натурные; теоретические: мысленные (логические); математические (аналитические; статистические); смешанные логико-графические; графоматематические (графоаналитические, графостатистические); графические; комбинированные.

3. Вид моделируемого процесса (в соответствии с этим признаком): стратегические; оперативные; тактические.

4. Характер описываемого процесса: детерминированные; вероятностные.

5. Характер протекания описываемого процесса: непрерывные; для прогнозирования скачков.

6. Вид описания процесса: аналитические; имитационные.

7. Способ использования и обмена информацией: индивидуального использования; коллективного использования (использования в составе обучающих систем); использование в составе локальных или глобальных компьютерных сетей.

8. Способ ввода информации: из банка данных; баз данных; импорт из других моделей и систем.

9. Способ вывода результирующей информации и ее использования: выработка управляющего воздействия; система параметров (данных).

10. Возможность корректирования структуры в ходе ее эксплуатации: корректируемые; некорректируемые.

---

### 11.1.3. Требования к моделям экономических систем

К моделям экономических систем предъявляются следующие требования:

1. Адекватность представления процесса (модель должна правильно отражать основные факторы и величины).

2. Блочно-модульный принцип построения модели (поэтапное моделирование позволяет осуществить реконструкцию моделей без существенного изменения структуры).

3. Разумное сочетание необходимой полноты с простотой использования расчетов (они противоречивы).

4. Чувствительность модели к изменению параметров управляющих процессов функционирования системы.

5. Высокая мобильность и оперативность проведения исследования либо подготовки предложений для принятия управляющих решений.

6. Документирование входной и выходной информации (готовый текст решения).

7. Оптимальная обработка информации, поступающей от различных источников, с целью достижения высокой точности исходных данных, используемых непосредственно для моделирования.

8. Возможность обеспечение активной коррекции своей структуры по результатам фактической информации о ходе процесса.

9. Структурное построение модели должно обеспечивать ее эксплуатацию как автономно, так и в составе автоматизированных информационных систем.

10. Малая стоимость.

Многие ошибки и неудачи в практике моделирования являются следствием нарушения следующих **принципов построения моделей**<sup>1</sup>:

- **принципа адекватности.** Соответствие модели целям исследования и соответствие выбранных свойств к реальной системы;

- **принципа соответствия модели решаемой задачи.** Для каждой задачи должна быть своя модель;

---

<sup>1</sup> Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении. — М.: Финансы и статистика, 2002. — С. 53–58.

---

• **принципа абстрагирования** от второстепенных деталей. Упрощение объекта при сохранении существенных свойств объекта. Модель должна быть проще объекта изучения;

• **принципа баланса погрешностей разных видов:** погрешности модели и погрешности исходных данных;

• **принципа многовариантности** реализации элементов модели. Элемент системы может иметь различные реализации, что позволяет получить одинаковый результат различными сочетаниями элементов и их значений;

• **принципа блочно-модульного построения** модели (поэтапное моделирование позволяет осуществить реконструкцию моделей без существенного изменения структуры);

• **принципа аналогов.** Построение модели значительно упрощается, если использовать существующий опыт построения аналогичных моделей на других объектах. Многие модели, используемые в системном анализе, успешно применяются в эконометрике, экономико-математическом моделировании;

• **принципа разумного сочетания** необходимой полноты с простотой использования расчетов (они противоречивы);

• **принципа соблюдения чувствительности** модели к изменению параметров финансово-экономических процессов;

• **принципа высокой мобильности** и оперативности проведения исследования либо подготовки предложений для принятия управляющих решений;

• **принципа документирования** входной и выходной информации (готовый текст решения);

• **принципа оптимальности** обработки информации, поступающей от различных источников, с целью достижения высокой точности исходных данных, используемых непосредственно для моделирования;

• **принципа возможности коррекции** своей структуры по результатам фактической информации о ходе финансово-экономической деятельности;

• **принципа структурного построения** модели, которое должно обеспечивать эксплуатацию модели как автономно, так и в составе АИС;

• **принципа малой стоимости** модели.

Разработчики моделей находятся под воздействием двух взаимно противоположных желаний: стремления к полноте описания и получения результата более простыми средствами.

Процесс разработки экономических моделей включает ряд этапов: изучение моделируемого процесса; сбор и классификацию информации о модели процесса или явления; формализацию; разработку алгоритма; разработку программы; отладку программы; уточнение алгоритма; разработку документации.

Этапы фазы эксплуатации моделей: формулирование задачи на моделирование; сбор и обработка исходных данных; ввод исходных данных в модель; решение; анализ результатов моделирования и формулирование выводов по интересующим вопросам; оформление результатов моделирования.

#### **11.1.4. Математическая модель системы (на примере модели информационной системы)**

Из классической теории оптимального управления известно, что модель управления произвольным объектом должна включать: модель наблюдателя; модель объекта управления; модель регулятора; критерий оптимизации (целевой функционал). Применительно к задаче управления экономической системой, например предприятием, данный набор элементов модели управления трансформируется в систему, включающую: модель учетно-аналитической системы; модель функционирования предприятия; модель организационно-распорядительной системы; целевую функцию управления и программу развития предприятия. Кратко опишем каждую из выделенных моделей.

*Модель учетно-аналитической системы (МУАС).* Цель разработки модели: формализация алгоритма оценки и анализа состояния предприятия. На основе МУАС формируется система управленческого учета, выполняющая функции сбора, организации, обработки и представления информации, необходимой для принятия корректных управленческих решений. К алгоритмическим функциям МУАС также относится функция учета случайных возмущений и ошибок, возникающих в результате искажения поступающей информации, неточности ее представ-



ления и т.д. В частности, на основе МУАС формируются структура внутренней отчетности, бланки учета, анкеты, способы выбора и расчета контрольно-аналитических показателей и т.д.

*Модель функционирования предприятия (МФП).* Цель разработки модели: формализация способов описания состояния объекта управления (предприятия) и разработка алгоритма синтеза управленческих решений на основе информации, полученной от учетно-аналитической системы.

В зависимости от задач, стоящих перед разработчиком модели, структура и содержание МФП могут варьироваться в очень широких пределах: от агрегированного представления ключевых бизнес-процессов до математического описания взаимосвязи параметров ресурсных потоков предприятия.

*Модель организационно-распорядительной системы (МОРС).* Цель разработки модели: формализация алгоритма генерации управленческих решений и управляющих воздействий, необходимых для целенаправленного изменения состояния предприятия. На основе МОРС формируется административная система управления предприятием. В частности, на базе МОРС разрабатываются организационная структура предприятия, положения об отделах (службах), должностные инструкции, технологические регламенты, приказы, рабочие задания и др. МОРС и МУАС всегда строятся по единым принципам и имеют сходную структуру.

В общем случае задача разработки математической модели информационной системы формулируется следующим образом:

Известно:

Объект управления (объект, которым необходимо управлять с помощью системы).

Состав, структура, задачи решаемые объектом управления.

Цели, задачи, функции, процессы, происходящие в объекте управления.

Основные функции управления, которые необходимо реализовать с помощью информационной системы: сбор, прогнозирование, хранение, преобразование и выдача информации; анализ, выявление проблем, выработка и принятие управленческих

решений; планирование и организация деятельности; контроль за ходом выполнения планов; обобщение опыта деятельностью.

Требуется разработать информационную модель системы (на основе элементного подхода, т.е. заданы множества элементной базы, рабочие станции, серверы, средства сбора информации, средства отображения и т. д.) — преобразование  $\text{inf} \Rightarrow \text{inf} \Rightarrow \text{Re}$  (осуществляется преобразование информационного объекта в информационный, далее осуществляется преобразование информационного объекта в объект реальный — результат деятельности). Данная схема предполагает: получение информации об объекте управления и задачи по переводу его из фактического в заданное состояние; выработку, принятие решения и планирование деятельности (формирование управляющего воздействия); реализацию решения (получение реального объекта, результата). Модель системы управления для данной постановки вопроса будет включать: модель наблюдателя; модель органа управления (объекты системы управления — с чего управляют; средства управления — чем управляют, должностные лица — кто управляет; функции — как управляют).

1. Ограничения, допущения и предпосылки, принятые при разработке модели:

- элементная база и ее характеристики известны;
- разрабатывается модель сетевой информационной системы;
- любая из систем, в том числе и система управления, характеризуется показателями ее возможностей, которые могут принимать фактические и требуемые значения. Для системы управления требуемые значения этих показателей формируются на основе анализа объектов управления. Фактические значения показателей определяются вариантом построения системы и вариантом управления — это состав и структура системы, размещение элементов системы, взаимосвязи между элементами, средства управления, должностные лица, технологии управления и др.

2. Критерием качества информационной системы ( $K_{\text{сист}}$ ) может быть принято отклонение между показателями фактическо-

го и требуемого состояния. В простейшем случае если разность этих показателей равна нулю, то система идеальна.

$$K_{\text{сист}} = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\Pi^{(\Phi)}_{i,j} - \Pi^{(\text{т})}_{i,j})^2, \text{ или } K_{\text{сист}} = \max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m v_{i,j} P_{i,j},$$

где  $n$  — количество групп показателей, характеризующих возможности информационной системы;

$m$  — количество показателей, характеризующих возможности информационной системы, в каждой группе;

$\Pi^{(\Phi)}_{i,j} \Pi^{(\text{т})}_{i,j}$  — соответственно фактическое и требуемое значения  $j$ -го показателя  $i$ -й группы, характеризующего возможности информационной системы. Это:

– целевые показатели системы (цели, задачи, функции системы) —  $\Pi_1(\Pi_{1,1}, \Pi_{1,2}, \Pi_{1,3}, \dots \Pi_{1,n})$ ;

– организационно-структурные показатели системы (состав, структура, взаимосвязи, размещение элементов и др.) —  $\Pi_2(\Pi_{2,1}, \Pi_{2,2}, \Pi_{2,3}, \dots \Pi_{2,n})$ ;

– пространственные показатели системы —  $\Pi_3(\Pi_{3,1}, \Pi_{3,2}, \Pi_{3,3}, \dots \Pi_{3,n})$ ;

– временные показатели системы —  $\Pi_4(\Pi_{4,1}, \Pi_{4,2}, \Pi_{4,3}, \dots \Pi_{4,n})$ ;

– функциональные показатели системы (адаптивность, гибкость, пропускная способность, надежность, восстанавливаемость системы) —  $\Pi_5(\Pi_{5,1}, \Pi_{5,2}, \Pi_{5,3}, \dots \Pi_{5,n})$ ;

– информационные показатели системы —  $\Pi_6(\Pi_{6,1}, \Pi_{6,2}, \Pi_{6,3}, \dots \Pi_{6,n})$ ;

– технологические показатели системы —  $\Pi_7(\Pi_{7,1}, \Pi_{7,2}, \Pi_{7,3}, \dots \Pi_{7,n})$ ;

– показатели качества организации управления системой —  $\Pi_8(\Pi_{8,1}, \Pi_{8,2}, \Pi_{8,3}, \dots \Pi_{8,n})$ ;

– показатели взаимодействия системы с другими системами —  $\Pi_9(\Pi_{9,1}, \Pi_{9,2}, \Pi_{9,3}, \dots \Pi_{9,n})$ ;

– показатели качества системы —  $\Pi_{10}(\Pi_{10,1}, \Pi_{10,2}, \Pi_{10,3}, \dots \Pi_{10,n})$ ;

– показатели итогов функционирования системы —  $\Pi_{11}(\Pi_{11,1}, \Pi_{11,2}, \Pi_{11,3}, \dots \Pi_{11,n})$ ;

— финансово-экономические показатели системы —  $\Pi_{12}(\Pi_{12,1}, \Pi_{12,2}, \Pi_{12,3}, \dots, \Pi_{12,n})$ ;  
 — показатели эффективности системы —  $\Pi_{13}(\Pi_{13,1}, \Pi_{13,2}, \Pi_{13,3}, \dots, \Pi_{13,n})$ ;

$P_{i,j}$  — вероятность события, состоящего в том, что фактическое значение  $j$ -го показателя  $i$ -й группы будет не менее потребного;

$v_{i,j}$  — относительная важность  $j$ -го показателя  $i$ -й группы.

Относительная важность  $j$ -го показателя  $i$ -й группы может быть определена по формуле

$$v_{i,j} = \frac{2(n+1-i)}{n(n+1)},$$

где  $i$  — номер требования в порядке убывания его важности, определенной методом экспертных оценок.

Значение вероятности удовлетворения  $i$ -го требования, предъявляемого к системе, может быть найдено как вероятность события, состоящего в том, что параметр, характеризующий фактическое состояние системы, будет находиться в требуемых пределах. Например,  $P_{i,j}(\Pi^{(\Phi)}_{i,j} - \Pi^{(TP)}_{i,j} \geq 0)$ .

$$P_{i,j}(\Pi^{(\Phi)}_{i,j} - \Pi^{(TP)}_{i,j} \geq 0) \cong 0,5 \cdot \left[ 1 + \Phi \left( \frac{\Pi^{(\Phi)}_{i,j} - \Pi^{(TP)}_{i,j}}{\sigma_{\Sigma}} \right) \right],$$

где  $\Phi$  — функция Лапласа;

$\sigma_{\Sigma}$  — среднее квадратическое отклонение суммарной ошибки определения требуемых и фактических значений показателей, характеризующих возможности системы.

Для приближенной оценки качества системы можно использовать следующие критерии:

- при  $K_{\text{сист}} > 0,9$  — система полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям;
- $0,75 < K_{\text{сист}} \leq 0,9$  — система частично удовлетворяет предъявляемым требованиям (находится в рабочем состоянии);
- при  $0,5 < K_{\text{сист}} \leq 0,75$  — система частично удовлетворяет предъявляемым требованиям (находится в предкритическом состоянии);

• при  $K_{\text{сист}} \leq 0,5$  — система не удовлетворяет предъявляемым требованиям (находится в критическом состоянии).

Основными ограничениями, которые необходимо учитывать при выполнении различных операций с этими критериями, являются

$$\sum_{k=1}^{n_l} C_k = C_{\text{ис}}; \quad \sum_{l=1}^{m_l} C_{kl} = C_{\text{к}}$$

где  $C_{\text{ис}}$  — величина денежных средств, выделяемых на разработку модели системы;

$C_k$  — величина денежных средств, выделяемых на разработку модели  $k$ -й подсистемы информационной системы;

$C_{kl}$  — величина денежных средств, выделяемых на разработку модели  $l$ -го вида обеспечения  $k$ -й подсистемы информационной системы.

От величины денежных средств, выделяемых на разработку модели  $k$ -й подсистемы (элемента системы), зависят значения показателей, влияющих на показатели возможностей информационной системы. Например, пропускная способность (быстродействие) работы в системе зависит от характеристик сервера, которые, как правило, тем выше, чем больше его стоимость.

Зависимости этих характеристик от условий функционирования подсистемы и ее стоимости могут быть получены с помощью специальных моделей (например, уравнений регрессии, устанавливающих связь между величиной сил и средств и показателем качества подсистемы или ее элемента).

$$K_{\text{эi}} = A_{\text{o1}} + A_{\text{1k}} C_k \quad \text{или} \quad K_{\text{эi}} = A_{\text{o1}} + A_{\text{1k}} C_{\text{kl}},$$

где  $A_{\text{o1}}, A_{\text{1k}}$  — коэффициенты уравнения регрессии.

Физический смысл использования критериев

$$K_{\text{сист}} = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (P^{(\Phi)}_{i,j} - P^{(\text{т})}_{i,j})^2 \quad \text{и} \quad K_{\text{сист}} = \max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m v_{i,j} P_{i,j}$$

состоит в том, что если все элементы информационной системы отвечают предъявляемым к ней требованиям, то значение первого критерия качества будет равно нулю, а второго — единице. При выборе оптимального варианта построения модели инфор-

мационной системы ее изменяемые параметры, т.е. параметры, от которых зависят показатели, характеризующие возможности системы, должны быть такими, чтобы значения критериев стремились к этим значениям.

### 1. Модель структуры информационной системы:

$$\text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v) = \langle C, S, F, R_{c,s,f}, D_{c,s,f}, Rl_{c,s,f}, V_{\text{орп}}(s) \rangle,$$

где  $n_{\text{эл}}$  — количество элементов в информационной системе;  
 $c, s, f, v$  — цели, задачи и функции элемента информационной системы, размещение подсистем и элементов системы;  
 $C, S, F$  — множество целей, задач и функций системы (сущности);

$R_{c,s,f}$  — множество имен отношений между сущностями;

$D_{c,s,f}$  — вхождение атрибутов сущностей в группы с определенными признаками и именами (домены);

$Rl_{c,s,f}$  — вхождения атрибутов в отношения;

$V_{\text{орп}}(s)$  — множества ограничений.

### 2. Модель формирования показателей возможностей информационной системы:

$$\Pi_i(\Pi_{i,1}, \Pi_{i,2}, \Pi_{i,3}, \dots \Pi_{i,n}) = f[\text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v), S(\text{rel}), P_{\text{бпш}}(P_{1,\text{бпш}}, P_{2,\text{бпш}}, P_{3,\text{бпш}}, \dots P_{n,\text{бпш}}), K_{\text{тос}}(K_{\text{т1}}, K_{\text{т2}}, K_{\text{т3}}, \dots K_{\text{тн}}), K_{\text{по}}(K_{\text{п1}}, K_{\text{п2}}, K_{\text{п3}}, \dots K_{\text{пн}}), K_{\text{тно}}(K_{\text{тн1}}, K_{\text{тн2}}, K_{\text{тн3}}, \dots K_{\text{тнп}}), K_{\text{ио}}(K_{\text{и1}}, K_{\text{и2}}, K_{\text{и3}}, \dots K_{\text{ин}}), K_{\text{пи}}(K_{\text{п1}}, K_{\text{п2}}, K_{\text{п3}}, \dots K_{\text{пн}}), K_{\text{ло}}(K_{\text{л1}}, K_{\text{л2}}, K_{\text{л3}}, \dots K_{\text{лп}})],$$

где  $\Pi_i(\Pi_{i,1}, \Pi_{i,2}, \Pi_{i,3}, \dots \Pi_{i,n})$  — множество показателей, характеризующих возможности информационной системы;

$\text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v)$  — множество показателей, характеризующих состав и структуру информационной системы;

$S(\text{rel})$  — реляционная база данных;

$P_{\text{бпш}}(P_{1,\text{бпш}}, P_{2,\text{бпш}}, P_{3,\text{бпш}}, \dots P_{n,\text{бпш}})$  — множество показателей, характеризующих бизнес- процессы, для управления которыми предназначается информационная система;

$K_{\text{тос}}(K_{\text{т1}}, K_{\text{т2}}, K_{\text{т3}}, \dots K_{\text{тн}})$  — множество показателей, характеризующих качество технического обеспечения информационной системы;

$K_{по}(K_{п1}, K_{п2}, K_{п3}, \dots K_{пn})$  — множество показателей, характеризующих качество программного обеспечения информационной системы;

$K_{тно}(K_{тн1}, K_{тн2}, K_{тн3}, \dots K_{тнn})$  — множество показателей, характеризующих качество технологического обеспечения информационной системы;

$K_{ио}(K_{и1}, K_{и2}, K_{и3}, \dots K_{ин})$  — множество показателей, характеризующих качество информационного обеспечения информационной системы;

$K_{пи}(K_{п1}, K_{п2}, K_{п3}, \dots K_{пn})$  — множество показателей, характеризующих качество пользовательского интерфейса информационной системы;

$K_{ло}(K_{л1}, K_{л2}, K_{л3}, \dots K_{лn})$  — множество показателей, характеризующих качество лингвистического обеспечения системы.

### **3. Модель базы данных информационной системы.**

Реляционная база данных может быть описана следующим образом:

$$S(rel) = \langle A, R, Dom, Rel, V(s) \rangle,$$

где  $A$  — множество имен переменных, характеризующих информацию;

$R$  — множество имен отношений;

$Dom$  — вхождение атрибутов в домены;

$Rel$  — вхождение атрибутов в отношения;

$V(s)$  — множество ограничений (в том числе функциональных зависимостей).

### **4. Модель бизнес-процессов (базовая модель информационной системы), являющихся объектами управления:**

$$P_{бпi}(P_{1,бпi}, P_{2,бпi}, P_{3,бпi}, \dots P_{n,бпi}) = f[P_{бп,i}(P_{1,бпi}, P_{2,бпi}, P_{3,бпi}, \dots P_{n,бпi}), K_{обi}(K_{1,i}, K_{2,i}, \dots K_{n,i}), K_{упi}(K_{1,i}, K_{2,i}, K_{3,i}, \dots K_{n,i})];$$

$$K_{обi}(K_{1,i}, K_{2,i}, K_{3,i}, \dots K_{n,i}) = f[C, S, F, R_{c,s,f}, D_{c,s,f}, Rl_{c,s,f}, V_{орп}(s), Str(n_{эл}, c, s, f, v), \dots];$$

$$\overline{K_{\text{упр}}(K_{1,i}, K_{2,i}, K_{3,i}, \dots K_{n,i}) = f(C, S, F, R_{c,s,f}, D_{c,s,f}, Rl_{c,s,f}, V_{\text{орг}}(s), \text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v), \dots)},$$

где  $K_{\text{об}}(K_{1,i}, K_{2,i}, K_{3,i}, \dots K_{n,i})$  — множество показателей, характеризующих качество обеспечения производства и управления (бизнес-процессов);

$K_{\text{упр}}(K_{1,i}, K_{2,i}, K_{3,i}, \dots K_{n,i})$  — множество показателей, характеризующих качество управления.

### 5. Модель видов обеспечения информационной системы<sup>1</sup>.

Показатели возможностей информационной системы достигаются путем организации и осуществления видов обеспечения информационной системы, основными из которых являются:

- техническое обеспечение информационной системы:

$$K_{\text{тос}}(K_{\text{т1}}, K_{\text{т2}}, K_{\text{т3}}, \dots K_{\text{тn}}) = f[C, S, F, \text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v), \dots];$$

- информационное обеспечение информационной системы:

$$K_{\text{ио}}(K_{\text{и1}}, K_{\text{и2}}, K_{\text{и3}}, \dots K_{\text{ин}}) = f[C, S, F, R_{c,s,f}, D_{c,s,f}, Rl_{c,s,f}, V_{\text{орг}}(s), \text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v), S(\text{rel}), O_i, p_r, O_{\text{инф}}, K_{\text{инф}}, r_{\text{инф}}, Sr_d, VSr_d, K_{\text{пи}}(K_{\text{пи1}}, K_{\text{пи2}}, K_{\text{пи3}}, \dots K_{\text{пин}}), K_{\text{по}}(K_{\text{п1}}, K_{\text{п2}}, K_{\text{п3}}, \dots K_{\text{пп}})],$$

где  $O_i, p_r, O_{\text{инф}}, K_{\text{инф}}, r_{\text{инф}}$  — множество сущностей, атрибутов сущностей и отношений между сущностями, характеризующими информацию (вид информации, количество групп, объем информации в каждой группе, ее качество и отношения);

$Sr_d, VSr_d$  — множество средств информационной системы (сущностей), предназначенных для сбора информации о состоянии объекта управления (желаемом и фактическом), условиях его функционирования и ограничениях, а также множество показателей, характеризующих возможности этих средств;

$K_{\text{пи}}(K_{\text{пи1}}, K_{\text{пи2}}, K_{\text{пи3}}, \dots K_{\text{пин}})$  — множество показателей, характеризующих возможности пользовательского интерфейса информационной системы по вводу и отображению информации;

$K_{\text{по}}(K_{\text{п1}}, K_{\text{п2}}, K_{\text{п3}}, \dots K_{\text{пп}})$  — множество показателей, характеризующих возможности информационной системы по пре-

<sup>1</sup> Здесь рассмотрены лишь основные виды обеспечения информационных систем.



образованию информации  $\inf \Rightarrow \inf$  (качество программного обеспечения системы);

- программное обеспечение информационной системы (показатели качества — функциональная пригодность, корректность программных средств, способность к взаимодействию, защищенность программных средств, надежность, мобильность, практичность, сопровождаемость, потребность в ресурсах памяти и производительность):

$$K_{\text{по}}(K_{\text{п1}}, K_{\text{п2}}, K_{\text{п3}}, \dots K_{\text{пn}}) = f[C, S, F, R_{c,s,f}, D_{c,s,f}, Rl_{c,s,f}, V_{\text{огр}}(s), \text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v), S(\text{rel}), O_i, p_r, O_{\text{инф}}, K_{\text{инф}}, r_{\text{инф}}, \text{Spr}, Vpr, K_{\text{пи}}(K_{\text{пи1}}, K_{\text{пи2}}, K_{\text{пи3}}, \dots K_{\text{пиn}}), K_{\text{ио}}(K_{\text{и1}}, K_{\text{и2}}, K_{\text{и3}}, \dots K_{\text{ин}})],$$

где  $\text{Spr}, Vpr$  — множество сущностей, характеризующих состав и показатели программного обеспечения информационной системы;

- технологическое обеспечение информационной системы:

$$K_{\text{тно}}(K_{\text{тн1}}, K_{\text{тн2}}, K_{\text{тн3}}, \dots K_{\text{тнn}}) = f[C, S, F, R_{c,s,f}, D_{c,s,f}, Rl_{c,s,f}, V_{\text{огр}}(s), \text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v), S(\text{rel}), \text{Пи}(n_{\text{pi}}, s_{\text{pi}}, D_{\text{Ppi}}, O_{\text{pi}}), \text{Spr}, Vpr],$$

где  $\text{Пи}(n_{\text{pi}}, s_{\text{pi}}, D_{\text{Ppi}}, O_{\text{pi}})$  — множество, определяющее состав, структуру, дизайн и отношения между элементами пользовательского интерфейса.

## **6. Модель пользовательского интерфейса информационной системы:**

$$K_{\text{пи}}(K_{\text{п1}}, K_{\text{п2}}, K_{\text{п3}}, \dots K_{\text{пn}}) = f[C, S, F, R_{c,s,f}, D_{c,s,f}, Rl_{c,s,f}, V_{\text{огр}}(s), \text{Str}(n_{\text{эл}}, c, s, f, v), S(\text{rel}), \text{Пи}(n_{\text{pi}}, s_{\text{pi}}, D_{\text{Ppi}}, O_{\text{pi}})].$$

Здесь математическая модель информационной системы приведена в общем виде. Для определения фактических и требуемых показателей системы управления могут быть использованы различные методы и модели (аналитические, имитационные, специальные технологии, например CASE-технологии (средства)).

Для моделирования автоматизированных информационных систем управления (они по существу являются моделями реальных систем) могут использоваться:

- локальные средства, поддерживающие один-два типа моделей и методов (Design/IDEF, ProCap, S-Designer, «CASE. Аналитик»);
- малые интегрированные средства моделирования, поддерживающие несколько типов моделей и методов (ERwin, BPwin);
- средние интегрированные средства моделирования, поддерживающие от 4 до 15 типов моделей и методов (Rational Rose, Paradigm Plus, Designer/2000);
- крупные интегрированные средства моделирования, поддерживающие более 15 типов моделей и методов (ARIS Toolset) и др.

## 11.2. Оценка точности и надежности результатов моделирования

В общем случае задача оценки результатов моделирования формулируется следующим образом.

1. Выбран критерий эффективности и формализован экономический процесс:

$$K_9 = f(\Phi_1, \dots, \Phi_n; B_1, \dots, B_n),$$

где  $\Phi_1, \dots, \Phi_n$  — параметры, характеризующие условия экономического процесса;

$B_1, \dots, B_n$  — параметры, характеризующие вариант деятельности системы (управления);

Задачей моделирования, в данном случае, является поиск оптимального варианта функционирования системы.

2. Известны возможные ошибки каждого из факторов, характеризующих условия экономического процесса. Известны законы распределения этих ошибок (математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение ошибки).

3. Известна элементная база, на которой может быть реализована модель и возможные вычислительные ошибки преобразования информации.

4. Разработаны варианты экономического процесса, в результате моделирования которых, вычисляются значения критериев эффективности.

В результате определяются точность и надежность результатов моделирования.

Если функция, выражающая критерий эффективности, непрерывна, то в окрестности некоторой точки ее можно заменить прямой. В этом случае частная ошибка в определении критерия может быть рассчитана следующим образом:

$$\Delta K = \frac{\partial K_{\Sigma}}{\partial \Phi} \frac{d\Phi}{d\Pi} \Delta \Pi \quad \text{или} \quad \sigma_{K_i} = \frac{\partial K_{\Sigma}}{\partial \Phi_i} \frac{d\Phi_i}{d\Pi_i} \sigma_{\Pi_i},$$

где  $\sigma_{\Pi_i}$  — первичная среднеквадратическая ошибка определения  $i$ -го фактора;

$\sigma_{K_i}$  — частная среднеквадратическая ошибка вычисления критерия из за ошибки определения  $i$ -го фактора;

$\Delta \Pi$  — первичная ошибка определения  $i$ -го фактора.

Если известны значения среднего квадратического отклонения ошибки в определении первичных параметров, то значение суммарного среднего квадратического отклонения ошибки вычисления критерия может быть оценено по формуле

$$\sigma_{K_{\Sigma}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{K_{\Sigma}}{\Phi_i} \frac{d\Phi_i}{d\Pi_i} \sigma_{\Pi_i} \right)^2},$$

где  $n$  — количество факторов, от которых зависит значение критерия эффективности;

Кроме ошибок в параметрах, характеризующих условия экономического процесса, возможны также ошибки в формировании их варианта и вычислительные ошибки (инструментальные). С учетом этого общее выражение для оценки ошибки критерия эффективности будет иметь вид:

$$\sigma_{K_{\Sigma}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial K_{\Sigma}}{\partial \Phi_i} \frac{d\Phi_i}{dx_i} \sigma_{x_i} \right)^2 + \sum_{j=1}^{n_b} \left( \frac{\partial K_{\Sigma}}{\partial B_j} \frac{\partial B_j}{\partial y_j} \sigma_{y_j} \right)^2} + \sigma_{\text{инстр}}^2$$

ошибки неточности

ввода параметров

$(\sigma_x, \sigma_y)$  — первичные ошибки;

ошибки неточности формирования

вариантов деятельности

$$\left( \frac{\partial K_{\Sigma}}{\partial \Phi_i} \frac{d\Phi_i}{dx_i} \sigma_{x_i}, \frac{\partial K_{\Sigma}}{\partial B_j} \frac{dB_j}{dy_j} \sigma_{y_j} \right) — \text{частные ошибки;}$$

$\sigma_{\text{инстр}}$  — инструментальная ошибка системы.

Выше была приведена методика оценки погрешностей вычисления критериев с помощью математических моделей. При решении ряда практических задач возникает необходимость дать *вероятностную оценку* этих погрешностей, т. е. определить вероятность события, состоящего в том, что величина фактической погрешности будет не более допустимой  $\varepsilon_{\text{доп}}$ . Величина этой вероятности определяется так:

$$P_{\varepsilon < \varepsilon_{\text{доп}}} = \Phi \left( \frac{\varepsilon_{\text{доп}}}{\sigma_{K_{\Sigma}}} \right).$$

Методику определения ошибок рассмотрим на простейшем примере.

**Пример.** Пусть некоторый процесс может быть охарактеризован количественно с помощью следующего критерия:

$$K = \Phi_1^2 B^2 + \Phi_2 B,$$

где  $\Phi_1, \Phi_2$  — параметры, характеризующие условия протекания процесса;

$B$  — параметр управления (параметр, характеризующий вариант деятельности).

Параметры, характеризующие условия протекания процесса, являются случайными величинами, средние квадратические ошибки определения которых известны и соответственно равны 5 и 10 ед. Средние значения этих параметров соответственно равны 75 и 125 ед.

Определить оптимальный параметр управления и его ошибку, среднее квадратическое отклонение ошибки вычисления критерия.

---

**Решение.**

1. Вычисляется оптимальное значение параметра управления

$$\frac{dK}{dB} = 2\Phi_1^2 B + \Phi_2 = 0;$$

$$2\Phi_1^2 B = -\Phi_2; \quad B = -\frac{\Phi_2}{2\Phi_1^2} = -\frac{125}{2 \cdot 75^2} = -0,011.$$

2. Вычисляются частные ошибки (средние квадратические отклонения частной ошибки) определения параметра управления за счет ошибок  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ :

$$\frac{dB}{d\Phi_2} = -\frac{1}{2\Phi_1^2}; \quad \sigma_{B_{\Phi_2}} = \frac{\sigma_{\Phi_2}}{2\Phi_1^2} = \frac{10}{2 \cdot 75^2} = 0,00088 \text{ ед.}$$

$$\frac{dB}{d\Phi_1} = -\frac{2\Phi_2}{\Phi_1^3}; \quad \sigma_{B_{\Phi_1}} = \frac{2\Phi_2}{\Phi_1^3} \sigma_{\Phi_1} = \frac{2 \cdot 125}{75^3} \cdot 5 = 0,00296 \text{ ед.}$$

$$\sigma_{B_{\Sigma}} = \sqrt{\sigma_{B_{\Phi_2}}^2 + \sigma_{B_{\Phi_1}}^2} = \sqrt{(0,00088)^2 + (0,00296)^2} = 0,003 \text{ ед.}$$

3. Определяется среднее квадратическое отклонение ошибки:

$$\frac{dK}{d\Phi_1} = 2\Phi_1 B^2; \quad \sigma_{K_{\Phi_1}} = 2\Phi_1 B^2 \sigma_{\Phi_1} = 2 \cdot 75 \cdot 0,011^2 \cdot 5 = 0,09 \text{ ед.};$$

$$\frac{dK}{d\Phi_2} = B; \quad \sigma_{K_{\Phi_2}} = B \sigma_{\Phi_2} = 0,011 \cdot 10 = 0,1 \text{ ед.};$$

$$\sigma_{K_{\Sigma}} = \sqrt{\sigma_{K_{\Phi_1}}^2 + \sigma_{K_{\Phi_2}}^2} = \sqrt{0,09^2 + 0,1^2} = 0,134 \text{ ед.}$$

**Пример.** Фирме, осуществляющей выпуск спецтехники для технического обслуживания автоматизированных информационных систем, планируется заказ на изготовление серии приборов в объеме от 800 до 1000 единиц. Генеральный директор

фирмы выполнил оценку возможностей по выполнению заказа. В результате этой оценки было определено, что в зависимости от складывающихся условий фирма может производить от 100 до 150 приборов в месяц.

**Требуется:**

1. Классифицировать процесс производства как систему.  
2. Разработать математическую модель оценки эффективности выполнения заказа (простейшую модель производства). Оценить показатели, характеризующие точность моделирования.

3. Определить вероятность события, состоящего в том, что заказ будет выполнен не более чем через 7,5 мес. после начала производства.

4. В какое время необходимо начать производство продукции, чтобы с гарантийной вероятностью 0,95 заказ был выполнен до 1.06?

**Решение.**

1. Выполняется классификация процесса производства как системы (состав, структура, функции системы, цели, задачи, проблемы, пути решения проблем, варианты деятельности, мероприятия, работы, события).

2. Разрабатывается простейшая модель системы, в нашем случае

$$\text{Время}(T) = \frac{\text{Объём (заказ } Z)}{\text{Производительность (П)}} .$$

3. Определяются первичные ошибки, показателей, являющихся исходными данными модели.

Среднее квадратическое отклонение первичной ошибки определения **величины заказа**  $\sigma_z = (Z_{\text{макс}} - Z_{\text{мин}}) / 6 = (1000 - 800) / 6 = 33,3$  ед. прод.

Среднее квадратическое отклонение первичной ошибки определения **производительности**

$$\sigma_{\Pi} = (\Pi_{\text{макс}} - \Pi_{\text{мин}}) / 6 = (150 - 100) / 6 = 8,33 \text{ ед. прод./мес.}$$

4. Вычисляется среднее время выполнения заказа:

$$T_{\text{ср}} = \frac{Z_{\text{мин}} + (Z_{\text{макс}} - Z_{\text{мин}})/2}{\Pi_{\text{мин}} + (\Pi_{\text{макс}} - \Pi_{\text{мин}})/2} = \frac{800 + (1000 - 800)/2}{100 + (150 - 100)/2} = 7,2 \text{ мес}$$

5. Вычисляется частная ошибка определения времени выполнения заказа из-за ошибки в оценке величины заказа:

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{1}{\Pi}, \text{ следовательно } \sigma_{T(Z)} = \frac{\sigma_Z}{\Pi},$$

$$\text{или } \sigma_{T(Z)} = \frac{33,3 \text{ ед. прод.}}{125 \text{ ед. прод./мес.}} = 0,266 \text{ мес.}$$

6. Вычисляется частная ошибка определения времени выполнения заказа из-за ошибки в оценке производительности предприятия:

$$\frac{dT}{d\Pi} = -\frac{Z_{\text{ср}}}{\Pi^2}, \text{ следовательно } \sigma_{T(\Pi)} = \frac{Z_{\text{ср}}}{\Pi^2} \cdot \sigma_{\Pi},$$

$$\text{или } \sigma_{T(\Pi)} = \frac{900 \text{ ед. прод.}}{125^2 (\text{ед. прод./мес.})^2} \cdot 8,33 \text{ ед. прод./мес.} = 0,479 \text{ мес.}$$

• Вычисляется суммарная ошибка определения времени выполнения заказа:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{T(Z)}^2 + \sigma_{T(\Pi)}^2} = \sqrt{0,266^2 + 0,479^2} = 0,677 \text{ мес.}$$

• Вычисляется вероятность события, состоящего в том, что заказ будет выполнен не более чем через 7,5 мес. после начала производства:

$$P_{\text{зак}} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \Phi\left(\frac{T_{\text{зад}} - T_{\text{ср}}}{\sigma_{\Sigma}}\right) \right] = 0,5 \cdot \left[ 1 + \Phi\left(\frac{7,5 - 7,2}{0,677}\right) \right] = 0,835.$$

• Вычисляется момент времени, в который необходимо начать производство продукции, чтобы к установленному сроку выполнить заказ:

$$T_{\text{нп}} = 1.06.2009 - (T_{\text{ср}} + 2 \cdot \sigma_{\Sigma}) = 1.6.2009 - (7,5 + 1,3) \approx 6.9.2008.$$

**Пример.** Фирме, осуществляющей выпуск спецтехники для технического обслуживания автоматизированных инфор-

мационных систем, планируется заказ на изготовление серии приборов в объеме от 800 до 1000 единиц. Генеральный директор фирмы выполнил оценку возможностей по выполнению заказа. Для этих целей была использована модель, в основу которой были положены методы регрессионного анализа, и выполнена обработка результатов производственной деятельности фирмы в прошлый период. Эти результаты приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Показатель	Условный номер отчетного периода, мес.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объем выпускаемой продукции, усл. ед.	80	100	120	150	130	160	200	140	150	130	150	180
Суммарный объем, усл. ед.	80	180	300	450	580	740	920	1060	1210	1340	1490	1670

**Требуется:**

1. Классифицировать процесс производства как систему.
2. С использованием технологии “Регрессия” (Excel) выполнить прогнозирование возможностей фирмы по выполнению заказа.
3. Определить среднее время выполнения заказа и среднее квадратическое отклонение ошибки определения времени выполнения заказа.

**Решение.**

1. Выполняется классификация процесса производства как системы (состав, структура, функции системы, цели, задачи, проблемы, пути решения проблем, варианты деятельности, мероприятия, работы, события).
2. Определяется уравнение регрессии, связывающее величину объема выпускаемой продукции с датами отчетного периода. С использованием технологии “Регрессия” (Excel) определяются коэффициенты уравнения регрессии и значение среднего квадратического отклонения ошибки вычисления объема выпускаемой продукции с помощью этого уравнения.

Выполнить следующее:

- подготовить рабочий лист Excel, на котором сформировать таблицу исходных данных;



• применив технологию “Регрессия”, получить коэффициенты уравнения регрессии и значение среднего квадратического отклонения ошибки вычисления объема выпускаемой продукции с помощью этого уравнения.

**Результат выполнения операции по данной технологии**

• В ячейках С490, 491 — коэффициенты уравнения регрессии  $ОБЪЕМ = -119,091 + 146 \cdot T$  (рис. 3.1).

• В ячейке С480 — стандартная ошибка (среднее квадратическое отклонение ошибки вычисления объема выпущенной продукции).

3. Вычисляются значения интегральной и дифференциальной функций распределения времени, в которое фирма может выполнить заказ. Для решения этой задачи выполняются следующие операции:

• Подготавливается таблица (см. рис. 3.4), в которой указываются (в столбце J — текущее время через 0,25 мес.; в столбце K — объемы выпускаемой продукции, вычисленные с помощью уравнения регрессии  $ОБЪЕМ = 119,091 + 146 \cdot T(x1)$ ; в столбце L — среднее значение величины заказа; в столбце M — среднее квадратическое отклонение суммарной ошибки определения заказа и производства  $\sigma_{з(п)} = \sqrt{\sigma_{п}^2 + [(3_{\max} - 3_{\min})/6]^2}$ ).

В столбце N вычисляются значения интегральной функции распределения времени выполнения заказа, а в столбце O — дифференциальной. Для этого выполняются следующие операции — f(x)-Статистические-НОРМРАСП. В диалоговом окне устанавливаются следующие данные:

а) Для вычисления значений интегральной функции распределения времени выполнения заказа (рис. 3.2);

б) Для вычисления значений дифференциальной функции распределения времени выполнения заказа (рис. 3.3).

• В ячейки 461–485 осуществляется копирование ячеек 460-й строки (рис. 3.4).

4. По результатам вычислений строятся графики интегральной и дифференциальной функций распределения времени выполнения заказа (рис. 3.4).

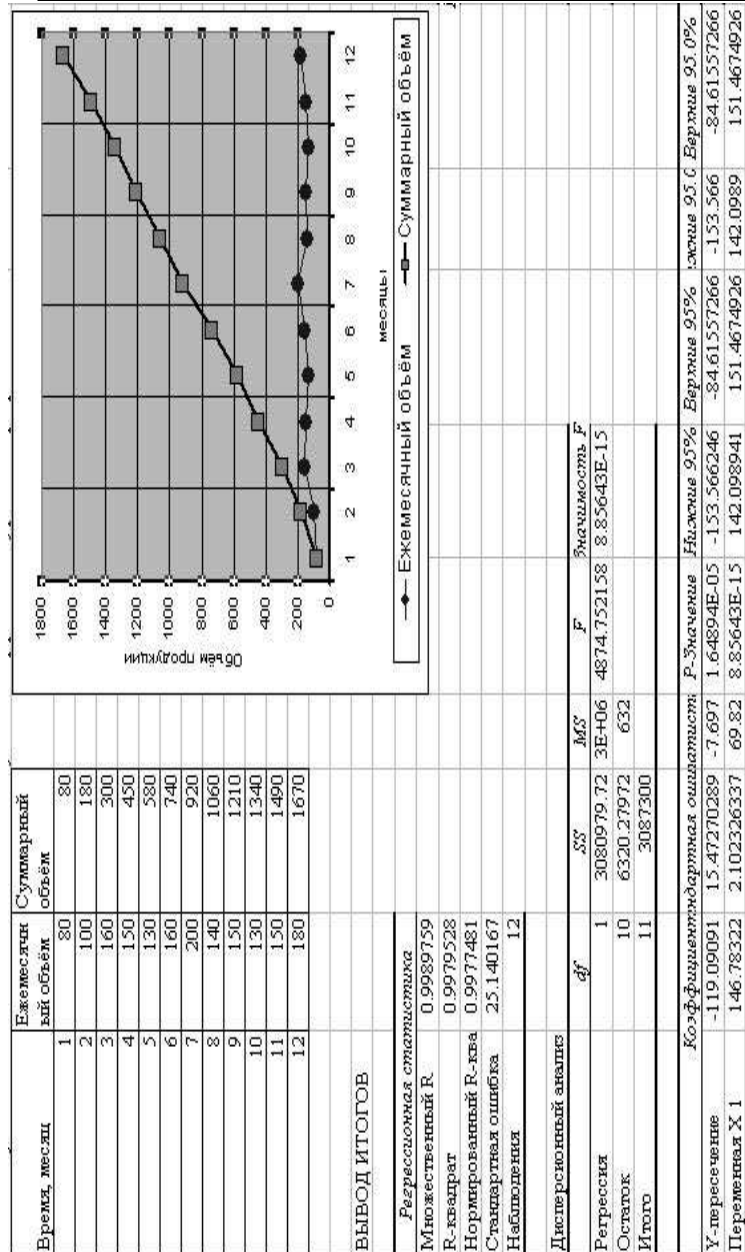


Рис. 3.1. Рабочий лист Excel

НОРМРАСП	
x	X460 = 27.69230769
Среднее	L460 = 900
Стандартное_откл	M460 = 41.75
Интегральная	ИСТИНА = ИСТИНА
= 0	
Возвращает нормальную функцию распределения.	

**Рис. 3.2.** Окно функции НОРМРАСП для вычисления интегральной функции распределения времени выполнения заказа

НОРМРАСП	
x	X460 = 27.69230769
Среднее	L460 = 900
Стандартное_откл	M460 = 41.75
Интегральная	ЛОЖЬ = ЛОЖЬ
= 1.53558E-97	
Возвращает нормальную функцию распределения.	

**Рис. 3.3.** Окно функции НОРМРАСП для вычисления значений дифференциальной функции распределения времени выполнения заказа

0460						
=НОРМРАСП(К460;L460;M460;ЛОЖЬ)						
J	K	L	M	N	O	P
460	1	27.69230769	900	41.75	0	1.53358E-97
461	1.25	64.38811189	900	41.75	0	9.86303E-90
462	1.5	101.0839161	900	41.75	0	2.92576E-82
463	1.75	137.7797203	900	41.75	0	4.00827E-75
464	2	174.4753245	900	41.75	0	2.53611E-68
465	2.25	211.1713287	900	41.75	0	7.41086E-62
466	2.5	247.8671329	900	41.75	0	1.00014E-55
467	2.75	284.5629371	900	41.75	0	6.23367E-50
468	3	321.2587413	900	41.75	0	1.79444E-44
469	3.25	357.9545455	900	41.75	0	2.38552E-39
470	3.5	394.6503497	900	41.75	0	1.46467E-34
471	3.75	431.3461538	900	41.75	0	4.15324E-30
472	4	468.041958	900	41.75	0	5.43907E-26
473	4.25	504.7377622	900	41.75	0	3.28968E-22
474	4.5	541.4335664	900	41.75	0	9.18912E-19
475	4.75	578.1293706	900	41.75	6.32827E-15	1.18546E-15
476	5	614.8251748	900	41.75	4.25504E-12	7.06297E-13
477	5.25	651.520979	900	41.75	1.33232E-09	1.94348E-10
478	5.5	688.2167832	900	41.75	1.96488E-07	2.46982E-08
479	5.75	724.9125874	900	41.75	1.37299E-05	1.44957E-06
480	6	761.6083916	900	41.75	0.000458652	5.92922E-05
481	6.25	798.3041958	900	41.75	0.007428882	0.000491885
482	6.5	835	900	41.75	0.059748761	0.002843882
483	6.75	871.6058042	900	41.75	0.248903272	0.007593653
484	6.89	892.2454545	900	41.75	0.426325276	0.009392092
485	7.25	945.0874126	900	41.75	0.859915076	0.005333375

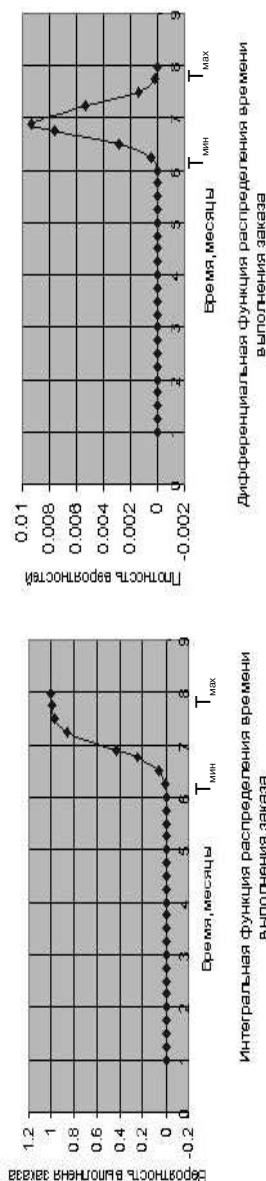


Рис. 3.4. Результаты вычислений

5. Выполняется анализ интегральной и дифференциальной функций распределения времени выполнения фирмой предполагаемого заказа:

- Среднее время выполнения заказа соответствует максимальному значению дифференциальной функции или же точке перегиба интегральной функции времени распределения заказа

$$T_{\text{cp}} = T_{\text{мин}} + \frac{T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}}}{2}.$$

$$\text{Для условий примера } T_{\text{cp}} = 5,9 + \frac{8,1 - 5,9}{2} = 7 \text{ мес.},$$

где  $T_{\text{макс}}$  — значение времени выполнения заказа близкое к единице (на интегральной функции) или значение времени справа от среднего значения при котором дифференциальная функция распределения принимает значение близкое к нулю;

$T_{\text{мин}}$  — значение времени выполнения заказа близкое к нулю (на интегральной функции) или значение времени слева от среднего значения, при котором дифференциальная функция распределения принимает значение близкое к нулю.

- Среднее квадратическое отклонение ошибки определения времени выполнения заказа оценивается с помощью соотношения

$$\sigma_{T(3)} = \frac{T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}}}{6},$$

где  $T_{\text{макс}}$  — значение времени выполнения заказа близкое единице (на интегральной функции) или значение времени справа от среднего значения, при котором дифференциальная функция распределения принимает значение близкое к нулю.

$T_{\text{мин}}$  — значение времени выполнения заказа близкое к нулю (на интегральной функции) или значение времени слева от среднего значения при котором дифференциальная функция распределения принимает значение близкое к нулю.

$$\text{Для условий примера } \sigma_{T(3)} = \frac{8,1 - 5,9}{6} = 0,366 \text{ мес.}$$

**Пример.** Оценить ошибки моделирования с целью определения надежности системы из трех элементов, соединенных по схеме, приведенной на рис. 3.5. Каждый из элементов подвергается потоку отказов с определенной интенсивностью. При

отказах элементов  $X$  или  $Y$  система отказывает. При отказе элемента  $Z$  осуществляется его немедленная замена на резервные элементы, количество которых равно трем. Величина среднего квадратического отклонения первичной ошибки определения интенсивности отказов каждого элемента системы, в том числе и резервных, определена экспериментально.

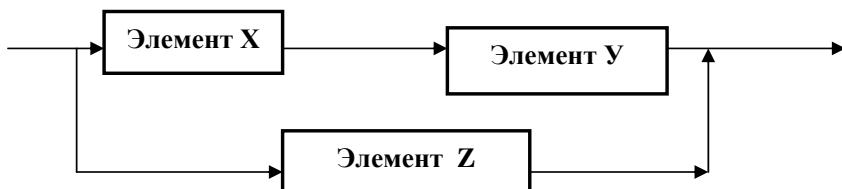


Рис. 3.5. Схема соединения трех элементов

### Решение

Получим основные соотношения для оценки показателя функционирования (надежности) и ошибок системы:

1. Вероятности функционирования элементов системы

$$P_X = e^{-\lambda_x t} ; \quad P_Y = e^{-\lambda_y t} ; \quad P_Z = e^{-\lambda_z t} \sum_{m=0}^3 \frac{(\lambda_z t)^m}{m!} ,$$

где  $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$  — интенсивности отказов систем  $X, Y, Z$  (в дальнейшем будут обозначаться  $x, y, z$ );

$t$  — время функционирования системы.

2. Вероятность функционирования системы

$$P_{\text{сист}} = 1 - (1 - P_X P_Y)(1 - P_Z) .$$

3. Производные от показателей для оценки частных ошибок оценки показателей элементов системы.

$$\frac{d}{d\lambda_x} (e^{-\lambda_x t}) \rightarrow -t \cdot \exp(-\lambda_x t) ;$$

$$\frac{d}{d\lambda_y} (e^{-\lambda_y t}) \rightarrow -t \cdot \exp(-\lambda_y t) ;$$

$$\frac{d}{d\lambda_z} \left[ e^{-\lambda_z t} \sum_{m=0}^3 \frac{(\lambda_z t)^m}{m!} \right] \rightarrow -t \cdot \exp(-\lambda_z t) \cdot \left( 1 + \lambda_z t + \frac{1}{2} \lambda_z^2 t^2 + \frac{1}{6} \lambda_z^3 \cdot t^3 \right) +$$

$$+ \exp(-\lambda_z \cdot t) \cdot \left( t + \lambda_z \cdot t^2 + \frac{1}{2} \lambda_z^2 \cdot t^3 \right);$$

$$\sigma_{P_x} = t \cdot \exp(-\lambda_x t) \sigma_{\lambda_x};$$

$$\sigma_{P_y} = t \cdot \exp(-\lambda_y t) \sigma_{\lambda_y};$$

$$\sigma_{P_z} = \left[ t \cdot \exp(\lambda_z t) \cdot \left( 1 + \lambda_z t + \frac{1}{2} \lambda_z^2 t^2 + \frac{1}{6} \lambda_z^3 \cdot t^3 \right) + \exp(\lambda_z \cdot t) \cdot \left( t + \lambda_z \cdot t^2 + \frac{1}{2} \lambda_z^2 \cdot t^3 \right) \right] \sigma_{\lambda_z},$$

где  $\sigma_{P_x}$ ,  $\sigma_{P_y}$ ,  $\sigma_{P_z}$  — средние квадратические отклонения частных ошибок определения надежности каждого элемента системы;

$\sigma_{\lambda_x}$ ,  $\sigma_{\lambda_y}$ ,  $\sigma_{\lambda_z}$  — средние квадратические отклонения первичных ошибок определения надежности элементов системы.

4. Производные от показателей для оценки частных ошибок показателей системы в целом:

$$\frac{d}{dP_x} [1 - (1 - P_x P_y)(1 - P_z)] \rightarrow P_y(1 - P_z); \quad \sigma_{P_{\text{сист}(P_x)}} = P_y(1 - P_z) \sigma_{P_x};$$

$$\frac{d}{dP_y} [1 - (1 - P_x P_y)(1 - P_z)] \rightarrow P_x(1 - P_z); \quad \sigma_{P_{\text{сист}(P_y)}} = P_x(1 - P_z) \sigma_{P_y};$$

$$\frac{d}{dP_z} [1 - (1 - P_x P_y)(1 - P_z)] \rightarrow (1 - P_x P_y); \quad \sigma_{P_{\text{сист}(P_z)}} = (1 - P_x P_y) \sigma_{P_z},$$

где  $\sigma_{P_{\text{сист}(P_x)}}$ ,  $\sigma_{P_{\text{сист}(P_y)}}$ ,  $\sigma_{P_{\text{сист}(P_z)}}$  — средние квадратические отклонения частных ошибок определения надежности системы из-за ошибок оценки надежности элементов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

5. Среднее квадратическое отклонение ошибки оценки надежности системы определяется так:

$$\sigma_{P_{\text{сист}}} = \sqrt{\sigma_{P_{\text{сист}(P_x)}}^2 + \sigma_{P_{\text{сист}(P_y)}}^2 + \sigma_{P_{\text{сист}(P_z)}}^2}.$$

6. Расчетные таблицы в “Excel” (рис. 3.6).

7. Результаты оценки ошибок системы (рис. 3.7).

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	$\frac{dP_z}{dx}$	$\sigma_{P_z}$	$\frac{dP_{xy}}{dx}$	$\sigma_{P_x}$	$\sigma_{P_y}$		$\sigma_{P_{сист}(P_x)}$	$\sigma_{P_{сист}(P_y)}$	$\sigma_{P_{сист}(P_z)}$	Дисперсия ошибки (Dp)	Среднее квадратич. отклонение общей ошибки	Абсолют- ная ошибка	Относи- тельная ошибка, %
8													
9	-0.06131324	-0.0613132	-0.367879	-0.367879	-0.367879		-0.00257	-0.00257	-0.053015395	0.00282384	0.0531398	0.0531398	0.054027
10	-0.36089409	-0.3608941	-0.270671	-0.270671	-0.270671		-0.005234	-0.005234	-0.354284083	0.125571996	0.3543614	0.3543614	0.412173
11	-0.67212542	-0.6721254	-0.149361	-0.149361	-0.149361		-0.002623	-0.002623	-0.670469391	0.449529558	0.6704697	0.6704697	1.034506
12	-0.78146726	-0.7814673	-0.073263	-0.073263	-0.073263		-0.00076	-0.00076	-0.781205106	0.610282574	0.7812058	0.7812058	1.801424
13	-0.70186948	-0.7018695	-0.03369	-0.03369	-0.03369		-0.000167	-0.000167	-0.701837614	0.492576092	0.7018377	0.7018377	2.647852
14	-0.53541047	-0.5354105	-0.014873	-0.014873	-0.014873		-3.13E-05	-3.13E-05	-0.53540718	0.286660851	0.5354072	0.5354072	3.54084
15	-0.36490477	-0.3649048	-0.006383	-0.006383	-0.006383		-5.34E-06	-5.34E-06	-0.36490463	0.133155267	0.3649045	0.3649045	4.46278
16	-0.22900915	-0.2290092	-0.002684	-0.002684	-0.002684		-8.62E-07	-8.62E-07	-0.229009128	0.052445181	0.2290091	0.2290091	5.40368
17	-0.13494862	-0.1349486	-0.001111	-0.001111	-0.001111		-1.34E-07	-1.34E-07	-0.134948619	0.01821113	0.1349486	0.1349486	6.357554
18	-0.07566655	-0.0756665	-0.000454	-0.000454	-0.000454		-2.04E-08	-2.04E-08	-0.075666549	0.005725427	0.0756665	0.0756665	7.320643
19													
20													

xt	Pz	Px	Py	Pсист
21	0.9810118	0.367879	0.367879	0.983582
22	1	0.8571235	0.135335	0.135335
23	2	0.6472319	0.049787	0.049787
24	3	0.4334701	0.018316	0.018316
25	4	0.2650259	0.006738	0.006738
26	5	0.1512039	0.002479	0.002479
27	6	0.0817654	0.000912	0.000912
28	7	0.0423801	0.000335	0.000335
29	8	0.0212265	0.000123	0.000123
30	9	0.0103361	4.54E-05	0.010336
31	10			
32				
33				

Среднее квадратическое отклонение общей ошибки оценки  
надежности системы

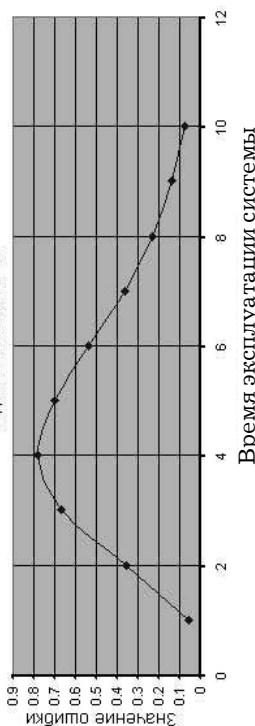
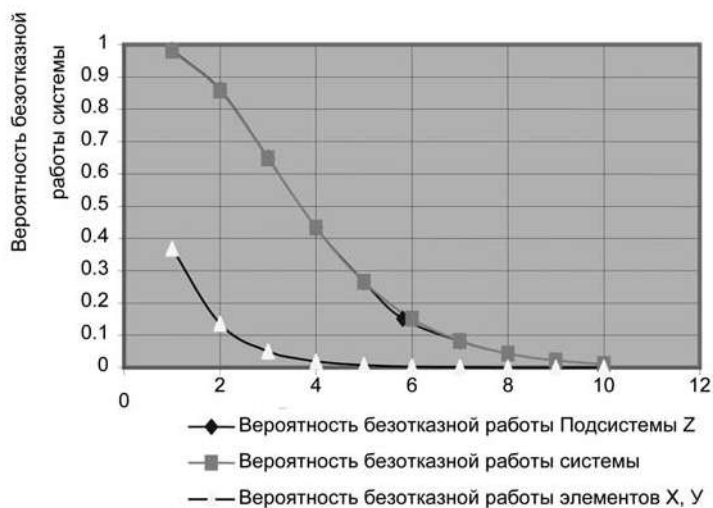
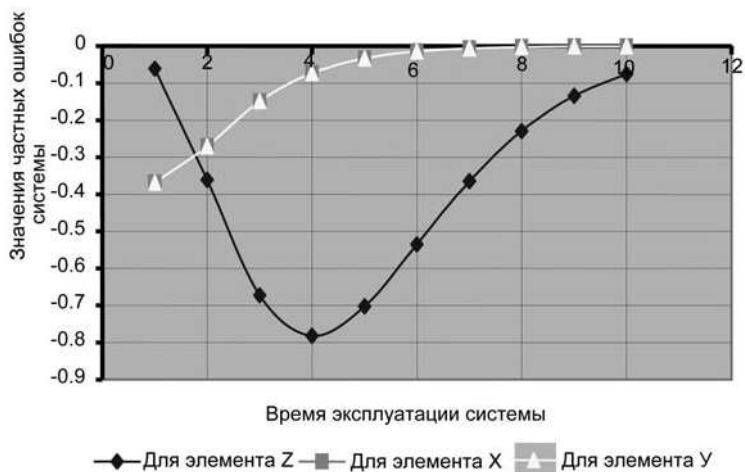


Рис. 3.6. Расчетные таблицы в Excel

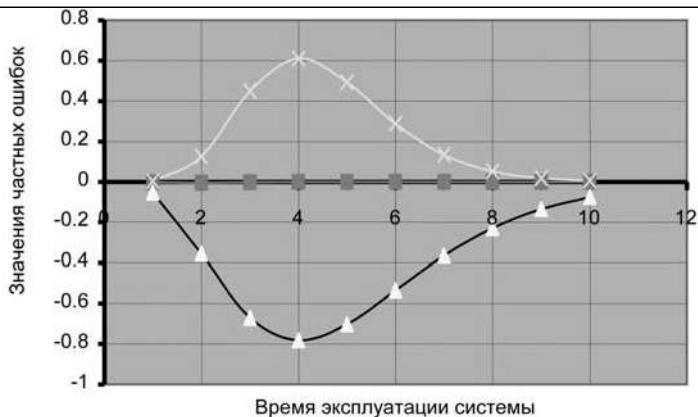




а)

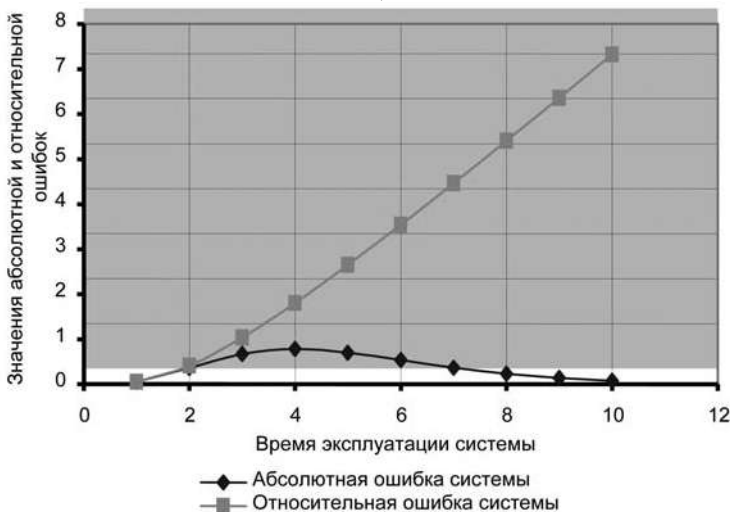


б)



—◆— За счёт ошибки элемента Z      —■— За счёт ошибки элемента X  
 —△— За счёт ошибки элемента Y      —×— Дисперсия общей ошибки

в)



г)

**Рис. 3.7.** Результаты оценки ошибок системы:

- а) Оценка надежности элементов и системы; б) Частные ошибки определения показателя надежности элементов системы;  
 в) Частные ошибки определения показателя надежности системы; г) Общая ошибка системы

### 11.3. Оценка целесообразности использования моделей для обоснования решения

*Целесообразность использования моделей* может быть обоснована, опираясь на следующие предпосылки:

1. Разработана модель экономического процесса, известны ошибки в определении исходной информации.
2. С помощью модели найден оптимальный вариант деятельности.
3. Вариант деятельности может быть найден с помощью логического анализа.

Требуется определить целесообразность использования модели экономического процесса.

1. Необходимо определить величину возможных ошибок параметров, характеризующих экономический процесс.

2. Оценить вероятность выбора варианта деятельности с помощью методов логического анализа, не худшего, чем с моделью. Если значение этой вероятности не менее 0,5, то применение модели нецелесообразно.

3. Значения возможных допустимых ошибок параметров, характеризующих исходную информацию и вариант деятельности могут быть найдены путем решения следующей системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial K}{\partial \Phi_i} \frac{d\Phi_i}{dx_i} \sigma_{x_i} \right)^2 + \sigma_{\text{инстр}}^2 = (0,2...0,3) \sum_{j=1}^{n_b} \left( \frac{\partial K}{\partial B_j} \frac{dB_j}{dy_j} \sigma_{y_j} \right)^2; \\ \left[ \left( \frac{\partial K}{\partial B_j} \frac{dB_j}{dy_j} \right)^2 / \sum_{j=1}^{n_b} \left( \frac{\partial K}{\partial B_j} \frac{dB_j}{dy_j} \right)^2 \right] - \omega_j = 0 \\ \sum_{j=1}^{n_b} \omega_j = 1, \end{array} \right.$$

где  $\omega_j$  — относительная важность  $j$ -го фактора.

Определение вероятности события, состоящего в том, что вариант деятельности, выбранный с помощью модели, будет

предпочтительнее варианта, выбранного с помощью других методов, затруднительно. Поэтому на практике при определении целесообразности использования модели пользуются рядом правил, основными из которых являются следующие:

- математические модели эффективно используются для систем, при функционировании которых возникают стандартные и хорошо определенные проблемы;
- математические модели эффективно используются, если в полном объеме учитываются основные факторы, влияющие на процессы, происходящие в системе, а информация, необходимая для их учета, имеет надежность 0,8–0,9;
- математические модели нецелесообразно использовать, если для учета основных факторов отсутствует более 30% информации.

#### **11.4. Повышение точности и надежности результатов моделирования**

Повышение точности и надежности результатов моделирования может быть осуществлено за счет:

- 1) осуществления *комбинированного прогноза* по двум или более моделям экономического процесса;
- 2) *повышения точности входной информации*, полученной от нескольких источников информации;
- 3) использования *корректируемых моделей* экономического процесса.

**Комбинированные прогнозы** базируются на различной независимой информации, дополняющей друг друга при комбинировании, при использовании результатов, полученных с различных моделей. Точность комбинированного результата более высокая.

Сформируем значение комбинированного прогноза в виде:

$$\begin{cases} y_k = \omega_1 y_1 + \omega_2 y_2; \\ \omega_1 + \omega_2 = 1. \end{cases}$$

где  $y_1$  — значение прогноза, полученного с помощью *первой* модели;

$y_2$  — значение прогноза, полученного с помощью *второй* модели;

$\omega_1$  и  $\omega_2$  — удельный вес 1-го и 2-го прогнозов соответственно.

$$\sigma_k^2 = \omega_1^2 \sigma_1^2 + \omega_2^2 \sigma_2^2 + 2\omega_1 \omega_2 r \sigma_1 \sigma_2,$$

где  $\sigma_1$  — среднее квадратическое отклонение ошибки первого прогноза;

$\sigma_2$  — среднее квадратическое отклонение ошибки второго прогноза;

$r$  — коэффициент корреляции;

$\sigma_k^2 = D$  — дисперсия комбинированного прогноза.

С учетом того, что  $\omega_2 = \omega_1 - 1$ , имеем:

$$D = \omega_1^2 \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\omega_1 \sigma_2^2 + \omega_1^2 \sigma_2^2 + 2\omega_1 r \sigma_1 \sigma_2 - 2\omega_1^2 r \sigma_1 \sigma_2;$$
$$\frac{dD}{d\omega_1} = 2\omega_1 \sigma_1^2 - 2\sigma_2^2 + 2\omega_1 \sigma_2^2 + 2r \sigma_1 \sigma_2 - 4\omega_1 r \sigma_1 \sigma_2.$$

$$\omega_1 = \frac{\sigma_2^2 - r \sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2r \sigma_1 \sigma_2}.$$

Аналогично для  $\omega_2$ :

$$\omega_2 = \frac{\sigma_1^2 - r \sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2r \sigma_1 \sigma_2}.$$

Для комбинированного прогноза:

$$\sigma_k = \frac{\sigma_1^2 \cdot \sigma_2^2 (1 - r^2)}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2r \sigma_1 \sigma_2}.$$

Если комбинированный результат может быть получен при обработке ( $n$ ) частных независимых результатов и эти резуль-

таты некоррелированы ( $r=0$ ), то значение комбинированного прогноза может быть получено из соотношений:

$$y_k = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} y_i.$$

Среднее квадратическое отклонение ошибки в оценке величины комбинированного прогноза оценивается с помощью следующей формулы:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}}}.$$

**Пример.** Фирме, осуществляющей выпуск спецтехники для технического обслуживания автоматизированных информационных систем, планируется заказ на изготовление серии приборов в объеме от 800 до 1000 единиц. Генеральный директор фирмы выполнил оценку возможностей по времени выполнения заказа. Для этих целей были использованы две модели.

**Требуется:**

1. Для результатов, приведенных в табл. 3.2, получить значение комбинированного прогноза.
2. Определить вероятность события, состоящего в том, что заказ будет выполнен не более чем через 8,5 мес. после начала производства.
3. В какое время необходимо начать производство продукции, чтобы с гарантийной вероятностью 0,95 заказ был выполнен до 1.06?

**Решение**

На листе “Excel” подготавливается таблица (табл. 3.2).

- Вычисляются среднее время выполнения заказа и среднее квадратическое отклонение ошибки определения времени

Таблица 3.2

Полученные результаты	Среднее время выполнения заказа	Среднее квадратическое отклонение ошибки определения времени выполнения заказа	$\sigma_i^2$	$\frac{\sigma_i^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}$	$\frac{1}{\sigma_i^2}$	$\sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}}}$
Результаты полученные с помощью модели 1	7,2	0,677	0,458329	0,773832	2,181839	
Результаты полученные с помощью модели 2	7	0,366	0,133956	0,226168	7,465138	
			0,592285	1	9,646977	0,103659
Результат комбинированного прогноза	7,154766371	0,32196183				

выполнения заказа (определяется значение комбинированного прогноза). Для этого используются следующие формулы:

$$y_k = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} y_i ; \quad \sigma_k = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}}} .$$

## 11.5. Использование корректируемых моделей

Согласно требованию корректируемости модель должна иметь элементы, изменяющие ее структуру, по результатам фактической информации, характеризующей условия функционирования системы.

Задача на разработку **корректируемой модели** экономического процесса формулируется следующим образом.

1. Разработана модель экономического процесса, использующаяся в ходе его реализации.

2. В ходе экономического процесса имеют место фактические результаты и расчетные, полученные с помощью модели. Фактические отличаются от моделируемых.

Требуется **определить**:

Каким образом требуется осуществить коррекцию модели, чтобы в последующем свести до минимума ошибки прогнозирования.

Эта задача может быть решена путем вычисления соответствующих поправочных коэффициентов в аналитических соотношениях, положенных в основу модели.

Значения их вычисляются путем решения следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} Z = \min \left\{ \sum_{i=1}^n [K_{\varphi}^{(\Phi)} - f(\Phi_1 + \Delta\Phi_1, \dots, \Phi_n + \Delta\Phi_n)]^2 \right\}; \\ \vdots \\ \frac{dz}{d(\Delta\Phi_1)} = \frac{d}{d(\Delta\Phi_1)} \left\{ \sum_{i=1}^n [K_{\varphi}^{(\Phi)} - f(\Phi_1 + \Delta\Phi_1, \dots, \Phi_n + \Delta\Phi_n)]^2 \right\}; \\ \dots \\ \frac{dz}{d(\Delta\Phi_n)} = \frac{d}{d(\Delta\Phi_n)} \left\{ \sum_{i=1}^n [K_{\varphi}^{(\Phi)} - f(\Phi_1 + \Delta\Phi_1, \dots, \Phi_n + \Delta\Phi_n)]^2 \right\}, \end{cases}$$



где  $\Delta\Phi_1, \dots, \Delta\Phi_n$  — поправочные коэффициенты (коррекция модели);

$n$  — количество измерений (результатов);

$K_{\Phi}^{(ф)}$  — фактические значения критерия (показателя моделируемого процесса).

**Пример.** Ход протекания процесса прогнозируется с помощью простейшей модели  $K_{\pi} = \Phi$ . В ходе эксплуатации модели получен ряд характеристик процесса в точках, указанных в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Результат \ Фактор	1	2	3	4	5
Прогнозируемый результат ( $K_{\pi}$ )	1	2	3	4	5
Фактический результат ( $K_{\Phi}$ )	0,7	2,2	3,3	3,8	4,8

Осуществить коррекцию модели в виде  $K_{\Phi} = (1 + \Delta\Phi)\Phi$ . После коррекции с помощью модели будет прогнозироваться результат  $K_{\Phi}^*$ .

**Решение.**

1. Значение поправочного коэффициента должно быть таким, чтобы сумма квадратов разностей между фактическим результатом и значением критерия имела бы минимальное значение, т. е.

$$K_{\Sigma} = \min \sum_1^5 [\Phi - (1 + \Delta\Phi) \cdot \Phi]^2.$$

2. Значение  $\Delta\Phi$  может быть найдено с использованием программы “Excel” (рис. 3.8).

Поиск значения осуществляется с помощью технологии “Поиск решения”.

При этом ячейка E7 — целевая, а ячейка A9 — изменяемая.

**Вывод.** С учетом коррекции модель будет иметь вид  $K_{\Phi}^* = 0,9582\Phi$ .

	A	B	C	D	E
1	$\Phi$	$K_{\Pi}$	$K_{\Phi}$	$K_{\Phi}^*$	$(K_{\Pi} - K_{\Phi}^*)^2$
2	1	1	0,7	0,958181818	0,066657851
3	2	2	2,2	1,916363636	0,080449587
4	3	3	3,3	2,874545455	0,18101157
5	4	4	3,8	3,832727273	0,001071074
6	5	5	4,5	4,790909091	0,084628099
7	$\sum_{i=1}^n [\Phi - (1 - \Delta\Phi) * \Phi]$				0,413818182
8	$\Delta\Phi$				
9	-0,041818182				

**Рис. 3.8.** Рабочий лист для расчета условного управления

При решении ряда практических задач моделируемый процесс характеризуется, как правило, с помощью нескольких критериев или характеристик. По фактическим полученным характеристикам определить другие.

В ходе экономического процесса характеристики моделируемого процесса могут быть получены с помощью такой модели:

$$x_1 = f_1(\Phi_1 + \Delta\Phi; \dots \Phi_n + \Delta\Phi; \dots B_1 + \Delta B; \dots B_n + \Delta B);$$

$$x_2 = f_2(\Phi_1 + \Delta\Phi; \dots \Phi_n + \Delta\Phi; \dots B_1 + \Delta B; \dots B_n + \Delta B);$$

.....

$$x_n = f_n(\Phi_1 + \Delta\Phi; \dots \Phi_n + \Delta\Phi; \dots B_1 + \Delta B; \dots B_n + \Delta B).$$

С помощью модели вычисляются также текущие значения корреляционных функций  $K_{ij}$  и дисперсий  $D_i$  в каждом сечении моделируемого процесса.

В ходе деятельности могут быть получены фактические значения моделируемого процесса  $x_i^{(\Phi)}$  (но не все, а некоторые), например  $x_1$  и  $x_2$ . Формулируется задача: какие значения приняли другие характеристики моделируемого процесса? Для того чтобы определить их, необходимо выполнить коррекцию моделей, решив следующую систему уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = x_1^{(TM)} \\ x_2 = x_2^{(TM)} \\ x_3^{(1,3)} = x_3 - r_{1,3} \frac{\sigma_{x_3}}{\sigma_{x_1}} (x_1^{(\Phi)} - x_1); \\ x_3^{(2,3)} = x_3 - r_{2,3} \frac{\sigma_{x_3}}{\sigma_{x_2}} (x_2^{(\Phi)} - x_2); \\ \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ x_n^{(1,n)} = x_n - r_{1,n} \frac{\sigma_{x_n}}{\sigma_{x_1}} (x_1^{(\Phi)} - x_1); \\ x_n^{(2,n)} = x_n - r_{2,n} \frac{\sigma_{x_n}}{\sigma_{x_2}} (x_2^{(\Phi)} - x_2). \end{array} \right.$$

Окончательное значение искомых величин может быть определено с помощью следующих соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{x}_3 = \frac{x_3^{(1,3)} + x_3^{(2,3)}}{2}; \\ \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \bar{x}_n = \frac{x_n^{(1,n)} + x_n^{(2,n)}}{2}. \end{array} \right.$$

**Пример.** Разработана модель для прогнозирования четырех характеристик (показателей) системы. В ходе эксплуатации модели вычисляются математические ожидания и средние квадратические отклонения ошибок указанных показателей, а также коэффициенты корреляции между ними.

В момент времени  $t_i$  значения этих показателей и характеристик (вычисляемые с помощью модели) приняли значения, приведенные в табл. 3.4.

Таблица 3.4

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
$\bar{x}_i$	10	20	15	30
$\sigma_{x_i}$	2	4	3	4

Коэффициенты корреляции:  $r_{1,3} = r_{2,3} = r_{1,4} = r_{2,4} = 0,8$ .

В этот же момент времени были получены фактические значения показателей  $x_1^{(\Phi)} = 8$ ,  $x_2^{(\Phi)} = 22$ .

Выполнить пассивную коррекцию результатов моделирования.

1.  $x_1^{(\Phi)} = 8$ ,  $x_2^{(\Phi)} = 22$ .

2. Вычисляются уточненные значения параметра  $x_3$ :

$$x_3^{(1,3)} = x_3 - r_{13} \frac{\sigma_{x_3}}{\sigma_{x_1}} (x_1^{(\Phi)} - x_1) = 15 - 0,8 \frac{3}{2} (8 - 10) = 17,4;$$

$$x_3^{(2,3)} = x_3 - r_{23} \frac{\sigma_{x_3}}{\sigma_{x_2}} (x_2^{(\Phi)} - x_2) = 15 - 0,8 \frac{3}{4} (22 - 20) = 13,8.$$

3. Вычисляются уточненные значения параметра  $x_4$ :

$$x_4^{(1,4)} = x_4 - r_{14} \frac{\sigma_{x_4}}{\sigma_{x_1}} (x_1^{(\Phi)} - x_1) = 30 - 0,8 \frac{4}{2} (8 - 10) = 33,2;$$

$$x_4^{(2,4)} = x_4 - r_{24} \frac{\sigma_{x_4}}{\sigma_{x_2}} (x_2^{(\Phi)} - x_2) = 30 - 0,8 \frac{4}{4} (22 - 20) = 28,4.$$

4. Оцениваются значения комбинированного прогноза параметров  $x_3$  и  $x_4$ .

$$x_3 = (17,4 + 13,8) / 2 = 15,6; \quad x_4 = (33,2 + 28,4) / 2 = 30,8.$$

Рассмотрим один из подходов построения корректируемых моделей, работающих в реальном масштабе времени.

Если эти модели предназначены для оценки текущих значений показателей системы, то механизм коррекции может быть следующим<sup>1</sup>:

<sup>1</sup>Здесь рассмотрена модель взаимодействия двух систем (Н) и (П), каждая из которых состоит из определенного количества элементов. Для количественной оценки состояния систем использован метод динамики моментов.

1. Для вычисления показателей состояния системы ( $m_i^{(n)}$  и  $m_i^{(H)}$ ) разработана и используется ее модель, например, на основе дифференциальных уравнений:

$$\frac{dm_i^{(n)}}{dt} = \sum_{i=1}^{n_H} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} m_i^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi});$$

$$\frac{dm_i^{(H)}}{dt} = \sum_{i=1}^{n_H} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} m_i^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}),$$

где  $R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}), R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi})$  — совокупность параметров, характеризующая условия функционирования системы;

$\xi_{ij}^{(n)}, \xi_{ij}^{(H)}$  — управления системы;

$\lambda_{ij}^{(H)}, \lambda_{ij}^{(n)}$  — интенсивности воздействия  $i$ -го элемента на  $j$ -й элемент каждой из подсистем.

$n_H, n_n$  — количество элементов подсистем (H) и (П) соответственно;

Ввиду наличия методических погрешностей модели текущие численности вычисляются с ошибками.

Для количественной оценки этих ошибок с помощью этой же модели оцениваются  $K_{i,j}, D_i, \Gamma_{i,j}$  ( $K_{i,j}$  — корреляционный момент,  $D_i$  — дисперсия,  $\Gamma_{i,j}$  — первый смешанный начальный момент).

2. В начальный момент времени

$$m_i^{(n)} = m_{i\phi}^{(n)}; \quad m_i^{(H)} = m_{i\phi}^{(H)};$$

$$K_{ij}|_{t=0} = 0; \quad D_i|_{t=0} = 0; \quad \Gamma_{ij}|_{t=0} = 0,$$

где  $m_{i\phi}^{(n)}, m_{i\phi}^{(H)}$  — фактические значения текущих значений взаимодействующих элементов системы.

3. В момент ввода корректирующих данных (пассивная коррекция):

$$[(m_{i\phi}^{(H)} - m_{ip}^{(H)})]|_{t=t_k} = 0; \quad [(m_{i\phi}^{(n)} - m_{ip}^{(n)})]|_{t=t_k} = 0;$$

$$D_i^{(H)}|_{t=t_k} = 0; \quad D_i^{(n)}|_{t=t_k} = 0; \quad \Gamma_{ij} - m_i^{(H)} m_i^{(n)}|_{t=t_k} = 0,$$

где  $m_{ip}^{(H)}$ ,  $m_{ip}^{(H)}$  — расчетные значения численностей в момент коррекции системы.

После коррекции (для корректируемых параметров) ликвидируются ошибки их определения, но не устраняются причины их возникновения.

Для устранения этих причин в моменты времени, следующие за моментом коррекции, в дифференциальных уравнениях для оценки численностей необходимо учитывать условные управления.

4. Вычисление и учет условных управлений. При решении этой задачи принято следующие основные допущения: промежуток времени между двумя последовательными коррекциями незначителен; моделируемый процесс на интервале коррекции имеет линейный характер.

Условные управления в этом случае могут быть получены в результате решения следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \lambda_{ij}^{(H)} (\xi_{ij}^{(H)} + \Delta \xi_{ij}^{(H)}) m_i^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}) \Delta t_k - (m_{i\phi}^{(H)2} - m_i^{(H)1}) &= 0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}^{(H)} (\xi_{ij}^{(H)} + \Delta \xi_{ij}^{(H)}) m_i^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}) \Delta t_k - (m_{i\phi}^{(H)2} - m_i^{(H)1}) &= 0 \end{aligned} \right\},$$

где  $\Delta \xi_{ij}^{(H)}, \Delta \xi_{ij}^{(H)}$  — условные управления;

$t_k$  — момент коррекции системы;

$\Delta t_k$  — промежуток времени между двумя последовательными моментами коррекции системы.

Индексы (1) и (2) определяют значения параметров процесса на границах промежутка времени между двумя последовательными моментами коррекции системы (рис. 3.9).

**Пример.** С целью оценивания и прогнозирования показателей функционирования системы (рис. 3.10) используется математическая модель. Процесс функционирования описывается с помощью дифференциальных уравнений, позволяющих на заданный интервал прогнозирования определить значения этих показателей. В ходе моделирования процесса есть возможность получить фактические показатели процесса и выполнить кор-

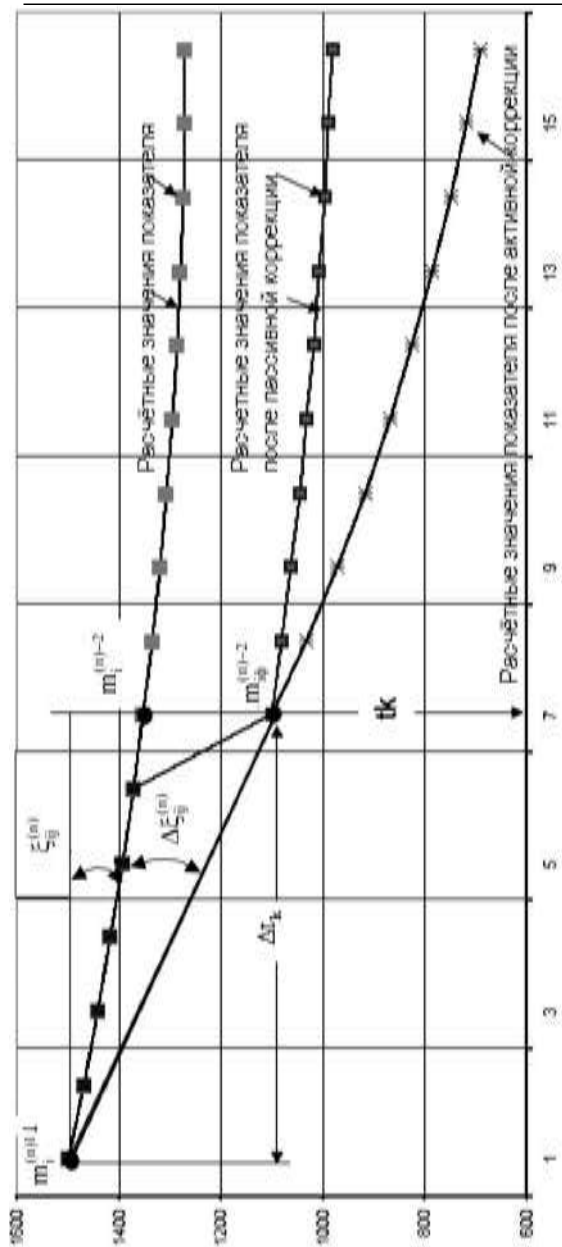
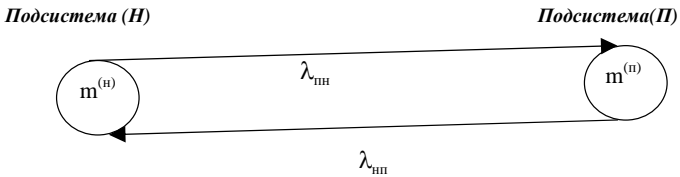


Рис. 3.9. Определению условий управлений системы

рекцию модели. Для условий моделирования, приведенных в табл. 3.5, выполнить пассивную и активную коррекцию моделируемого процесса с целью повышения точности оценивания показателей на заданный интервал прогнозирования.



**Рис. 3.10.** Графическое изображение корректируемой системы

В простейшем случае так может быть изображена модель взаимодействующих и конкурирующих предприятий с экономическим потенциалом каждого  $m^{(H)}$  и  $m^{(П)}$ . Каждое из предприятий воздействует на другое физическими, информационными и другими свойствами, ослабляя экономический потенциал конкурента с интенсивностями  $\lambda_{HP}$ ,  $\lambda_{PH}$  (условно на одну единицу в единицу времени — 1/сут.).

Таблица 3.5

Подсистемы	Начальное состояние (m)	Расчетное состояние в момент коррекции (m <sub>p</sub> )	Фактическое состояние в момент коррекции (m <sub>ф</sub> )	Интенсивность воздействия (λ)	Время коррекции системы, сут.	Интервал прогнозирования, сут.
Подсистема (H)	1000	570,28	650	0,03	6	14
Подсистема (П)	1500	1352,9	1100	0,05		

**Решение**

1. Решается система дифференциальных уравнений (рис. 3.11) и строятся графические зависимости, характеризующие состояние системы (рис. 3.12).

- текущие значения показателей, характеризующих состояние системы:



$$\frac{dm^{(H)}}{dt} = -\lambda_{HH} \cdot m^{(H)}; \quad \frac{dm^{(H)}}{dt} = -\lambda_{HH} \cdot m^{(H)};$$

• дисперсии определения ошибок показателей, характеризующих состояние системы:

$$\frac{dD_H}{dt} = \lambda_{HH} \cdot m^{(H)}; \quad \frac{dD_H}{dt} = \lambda_{HH} \cdot m^{(H)}.$$

2. Вычисляется управление (интенсивности воздействий), переводящее систему в фактическое состояние в момент коррекции.

$$\lambda_{\Phi}^{(H)} = -\frac{m_{\Phi}^{(H)} - m_0^{(H)}}{m_{\Phi}^{(H)} \cdot t_{\text{кор}}} = -\frac{650-1000}{1100 \cdot 6} = 0,053; \quad \lambda_{\Phi}^{(H)} = -\frac{m_{\Phi}^{(H)} - m_0^{(H)}}{m_{\Phi}^{(H)} \cdot t_{\text{кор}}} = -\frac{1100-1500}{650 \cdot 6} = 0,102$$

$$\lambda_p^{(H)} = -\frac{m_p^{(H)} - m_0^{(H)}}{m_p^{(H)} \cdot t_{\text{кор}}} = -\frac{570,28-1000}{1352,96} = 0,0529; \quad \lambda_{(p)}^{(H)} = -\frac{m_p^{(H)} - m_0^{(H)}}{m_p^{(H)} \cdot t_{\text{кор}}} = -\frac{1352,9-1500}{570,28 \cdot 6} = 0,0429.$$

Дисперсии определения ошибок показателей функционирования подсистем (П) и (Н) в момент коррекции системы равны нулю, т. е.  $D_{\Pi}^* = D_H^* = 0$ .

3. Строятся зависимости, характеризующие состояние системы после выполнения коррекции модели. (вводятся показатели состояния и условные управления).

4. Оцениваются значения показателей, характеризующие состояние системы на 14-е сутки ее функционирования:

• при отсутствии коррекции системы:

$$m_{(H)} = 47,5, m_{(H)} = 1271,6;$$

$$D_H = 952, D_{\Pi} = 228;$$

• при пассивной коррекции системы:

$$m_{\Phi}^{(H)} = 232,78, m_{\Phi}^{(H)} = 988,73;$$

• при активной коррекции системы:

$$m_{\Phi}^{(H)} = 265,58; m_{\Phi}^{(H)} = 718,1;$$

$$D_H = 326, D_{\Pi} = 315.$$

Показатели функционирования системы														
Время, сутки	Средние значения			Дисперсии		Интенсивности воздействий (расчётные управления)		Фактические значения показателей (пассивная коррекция)		Условные управления (активная коррекция)		Фактические значения показателей (активная коррекция)		Дисперсии после коррекции системы
	m <sup>(и)</sup>	m <sup>(и)</sup>	D <sub>n</sub>	D <sub>n</sub>	λ <sub>пн</sub>	λ <sub>пп</sub>	m <sub>ф</sub> <sup>(и)</sup>	m <sub>ф</sub> <sup>(и)</sup>	λ <sub>пн</sub> <sup>*</sup>	λ <sub>пп</sub> <sup>*</sup>	m <sub>ф</sub> <sup>(и)</sup>	m <sub>ф</sub> <sup>(и)</sup>	D <sub>n</sub> <sup>*</sup>	
0	1000	1500	0	0	0.03	0.05	1000	1500	0.03	0.05	1000	1500	0	0
1	925	1470	75	30	0.03	0.05	925	1470	0.03	0.05	925	1470	75	30
2	851.5	1442.25	148.5	57.75	0.03	0.05	851.5	1442.25	0.03	0.05	851.5	1442.25	148.5	57.75
3	779.3875	1416.70	220.612	83.295	0.03	0.05	779.387	1416.705	0.03	0.05	779.38	1416.705	220.61	83.29
4	708.5523	1393.32	291.447	106.676	0.03	0.05	708.552	1393.32338	0.03	0.05	708.55	1393.32	291.4	106.67
5	638.8861	1372.06	361.113	127.933	0.03	0.05	638.886	1372.06681	0.03	0.05	638.88	1372.06	361	127
6	570.2827	1352.9	429.717	147.099	0.03	0.05	650	1100	0.03	0.05	650	1100	0	0
7	502.6377	1335.79	497.362	164.208	0.03	0.05	595	1080.5	0.102	0.053	591.7	1033.7	54.7861	60.3534
8	435.8481	1320.71	564.151	179.287	0.03	0.05	540.975	1062.65	0.102	0.053	536.91	973.34	106.3735	115.1186
9	369.8125	1307.63	630.187	192.362	0.03	0.05	487.842	1046.42075	0.102	0.053	485.32	918.58138	164.6219	104.6219
10	304.4307	1296.54	695.569	203.457	0.03	0.05	435.521	1031.78548	0.102	0.053	436.64	869.07807	209.1594	209.1594
11	239.6035	1287.41	760.396	212.590	0.03	0.05	383.932	1018.71983	0.102	0.053	390.58	824.54062	244.8201	248.9986
12	175.2233	1280.22	824.767	219.778	0.03	0.05	332.996	1007.20187	0.102	0.053	346.87	784.70140	286.4092	284.3804
13	111.2219	1274.96	888.778	225.035	0.03	0.05	282.636	997.21198	0.102	0.053	305.29	749.31964	326.1232	315.52
14	47.47369	1271.62	952.526	228.371	0.03	0.05	232.775	988.732896	0.102	0.053	265.57	718.17999	364.1867	342.6088
15	-16.1077	1270.20	1016.10	229.796	0.03	0.05	183.338	981.749631	0.102	0.053	227.51	691.09115	400.8146	365.8152

Рис. 3.11. Рабочий лист для расчета параметров коррекции модели системы:

- \* 1. Точка коррекции модели — 6 сут.; до точки коррекции фактические показатели системы равны расчётным, а расчётные управления равны условным.
2. Условные управления учтены так:  $\lambda_{пп}^* = \lambda_{ij}^{(н)} (\xi_{ij}^{(н)} + \Delta \xi_{ij}^{(н)})$ ;  $\lambda_{пн}^* = \lambda_{ij}^{(н)} (\xi_{ij}^{(н)} + \Delta \xi_{ij}^{(н)})$ .

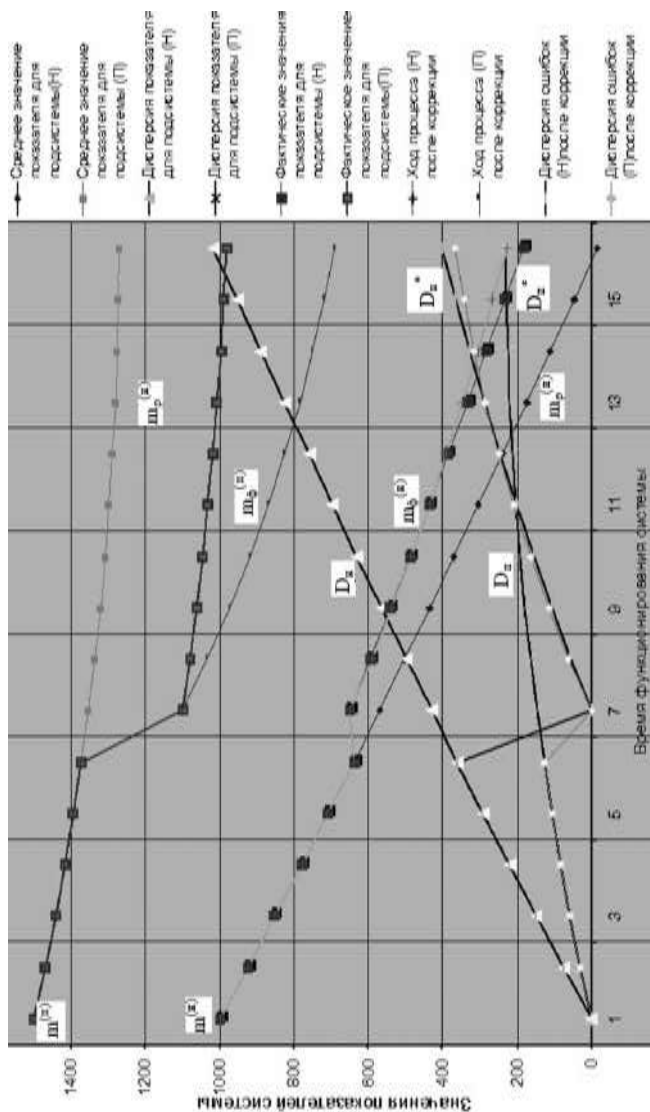


Рис. 3.12. Зависимости показателей, характеризующих состояние системы от времени

Анализ полученных результатов (рис. 3.12) показывает, что точность прогнозирования состояния системы при выполнении ее активной коррекции возрастает в данных условиях в 3–3,5 раза.

### 11.6. Верификация моделей экономических систем

Проверка адекватности модели реальному процессу осуществляется в случаях, когда можно определить результаты процесса с использованием натуральных моделей.

**Задача проверки формулируется** следующим образом.

1. Пусть в ходе реальной деятельности получено ( $n$ ) характеристик (результатов) исследуемого процесса. Обозначим их  $K_{n_k}$ . Количество опытов на реальной системе  $N_1$ .

2. Эти же характеристики получают с помощью модели экономического процесса ( $N_2$  и  $K_{n_k}^*$ ).

3. По результатам фактических и моделируемых характеристик процесса требуется оценить адекватность модели.

**Последовательность оценки адекватности:**

По выборкам вычисляются оценки математического ожидания и дисперсии характеристик процесса, полученных в ходе натуральных испытаний и с помощью модели.

$$\bar{K}_{n_k} = \frac{1}{N_1} \sum_{k=1}^{N_1} K_{n_k} ;$$

$$\bar{K}_{n_k}^* = \frac{1}{N_2} \sum_{k=1}^{N_2} K_{n_k}^* ;$$

$$D_{n_k} = \frac{1}{N_1 - 1} \sum_{k=1}^{N_1} \left( K_{n_k} - \bar{K}_{n_k} \right)^2 ;$$

$$D_{n_k}^* = \frac{1}{N_2 - 1} \sum_{k=1}^{N_2} \left( K_{n_k}^* - \bar{K}_{n_k}^* \right)^2 .$$

Основой проверки гипотезы является разность между фактическими значениями и значениями, полученными в ходе моделирования. Дисперсия этой разности определяется по формуле

$$D_n = \frac{N_1 \cdot D_{n_k} - N_2 \cdot D_{n_k}^*}{N_1 + N_2 - 2}.$$

Для окончательной оценки адекватности модели используется t-статистика, величина которой оценивается с помощью следующего соотношения:

$$t_{\text{стат}} = (\bar{K}_{n_k} - \bar{K}_{n_k}^*) \sqrt{\frac{N_1 \cdot N_2}{D_n \cdot (N_1 + N_2)}}.$$

Если значение  $t_{\text{стат}}$  меньше критического значения статистики, то модель адекватно отражает реальный процесс. Критическое значение  $t_{\text{стат}}$  находится с помощью специальных таблиц, исходными данными для использования которых является количество степеней свободы  $N_1 + N_2 - 2$  и  $\alpha$ -потребная точность моделирования.

Результаты расчетов можно представить в виде табл. 3.6.

Таблица 3.6

Обозначение результата	Значения выборки					Среднее значение	$D_n$	$D_{\text{сп}}$	$t_{\text{стат}}$
	$K = 1$	$K = 2$	$K = 3$	$K = 4$	$K = 5$				

Для решения задачи верификации модели экономического процесса с помощью технологий “Excel” используется специальная встроенная функция —  $f(x)$  — “Статистические” — ТТЕСТ. Функция ТТЕСТ используется, чтобы определить, насколько вероятно, что две выборки взяты из генеральных совокупностей, которые имеют одно и то же среднее значение.

Рассмотрим синтаксис функции ТТЕСТ, взятый из справочной системы Excel.

**ТТЕСТ(массив1;массив2;хвосты;тип)**, Массив1 — первое множество данных. Массив2 — второе множество данных. Хвосты — число хвостов распределения. Если хвосты = 1, то функция ТТЕСТ использует одностороннее распределение. Если хвосты = 2, то функция ТТЕСТ использует двустороннее распределение. Тип — вид исполняемого t-теста (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Тип	Выполняемый тест
1	Парный
2	Двухвыборочный с равными дисперсиями (гомоскедастический)
3	Двухвыборочный с неравными дисперсиями (гетероскедастический)

- Если массив 1 и массив 2 имеют различное число точек данных, а тип = 1 (парный), то функция ТТЕСТ возвращает значение ошибки #Н/Д.
- Аргументы хвосты и тип усекаются до целых.
- Если хвосты или тип не являются числом, то функция ТТЕСТ возвращает значение ошибки #ЗНАЧ!.
- Если хвосты имеет значение, отличное от 1 и 2, то функция ТТЕСТ возвращает значение ошибки #ЧИСЛО!.

**Пример.** Выполнить верификацию результатов моделирования системы для показателей, приведенных в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Номер реализации	А (результаты, полученные с помощью модели экономического процесса)	В (результаты, полученные с помощью натурального эксперимента)
1	3	6
2	4	19
3	5	3

Номер реализации	А (результаты, полученные с помощью модели экономического процесса)	В (результаты, полученные с помощью натурального эксперимента)
4	8	2
5	9	14
6	1	4
7	2	5
8	4	17
9	5	1
10	6	6
=ТТЕСТ(A2:A10;B2:B10;2;1) Вероятность, соответствующая парному критерию Стьюдента, с двухсторонним распределением (0,196016)		

1. Выделите пример в разделе справки. Не выделяйте заголовков строки или столбца.

2. На листе “Ехel” выделите ячейку А1 и нажмите сочетание клавиш CTRL+V.

3. Чтобы переключиться между просмотром результатов и просмотром формул, возвращающих эти результаты, нажмите сочетание клавиш CTRL+` (апостроф) или в меню *Сервис* укажите на пункт **Зависимости формул** и выберите **Режим проверки формул**.

В результате моделирования системы может быть получен не один, а несколько показателей. В этом случае количество анализируемых рядов будет равно количеству показателей и верификация модели с помощью ТТЕСТА выполняется для **каждой пары показателей**. Вероятность соответствия модели реальной системе (процессу) определяется так  $P_{\text{вер}} = \prod_{i=1}^n P_i$ , где  $n$  — количество показателей оцениваемых в ходе верификации модели;  $P_i$  - вероятность, вычисленная с помощью ТТЕСТА.

---

## Глава 12. Аналитические модели экономических систем

### 12.1. Аналитические модели экономических систем, построенные на основе зависимостей, полученных по результатам обработки ретроспективной информации показателей их функционирования

Теория построения данного класса моделей разработана как для макро-, так и для микроэкономических систем. Однако к настоящему времени они не реализованы ни в одной из систем управления предприятиями. Между тем реализация этих моделей точно так же, как и обработка статистической информации для их построения, является весьма перспективным направлением повышения эффективности применения автоматизированных информационных систем, в том числе и информационно-аналитических систем. Эти модели наряду с имитационными должны составить базовую основу практически любой информационной системы. Здесь показан вариант построения данного класса моделей на базе программных продуктов серийного офиса.

Задача *по разработке аналитической модели системы* на основе результатов обработки ретроспективной информации может формулироваться так.

1. Экономическая система состоит из нескольких подсистем.

2. Результаты деятельности каждой подсистемы **наблюдались** и фиксировались в определенные моменты времени. Этими результатами могут быть: валовая прибыль, чистая прибыль и другие финансово-экономические показатели.

3. В эти же моменты времени фиксировались условия функционирования подсистем (например, уровень инфляции, уровень (индекс) промышленного производства, уровень (индекс) потребительских цен и т. д.).

4. В эти же моменты времени фиксировались управляемые параметры системы, т.е. те параметры системы которые изменяются каким-либо органом управления с целью достижения



желаемых результатов функционирования системы. Например, этими параметрами могут быть величина заемного капитала, распределение средств по статьям бюджета предприятия, показатели плана финансирования направлений и подразделений предприятия, показатели плана производства и др.

**Требуется разработать модель системы.** Модель системы разрабатывается в соответствии с общими требованиями и порядком моделирования систем с учетом следующих **особенностей**:

- разрабатывается блок-схема модели системы. На блок-схеме указываются блоки системы (подсистемы), функции каждого блока, связи между блоками, информация (параметры) на входе каждого блока и на выходе из него, параметры на входе системы и на выходе из нее;

- разрабатываются в общем виде уравнения, связывающие выходной параметр каждого блока с входными параметрами, параметрами управления и условиями функционирования системы (уравнения регрессии). В общем случае уравнение может иметь вид

$$П_{\text{вых}i} = \sum_{i=1}^n A_{\text{усл}i} \cdot П_{\text{усл}i} + \sum_j^m A_{\text{упр}j} \cdot П_{\text{упр}j},$$

где  $n, m$  — количество параметров, характеризующих условия и управления соответственно;

$П_{\text{упр}i}, П_{\text{усл}i}$  — параметры управления и условий, учитываемые в каждом блоке системы соответственно;

$A_{\text{упр}i}, A_{\text{усл}i}$  — коэффициенты уравнения регрессии при параметрах управления и параметрах условий соответственно;

- для каждого блока (подсистемы) подготавливается таблица систематизации статистической информации. В табл. 3.9 указываются: порядковый номер наблюдения и номер блока; дата наблюдения; значение выходного параметра в момент наблюдения; значения параметров условий функционирования системы; значения параметров управления. Таблица может иметь следующую форму (табл. 3.9);

- с помощью специальных программ, например “Регрессия” или “Линейн”, при использовании программного продукта “Excel” по данным таблиц для каждого блока находятся коэффициенты уравнения регрессии;

- выполняется агрегирование уравнений регрессии в одну систему.

Таблица 3.9

Порядко- вый номер наблюдения и номер блока	Дата на- блюдения	Значе- ние вы- ходного параме- тра	Параметры условий					Параметры управления			
1.1											
1.2											
1.3											
1.4											

**Пример.** Классифицировать предприятие как систему. Разработать аналитическую модель предприятия, имеющего в своем составе следующие структурные подразделения: основное производство; вспомогательное производство; подразделение снабжения предприятия; подразделение сбыта готовой продукции; подразделения обеспечения предприятия; управление (для примера принят упрощенный вариант). В основу построения модели положить результаты обработки статистической информации по результатам работы подразделений в предшествующие периоды деятельности предприятия. Эти результаты приведены в табл. 3.10–3.14.

*Решение задачи.*

1. Разрабатывается структурная схема предприятия (рис. 3.13).

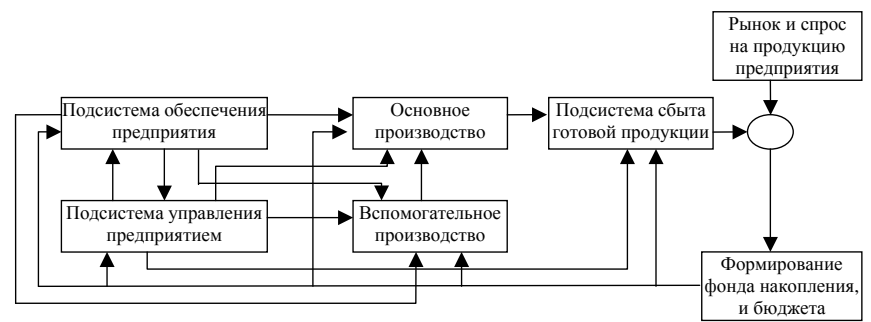


Рис. 3.13. Структурная схема предприятия

2. Определяются уравнения регрессии, описывающие процессы в каждом блоке.

### Подсистема сбыта готовой продукции

$$O_{\text{пр}} = A_0 + A_1 O_{\text{прз}} + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_5 X_5^* + A_6 X_6^*,$$

где  $O_{\text{пр}}$  — объем продаж;

$A_0 - A_6$  — коэффициенты уравнения регрессии, описывающего сбыт готовой продукции;

$O_{\text{прз}}$  — объем производства продукции;

$X_2$  — индекс потребительских цен;

$X_3$  — средняя заработная плата работников сферы сбыта;

$X_5^*$  — укомплектованность сферы сбыта готовой продукции на предприятии;

$X_6^*$  — средства, выделяемые на развитие сферы сбыта готовой продукции (анализ рынка, реклама, мониторинг и др.).

Таблица 3.10

№ п/п	$O_{\text{пр}}$	$O_{\text{прз}}$	$X_2$	$X_3$	$X_5^*$	$X_6^*$
1	240000	2500000	1,0	9000	0,8	800000
2	3800000	4000000	1,1	9000	0,8	800000
3	4200000	4500000	1,1	9500	0,8	900000
4	5100000	5000000	1,2	9600	0,8	900000
5	6800000	7000000	1,2	9600	0,7	1000000
6	6500000	7000000	1,25	9700	0,7	1200000
7	7000000	8000000	1,3	9700	0,75	1200000
8	8500000	10000000	1,35	9800	0,8	1300000
9	9000000	12000000	1,4	9800	0,7	1300000
10	1200000	15000000	1,45	9800	0,7	1400000

### Уравнение регрессии

$$O_{\text{пр}} = -57549527,25 - 1,566445773 O_{\text{прз}} + 41012095,08 X_2 + 3064,77538 X_3 - 8641744,254 X_5^* + 1,053560332 X_6^*.$$

Подсистема производства продукции (основное производство).

$$O_{\text{прз}} = A_{01} + A_{11} O_{\text{пр}}^{(\text{всп})} + A_{12} O_{\text{зак}} + A_{13} X_{\text{смен}} + A_{14} X_{14} + \\ + A_{15} X_{15}^* + A_{16} X_{16}^* + A_{17} X_{17}.$$

где  $A_{01}-A_{17}$  — коэффициенты уравнения регрессии, описывающего производство продукции;

$O_{\text{пр}}^{(\text{всп})}$  — объем производства продукции на вспомогательном производстве;

$O_{\text{зак}}$  — объем закупок комплектующих изделий;

$X_{\text{смен}}$  — показатель сменности работы на основном производстве;

$X_{14}$  — объем финансовых средств, выделяемых на развитие основного производства;

$X_{15}^*$  — показатель качества управления основным производством;

$X_{16}^*$  — показатель качества обеспечения основного производства;

$X_{17}$  — средняя заработная плата рабочих на основном производстве.

Таблица 3.11

№ п/п	$O_{\text{прз}}$	$O_{\text{пр}}^{(\text{всп})}$	$O_{\text{зак}}$	$X_{\text{смен}}$	$X_{14}$	$X_{15}^*$	$X_{16}^*$	$X_{17}$
1	2500000	1500000	600000	2	500000	0,85	0,9	14000
2	4000000	2000000	600000	2	700000	0,7	0,85	14000
3	4500000	3000000	800000	2	800000	0,75	0,84	14000
4	5000000	4000000	800000	2	1000000	0,8	0,89	15000
5	7000000	4000000	1200000	2	1200000	0,82	0,91	15000
6	7000000	4000000	1600000	3	1200000	0,86	0,92	18000
7	8000000	5000000	2500000	3	1200000	0,9	0,9	18000
8	10000000	5000000	4000000	3	1500000	0,98	0,92	20000
9	12000000	7000000	4000000	3	1500000	0,99	0,94	21000
10	15000000	7000000	5000000	3	1500000	0,98	0,89	21000

### Уравнение регрессии

$$O_{\text{прз}} = -4156896 + 1,06361829 O_{\text{пр}}^{(\text{всп})} + \\ + 3,07062986 O_{\text{зак}} + 838990,422 X_{\text{смен}} - 0,7780678 X_{14} - \\ - 21999729 X_{15}^* + 32304777 X_{16}^* - 619,743891 X_{17}.$$

## Подсистема вспомогательного производства

$$O_{\text{пр}}^{(\text{всп})} = A_{20} + A_{21} O_{\text{зак}}^{(\text{всп})} + A_{23} X_{\text{смен}}^{(\text{всп})} + A_{24} X_{24} + \\ + A_{25} X_{25}^* + A_{26} X_{26}^* + A_{27} X_{27},$$

где  $A_{20} - A_{27}$  — коэффициенты уравнения регрессии, описывающего производство продукции на вспомогательном производстве;

$O_{\text{пр}}^{(\text{всп})}$  — объем производства продукции на вспомогательном производстве;

$O_{\text{зак}}^{(\text{всп})}$  — объем закупок комплектующих изделий;

$X_{\text{смен}}^{(\text{всп})}$  — показатель сменности работы на вспомогательном производстве;

$X_{24}$  — объем финансовых (бюджета предприятия) средств, выделяемых на развитие вспомогательного производства;

$X_{25}^*$  — показатель качества управления вспомогательным производством;

$X_{26}^*$  — показатель качества обеспечения вспомогательного производства;

$X_{27}$  — средняя заработная плата рабочих на вспомогательном производстве.

Таблица 3.12

№ п/п	$O_{\text{пр}}^{(\text{всп})}$	$O_{\text{зак}}^{(\text{всп})}$	$X_{\text{смен}}^{(\text{всп})}$	$X_{24}$	$X_{25}^*$	$X_{26}^*$	$X_{27}$
1	1500000	300000	2	200000	0,85	0,9	12000
2	2000000	300000	2	200000	0,7	0,85	12000
3	3000000	400000	2	200000	0,75	0,84	12000
4	4000000	400000	2	300000	0,8	0,89	13000
5	4000000	800000	2	400000	0,82	0,91	13000
6	4000000	800000	3	400000	0,86	0,92	13000
7	5000000	800000	3	500000	0,9	0,9	15000
8	5000000	100000	3	600000	0,98	0,92	15000
9	7000000	200000	3	500000	0,99	0,94	15000
10	7000000	200000	3	700000	0,98	0,89	15000

### Уравнение регрессии

$$O_{\text{пр}}^{(\text{всп})} = -7940515,74 - 0,11717469 O_{\text{зак}}^{(\text{всп})} - \\ - 176981,169 X_{\text{смен}}^{(\text{всп})} + 4,12040567 X_{24} - \\ - 370145,474 X_{25}^* + 645154,893 X_{26}^* + 798,2643163 X_{27}.$$

## Подсистема обеспечения предприятия

$$X_{16}^* = A_{30}^{(\text{оп})} + A_{31} X_{31}^{(\text{оп})} + A_{32} X_{32}^{(\text{оп})} + A_{33} X_{33}^{(\text{оп})} + A_{34} X_{34}^{(\text{оп})},$$

где  $A_{30} - A_{34}$  — коэффициенты уравнения регрессии, описывающего качество процесса обеспечения основного (вспомогательного) производства;

$X_{41}^{(\text{оп})}$  — степень укомплектованности системы обеспечения специалистами и средствами;

$X_{32}^{(\text{оп})}$  — денежные средства, выделяемые на развитие системы обеспечения;

$X_{33}^{(\text{оп})}$  — средняя заработная плата работников системы обеспечения;

$X_{34}^{(\text{оп})}$  — уровень профессионального потенциала работников системы обеспечения.

Таблица 3.13

№ п/п	$X_{16}^*$	$X_{31}^{(\text{оп})}$	$X_{32}^{(\text{оп})}$	$X_{33}^{(\text{оп})}$	$X_{34}^{(\text{оп})}$
1	0,9	0,9	400000	16000	0,9
2	0,85	0,91	500000	18000	0,92
3	0,84	0,8	1000000	18500	0,92
4	0,89	0,85	900000	18500	0,94
5	0,91	0,9	900000	15000	0,95
6	0,92	0,92	1000000	19300	0,96
7	0,9	0,93	800000	20000	0,96
8	0,92	0,94	1100000	20000	0,97
9	0,94	0,95	1200000	20000	0,95
10	0,89	0,94	1200000	21000	0,94

### Уравнение регрессии

$$X_{16}^* = 0,24811453 + 0,4413442 X_{31}^{(\text{оп})} + 4,3707E-0,8 X_{32}^{(\text{оп})} - 7,53E-0,6 X_{33}^{(\text{оп})} + 0,371793603 X_{34}^{(\text{оп})}.$$

## Подсистема управления предприятием

$$X_{15}^* = A_{40}^{(\text{оп})} + A_{41} X_{41}^{(\text{оп})} + A_{42} X_{42}^{(\text{оп})} + A_{43} X_{43}^{(\text{оп})} + A_{44} X_{44}^{(\text{оп})}.$$

где  $A_{40} - A_{44}$  — коэффициенты уравнения регрессии, описывающего качество процесса обеспечения основного (вспомогательного) производства;

$X_{41}^{(оп)}$  — степень укомплектованности системы управления специалистами и средствами;

$X_{42}^{(оп)}$  — денежные средства, выделяемые на развитие системы управления;

$X_{43}^{(оп)}$  — средняя заработная плата работников системы управления;

$X_{44}^{(оп)}$  — уровень профессионального потенциала работников системы управления.

Таблица 3.14

№ п/п	$X_{15}^*$	$X_{41}^{(оп)}$	$X_{42}^{(оп)}$	$X_{43}^{(оп)}$	$X_{44}^{(оп)}$
1	0,85	0,9	200000	15000	0,85
2	0,7	0,95	300000	15000	0,82
3	0,75	0,98	400000	20000	0,83
4	0,8	0,8	400000	22000	0,68
5	0,82	0,75	500000	23000	0,9
6	0,86	0,85	600000	23000	1
7	0,9	0,9	600000	24000	0,9
8	0,98	0,92	800000	20000	0,93
9	0,99	0,93	700000	19000	0,94
10	0,98	1	700000	25000	0,98

### Уравнение регрессии

$$X_{15}^* = 0,57898 + 0,007129 X_{41}^{(оп)} + 4,1246E-0,7 X_{42}^{(оп)} - 4,1187E-0,6 X_{43}^{(оп)} + 0,167592314 X_{44}^{(оп)}.$$

3. Агрегирование уравнений регрессии в систему одновременных уравнений:

$$n_{сб} X_3 + n_{оп} X_{17} + n_{вп} X_{27} + n_{об}^{(оп)} X_{33}^{(оп)} + n_{об}^{(вп)} X_{33}^{(вп)} + n_{упр}^{(оп)} X_{43}^{(оп)} + n_{упр}^{(вп)} X_{43}^{(вп)} = C_{зарп};$$

$$X_{42}^{(оп)} + X_{42}^{(вп)} + X_{32}^{(оп)} + X_{32}^{(вп)} + X_{24}^{(вп)} + X_{14} + X_6^* = O_{пр} - (C_{нал} + C_{амар} + C_{лиз} + C_{зарп} + C_{фонд} + C_{скб} + C_{пк});$$

$$O_{пр} = -57549527,25 - 1,566445773 O_{прз} + 41012095,08 X_2 + 3064,77538 X_3 - 8641744,254 X_5^* + 1,053560332 X_6^*;$$

$$\begin{aligned} O_{\text{прз}} = & -4156896 + 1,06361829 O_{\text{пр}}^{(\text{всп})} + 3,07062986 O_{\text{зак}}^{(\text{всп})} + \\ & + 38990,422 X_{\text{смен}} - 0,7780678 X_{14} - 21999729 X_{15}^* + \\ & + 32304777 X_{16}^* - 619,743891 X_{17}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} O_{\text{пр}}^{(\text{всп})} = & -7940515,74 - 0,11717469 O_{\text{зак}}^{(\text{всп})} - \\ & - 176981,169 X_{\text{смен}}^{(\text{всп})} + 4,12040567 X_{24} - \\ & - 370145,474 X_{25}^* + 645154,893 X_{26}^* + 798,2643163 X_{27} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{16}^* = & 0,24811453 + 0,4413442 X_{31}^{(\text{он})} + \\ & + 4,3707\text{E-}08 X_{32}^{(\text{он})} - 7,53\text{E-}06 X_{33}^{(\text{он})} + 0,371793603 X_{34}^{(\text{он})} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{15}^* = & 0,57898 + 0,007129 X_{41}^{(\text{он})} + 4,1246\text{E-}07 X_{42}^{(\text{он})} - \\ & - 4,1187\text{E-}06 X_{43}^{(\text{он})} + 0,167592314 X_{44}^{(\text{он})}, \end{aligned}$$

где  $n_{\text{сб}}$ ,  $n_{\text{оп}}$ ,  $n_{\text{вп}}$ ,  $n_{\text{об}}^{(\text{оп})}$ ,  $n_{\text{об}}^{(\text{вс})}$ ,  $n_{\text{упр}}^{(\text{оп})}$ ,  $n_{\text{упр}}^{(\text{всп})}$  — количество работающих в сферах сбыта готовой продукции, основном производстве, вспомогательном производстве, сфере обеспечения основного и вспомогательного производства, а также в сфере управления основным и вспомогательного производства;

$C_{\text{нал}}$ ,  $C_{\text{амар}}$ ,  $C_{\text{лиз}}$ ,  $C_{\text{зарп}}$ ,  $C_{\text{фонд}}$ ,  $C_{\text{скб}}$ ,  $C_{\text{пк}}$  — величина денежных средств, выделяемых на налоговые отчисления, амортизационные отчисления, оплату лизинга оборудования, заработную плату, отчисления в различные фонды, средства выделяемые на соцкультбыт и подготовку кадров.

Здесь показаны только основные соотношения, характеризующие процесс производства и сбыта продукции на предприятии. При необходимости могут быть получены и другие уравнения, например уравнения, связывающие производственные показатели с величинами налоговых отчислений, отчислений в различные фонды, культурно-бытовой сектор, подготовку кадров, капитальное строительство и др. В этом случае наряду с решением задач оптимизации производства с помощью данного класса моделей могут быть решены задачи оптимального распределения финансовых средств по элементам экономической системы, решаемым задачам и времени, т. е. найден оптимальный вариант финансово-экономической деятельности предприятия,



области устойчивой работы предприятия, условия, приводящие предприятие к банкротству и т. д.

Для решения этой задачи может быть использована технология “Поиск решения” программного продукта “Excel”. При этом в качестве целевой функции может быть использовано одно из уравнений системы при указании операции поиска экстремума — “равно нулю” или специально полученное соотношение для вычисления максимума или минимума искомого показателя. Все остальные уравнения учитываются в системе ограничений. Искомые переменные учитываются в изменяемых ячейках программы.

## **12.2. Аналитические модели экономических систем, основанные на описании процессов с помощью дифференциальных уравнений**

Если необходимо установить закономерности функционирования систем по времени, используют аналитические модели экономических систем, основанные на описании процессов с помощью дифференциальных уравнений. С помощью этих моделей возможно:

- моделирование производственных процессов на предприятии;
- моделирование маркетинга, мониторинга;
- моделирование себестоимости продукции;
- расчет балансовой прибыли с учетом результата (прибыли или убытка) от реализации продукции (работ, услуг), результата от финансовой деятельности и сальдо доходов и расходов от прочих внереализационных операций;
- моделирование финансовых потоков (с поставщиками, партнерами, конкурентами, банками, инвесторами, налоговыми органами и др.);
- моделирование процессов налогообложения предприятий;
- моделирование финансовых рисков, а также условий наступления банкротства предприятий;
- разработка планового бухгалтерского баланса предприятия;

---

- формирование финансовых документов (баланса предприятия, различного рода смет и др.).

Задача разработки аналитической модели системы на базе дифференциальных уравнений может быть сформулирована следующим образом.

1. Система состоит из нескольких элементов. Состояние каждого из элементов, характеризуется совокупностью показателей ( $m_i$ ), которые могут изменять свои значения во времени.

2. Переход элементов системы из одного состояния в другое осуществляется под влиянием воздействий (физических, информационных и т. д.), которые имеют определенную интенсивность —  $\lambda_{ij}$  (1/время). Величина этой интенсивности зависит от возможностей элемента, от которого исходит воздействие и от его состояния.

Требуется определить состояние системы на какой-либо момент времени.

В качестве примера рассмотрим модель предприятия (системы), блок-схема которого изображена на рис. 3.13. В данной модели должны быть:

- связаны производственные и финансово-экономические процессы;
- учтена финансово-экономическая деятельность предприятий смежников и поставщиков;
- учтено формирование собственных финансовых и производственных резервов.

Данная модель может быть использована для прогнозирования показателей и обоснования оптимального варианта финансово-экономической деятельности предприятия, например варианта распределения средств по статьям бюджета, т. е. выделения средств:

- для решения внезапно возникающих производственных и финансово-экономических задач;
- для реализации в полном объеме экономических и социальных стимулов роста производства;
- для развития производства за счет его расширения и внедрения новых производственных технологий;

• для вложения денежных средств в банк под проценты и др.

В качестве **критерия оптимальности** при определении оптимального варианта финансово-экономической деятельности может быть принято максимальное значение прибыли предприятия.

Величина валовой прибыли предприятия (хозяйствующего субъекта) определяется с помощью следующего соотношения

$$C_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n B_i - C_{\text{зат}} - C_{\text{нал}}, \quad (3.1)$$

где  $B_i$  — выручка от продаж продукции  $i$ -го типа;

$n$  — количество типов продукции, производимых предприятием;

$C_{\text{зат}}$  — суммарные затраты (материалы и комплектующие изделия, накладные расходы, заработная плата и др.);

$C_{\text{нал}}$  — величина налоговых отчислений за время производства.

Показатели производства продукции, а также формирования прибыли могут быть получены с помощью динамической модели. В основу модели положена следующая система уравнений<sup>1</sup>:

$$\begin{aligned} \frac{dm_{\text{пр}}}{dt} = & K_{\text{упр}} \cdot \min \left[ \frac{m_1^* \xi_1}{\mu_1} \lambda_1, \dots, \frac{m_n^* \xi_n}{\mu_n} \lambda_n \right] \cdot \min [k_1^*, \dots, k_n^*] \times \\ & \times \min [k_1, \dots, k_n] \cdot K_{\text{см}} \cdot \pi_{\text{оп}}(C_{\text{р(оп)}}); \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\frac{dm_{\text{npj}}^*}{dt} = K_{\text{упр}}^* \cdot \min [k_1^*, \dots, k_n^*] \cdot \min [k_1, \dots, k_n] \cdot K_{\text{см}}^* \cdot \pi_{\text{всп}}^*(C_{\text{р(всп)}}); \quad (3.3)$$

$$\frac{d\pi_{\text{оп}}}{dt} = -\lambda_{\text{раз}} + \mu_{\text{вост}}; \quad \frac{d\pi_{\text{всп}}^*}{dt} = -\lambda_{\text{раз}}^* + \mu_{\text{вост}}^*; \quad (3.4)$$

$$\frac{dm_i^*}{dt} = \left[ \frac{1}{\tau} \cdot P_{\text{зк}} \cdot P_{\text{кк}} \right] \cdot \theta(m_n = 0); \quad (3.5)$$

<sup>1</sup> Здесь приведен простейший вариант модели, учитывающий лишь некоторые из основных факторов.

$$\frac{dB_i}{dt} = \frac{dm_{npi}}{dt} \cdot \Pi_i \cdot f_i(\Pi_i, \dots, m_{npi}) ; \quad (3.6)$$

$$\frac{dm_{pezi}}{dt} = \frac{dm_{npi}}{dt} \cdot [ (1 - f_i(\Pi_i, \dots, m_{npi}) ) ] . \quad (3.7)$$

С помощью **уравнения (3.2)** вычисляется количество единиц продукции, выпускаемой предприятием (основное производство):

$m_{npi}$  — количество единиц продукции  $i$ -го типа, произведенной предприятием (основное производство);

$K_{cmi}^*$  — количество смен;

$k_1 \dots k_n$  — коэффициенты снижения производственного потенциала предприятия за счет кризисных явлений в различных сферах (политическая, социальная, финансовая и др.);

$k_1^* \dots k_n^*$  — коэффициенты снижения производственного потенциала предприятия за счет качества обеспечения производства (технологическое, материально-техническое, культурно-бытовое, правовое и др.). Зависят от величины средств, выделяемых на их развитие;

$K_{упр}$  — коэффициент снижения производственного потенциала предприятия за счет качества управления производством, обеспечением и собственно управлением, зависит от величины средств, выделяемых на развитие сферы управления;

$m_i^*$  — количество единиц продукции (комплект изделий, полученных с предприятий-поставщиков);

$\mu_i$  — расходы комплектующих изделий для производства одной единицы продукции  $i$ -го типа;

$\lambda_i$  — интенсивность поступления на предприятие комплектующих изделий для производства продукции  $i$ -го типа;

$\xi_i$  — доля комплектующих изделий (из числа поступивших на предприятие) для производства продукции  $i$ -го типа;

$C_{p(он)}$  — величина финансовых средств, выделяемых предприятием на развитие основного производства (увеличение потенциала предприятия).

**Уравнение (3.3).** С его помощью определяется количество единиц продукции  $i$ -го типа, выпущенных предприятием (вспомогательное производство). В данной модели рассматривается

вариант, когда продукция вспомогательного производства поступает только на основное производство:

$m_{прj}$  — количество единиц продукции  $j$ -го типа, произведенной предприятием (вспомогательное производство);

$C_{р(всп)}$  — величина финансовых средств, выделяемых предприятием на развитие вспомогательного производства (увеличение потенциала предприятия);

$\pi_{оп}$  — потенциал предприятия (количество единиц продукции, выпускаемой в единицу времени; за 1 смену) по производству продукции  $i$ -го типа;

$\pi_{всп}$  — потенциал вспомогательного производства по выпуску комплектующих изделий.

Остальные обозначения аналогичны (3.2) — с указанием звездочки.

**Уравнения (3.4)** характеризует динамику изменения производственного потенциала за счет его износа, воздействия со стороны конкурента и восстановления за счет инвестиций и средств предприятия:

$\lambda_{раз}, \lambda_{раз}^*$  — средняя интенсивность износа (разрушения) потенциала основного и вспомогательного производства;

$\mu_{вост}, \mu_{вост}^*$  — средняя интенсивность восстановления потенциала основного и вспомогательного производства.

**Уравнение (3.5)** предназначено для определения количества единиц комплектующих изделий и сырья, доставляемых на предприятие, для производства продукции:

$\tau$  — время доставки комплектующего изделия или сырья с предприятий поставщиков на предприятия, осуществляющие выпуск продукции  $i$ -го типа;

$P_{зк}$  — вероятность заключения контракта с предприятиями поставщиками;

$P_{кк}$  — показатель, характеризующий качество заключенного контракта;

$\theta(m_{п} = 0)$  — оператор, обладающий следующими свойствами:

$\theta = 1$  — если комплектующие изделия на предприятии-поставщике имеются в наличии;

---

$\theta = 0$  — если комплектующие изделия на предприятии-поставщике отсутствуют;

С помощью **уравнения (3.6)** вычисляется величина выручки от продаж продукции  $i$ -го типа:

$\Pi_i$  — цена одной единицы продукции  $i$ -го типа;

$f_i(\Pi_i, \dots, m_{\text{пр}i})$  — функция спроса продукции  $i$ -го типа.

**Уравнение (3.7)** предназначено для вычисления количества единиц готовой продукции  $i$ -го типа, находящихся в резерве.

Величины  $K_1 \dots K_n$  характеризуют состояние различных сфер функционирования структур. Это социальная, образовательная, научная, здравоохранение и др.

Качество функционирования этих структур определяется наряду с другими факторами и величиной доходной части бюджета (бюджета территории, где расположено предприятие)  $C_{\text{дох}}$ .

$$K_i = f \left( \frac{C_{\text{дох}} \cdot \xi_i \cdot \xi_i^*}{C_{\text{пот}i}} \right),$$

где  $C_{\text{пот}i}$  — величина средств из бюджета, необходимых для качественного функционирования  $i$ -й сферы;

$\xi_i$  — доля средств, выделяемая для обеспечения функционирования  $i$ -й сферы;

$\xi_i^*$  — доля средств  $i$ -й сферы, выделяемых в интересах данного предприятия.

Выше записаны основные уравнения, характеризующие финансово-экономическую деятельность предприятия (хозяйствующего субъекта). Аналогичным образом составляются и другие уравнения, например:

- уравнения, определяющие динамику финансово-экономических отношений между предприятиями и банками;
- уравнения, определяющие динамику финансово-экономических отношений между предприятиями, инвесторами, различного рода заемщиками и др.;
- уравнения, описывающие динамику финансово-экономических отношений между предприятиями и страховыми компаниями и различного рода фондами;

---

- уравнения, определяющие динамику амортизации производственных фондов и др.

Начальными условиями интегрирования системы уравнений наряду с другими показателями, характеризующими финансово-экономическую деятельность предприятия (приведенными и не приведенными здесь), являются данные баланса предприятия за отчетный период. Каждый из этих показателей в последующем может прогнозироваться на заданный интервал.

Основными **преимуществами** данной модели могут быть:

- модель может быть использована для решения практически всех задач финансово-экономического анализа и планирования деятельности как для одного, так и для нескольких предприятий (предприятий смежников, поставщиков, конкурентов);
- для каждого из предприятий (для случая нескольких предприятий) вариант финансово-экономической деятельности определяется с учетом смежников, поставщиков и конкурентов. При этом если цели каждого из них не противоречивы, то в качестве оптимального может быть выбран, например, такой вариант, при котором наполняемость бюджета будет максимальна;
- модель может работать в непрерывном режиме, в реальном масштабе времени;
- в ходе эксплуатации модели может быть предусмотрена так называемая активная коррекция по фактическим результатам финансово-экономической деятельности предприятия или группы предприятий.

**Пример.** Определить выручку от продаж холодильных установок, произведенных фирмой, специализирующейся на производстве средств и систем для предприятий общественного питания за 10 рабочих дней (в период с 10.11 по 19.11). Показатели производительности сборки продукции, ее себестоимость, цена, а также комплектующие изделия приведены в табл. 3.15, 3.16. По опыту деятельности фирмы средний объем ежедневных продаж составлял 10 холодильных агрегатов.

Для определения выручки от продаж холодильных установок разработать аналитическую модель производства на основе дифференциальных уравнений. Задачу решить в “Excel”.

Таблица 3.15

№ п/п	Комплекующие изделия	Изготовлено (закуплено) на 10.11 (склад), комплектов	Производительность (закупки), комплект/сутки
1	Корпус стальной	30	5
2	Стальные элементы корпуса	80	0
3	Пласмассовые элементы корпуса	20	5
4	Газовый наполнитель	160	2
5	Отделочная фурнитура	140	0
6	Крепежная фурнитура	40	3
7	Система охлаждения	60	4
8	Компрессор	202	8
9	Электродвигатель	99	3
10	Элементы электроавтоматики	50	1
11	Электроарматура	300	5
12	Электропровод	350	5
13	Эмаль черная	400	4
14	Эмаль белая	450	5
15	Уплотнители и изолирующие материалы	180	6
16	Амортизационные устройства	200	2
17	Упаковка	430	2

Таблица 3.16

№ п/п	Готовая продукция	Изготовлено на 10.11 (склад)	Производительность сборочного производства установ./сут.	Себестоимость, тыс. руб.	Розничная цена, тыс. руб.
1	Холодильные установки	20	10	15	20

### Решение задачи

1. Система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\frac{dm_{xy}}{dt} = \lambda_{xy} R (m_{xy} \leq 0, m_{комi} = 0);$$



$$\frac{dm_{\text{коми}}}{dt} = -\lambda_{\text{xy}} R(m_{\text{xy}} \leq 0, m_{\text{коми}} = 0) + \lambda_{\text{коми}} R_1(m_{\text{коми}} = 0);$$

$$\frac{dB}{dt} = \frac{dm_{\text{xy}}}{dt} \cdot \Pi \cdot f(m_{\text{cp}}, m_{\text{xy}}),$$

где  $m_{\text{xy}}$  — количество выпущенных и готовых к реализации холодильных установок;

$m_{\text{коми}}$  — количество комплектов комплектующих изделий (численность комплектов убывает за счет их поставок в сборочное производство —  $\lambda_{\text{xy}}$  и возрастает за счет закупок или же производства —  $\lambda_{\text{коми}}$ );

$\lambda_{\text{xy}}$  — производительность сборки холодильных установок (количество холодильных установок, собранных в единицу времени);

$\lambda_{\text{коми}}$  — интенсивность закупок (производства) комплектующих изделий);

$R(m_{\text{xy}} \leq 0, m_{\text{коми}} = 0), R_1(m_{\text{коми}} = 0)$ , — некоторые операторы, обладающие свойствами  $R = 0$  и  $R_1 = 0$  при выполнении условий и  $R = 1$  и  $R_1 = 1$  в противном случае;

$\Pi$  — розничная цена единицы продукции;

$B$  — выручка от реализации продукции;

$f(m_{\text{cp}}, m_{\text{xy}})$  — функция спроса продукции.

Функция спроса для условий примера принята в виде  $f(m_{\text{cp}}, m_{\text{xy}}) = \exp(-m_{\text{cp}}/m_{\text{xy}})$ .

2. Программа решения задачи.

Основные соотношения (рис. 3.14):

- количество комплектующих изделий = ЕСЛИ( $S44 + (1/0.5 - 1/0.1) * ДТ + ДТ * \$R44 > 0; S44 + (1/0.5 - 1/0.1) * ДТ + ДТ * \$R44; 0$ );

- количество холодильных установок = ЕСЛИ( $T61 = 0; S41; S41 + (1/0.1) * ДТ$ );

- функция спроса =  $\text{EXP}(-10/S41)$ ,

где  $ДТ$  — шаг интегрирования уравнений.

1	А	В	С	Д	Е	Ж	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Э	Ю	Я	Итого											
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28											
3	Сферы деятельности предприятия														Данные																								
37	Функция спроса														0.606531																								
38	Размерная шкала														200000																								
39	Сезонность														10000																								
40	Результаты производственной деятельности																																						
41	Выпуск продукции																																						
42	Холодильные установки (объем выпуска)																																						
43	Объем продаж																																						
44	Выручка																																						
45	Холодильные элементы корпуса														5	30	27	24	21	18	15	12	9	6	3														
46	Холодильные элементы корпуса														0	80	72	64	56	48	40	32	24	16	8														
47	Холодильные элементы корпуса														5	20	17	14	11	8	5	2	0	0	0														
48	Холодильные элементы корпуса														2	160	154	148	142	136	130	124	118	112	106														
49	Холодильные элементы корпуса														0	140	132	124	116	108	100	92	84	76	68														
50	Холодильные элементы корпуса														3	40	35	30	25	20	15	10	5	0	0														
51	Холодильные элементы корпуса														4	60	56	52	48	44	40	36	32	28	24														
52	Холодильные элементы корпуса														8	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202														
53	Холодильные элементы корпуса														3	98	94	89	84	79	74	69	64	59	54														
54	Холодильные элементы корпуса														1	50	43	36	29	22	15	8	1	0	0														
55	Холодильные элементы корпуса														5	300	297	294	291	288	285	282	279	276	273														
56	Холодильные элементы корпуса														5	350	347	344	341	338	335	332	329	326	323														
57	Холодильные элементы корпуса														4	400	396	392	388	384	380	376	372	368	364														
58	Холодильные элементы корпуса														5	450	447	443	441	438	435	432	429	426	423														
59	Холодильные элементы корпуса														6	180	178	176	174	172	170	168	166	164	162														
60	Холодильные элементы корпуса														2	200	194	188	182	176	170	164	158	152	146														
61	Холодильные элементы корпуса														2	430	424	418	412	406	400	394	388	382	376														
62	Холодильные элементы корпуса														20	17	14	11	8	5	2	0	0	0	0														

Рис. 3.14. Рабочий лист для моделирования системы

### 3. Результаты моделирования (рис. 3.15).

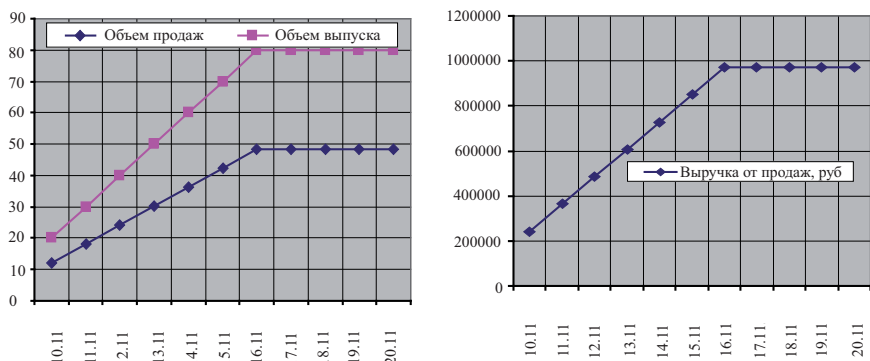


Рис. 3.15. Результаты моделирования деятельности предприятия

## 12.3. Аналитическая модель многоуровневой иерархической большой системы (на примере системы потребительской кооперации)

### *Методологические основы построения математической модели потребительской кооперации*

При формулировании постановки задачи учитывались следующие исходные предпосылки и условия:

1. Элементы потребительской кооперации как системы, совпадают с элементами административно-территориального деления государства, т. е. районам, областям, краям, округам, республикам могут соответствовать районные, областные, краевые, окружные и республиканские и общегосударственные структуры потребительской кооперации со своими органами управления.

2. Между элементами этой системы устанавливаются финансово-экономические, производственные, хозяйственные и другие отношения. Кроме того, устанавливаются отношения с органами государственной власти, банками, промышленными предприятиями и предприятиями сферы услуг, со страховыми компаниями, с товарными, сырьевыми и фондовыми биржами, с различного рода фондами, с инвестиционными институтами и аудиторскими фирмами. Формами этих отношений являются:

информационный поток (документы), финансовый поток, поток товаров, поток взаимных услуг.

3. В качестве основного элемента системы потребительской кооперации принимается районное потребительское общество, которое включает:

- добровольное объединение граждан (пайщиков), осуществляемое путем объединения имущественных паевых взносов;
- систему предприятий по производству товаров и оказанию услуг населению (стационарных и подвижных);
- сеть магазинов потребительской кооперации (стационарных и подвижных);
- систему транспортно-закупочных подразделений, осуществляющих закупку у населения излишков сельскохозяйственной продукции, сырья, промышленной продукции, а также промышленной продукции и товаров, бывших в употреблении;
- управление деятельностью районного потребительского общества осуществляется органом управления, имеющим все функциональные структуры (мониторинг, маркетинг, менеджмент и др.);
- на территории района функционирует сеть предприятий по производству продукции и оказанию услуг, которые независимо от формы собственности являются конкурентами предприятиям потребительской кооперации и потребительской кооперации в целом;
- на территории района действуют рыночные отношения и свободная система цен;
- предприятия, не выдержавшие конкуренции, могут находиться на грани банкротства или же быть банкротами. Банкротами также могут быть областные, краевые, окружные и республиканские потребительские общества. Из состояния банкротства указанные структуры могут быть выведены только за счет средств потребительской кооперации или же инвестиций, полученных от других организаций;
- капитал районного потребительского общества формируется за счет прибыли от реализации продукции (работ, услуг), результата от финансовой деятельности, средств от учреждений,

предприятий, учебных заведений, где общество является учредителем, а также средств пайщиков. Для областного, краевого, окружного, республиканского и центрального (ЦЕНТРОСОЮЗ) потребительских обществ механизм формирования капитала остается точно таким же. Исключение составляет нижестоящая организация потребительской кооперации, которая отчисляет в вышестоящую организацию установленный процент денежных средств.

4. Районное потребительское общество функционирует в определенной системе условий, основными из которых являются:

- численность и структура населения района;
- потребительский потенциал населения района;
- заготовительный потенциал предприятий других форм собственности;
- производственный потенциал предприятий других форм собственности;
- потенциал услуг предприятий других форм собственности;
- транспортный потенциал предприятий других форм собственности;
- складской потенциал предприятий других форм собственности;
- управленческий потенциал предприятий других форм собственности;
- финансовый потенциал предприятий других форм собственности.

5. Производственная, хозяйственная и финансово-экономическая деятельность районного потребительского общества характеризуется системой показателей, основными из которых являются:

- заготовительный потенциал;
- производственный потенциал;
- потенциал услуг;
- транспортный потенциал;
- складской потенциал;

- 
- управленческий потенциал;
  - финансовый потенциал;
  - паевой потенциал.

***Критерии эффективности, используемые в математической модели потребительской кооперации***

Как известно, любая модель, в том числе и математическая, предназначена для получения системы показателей, характеризующих процесс или явление. Для оценки качества функционирования потребительской кооперации как системы (качества финансово-экономической, административно-хозяйственной, производственной и другой деятельности) эти показатели могут быть объединены в следующие основные группы:

1. Показатели, характеризующие качество работы потребительской кооперации (ЦЕНТРОСОЮЗА) в целом:

- обобщенный результат производственной, административно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности;
- успешность производственной, административно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности;
- эффективность производственной, административно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности.

2. Показатели, характеризующие качество работы республиканских, окружных и областных обществ потребительской кооперации.

3. Показатели, характеризующие качество работы районного общества потребительской кооперации.

***Математическая модель финансово-экономического, административно-хозяйственного и производственного механизма потребительской кооперации***

Одной из важнейших составляющих деятельности потребительской кооперации является деятельность по формированию потребительского сообщества пайщиков, а также по закупке у населения излишков сельскохозяйственной и другой продукции. По существу от качества работы в этой сфере зависит эффективность всех механизмов этой кооперации. Поэтому эти элементы являются основными подсистемами рассматриваемой здесь модели.

## ***1. Подсистема формирования районного потребительского общества и его торгово-закупочных отношений.***

Задача формирования районного потребительского общества и его торгово-закупочных отношений формулируется следующим образом. Известны:

- численность, социальная структура и доходы населения района;
- жизненный уровень каждой группы населения района;
- состояние жилищно-коммунальной и бытовой сферы в районе;
- количество предприятий (хозяйствующих субъектов), работающих в районе по удовлетворению потребностей населения в продовольственных, непродовольственных товарах и услугах (форма собственности этих предприятий, законность их деятельности).

При формировании математической модели этой подсистемы учитывались два важных обстоятельства, которые в формальном плане явились допущениями и ограничениями модели:

во-первых, потребительское общество основной своей целью определяет ликвидацию бедности как в сельскохозяйственных, так и в промышленных районах;

во-вторых, граждане, вступившие в потребительскую кооперацию (являющиеся ее пайщиками), поддерживают ее во всех торгово-закупочных мероприятиях.

### ***Формирование районного потребительского общества***

В качестве исходного запишем дифференциальное уравнение для оценки численного состава (количества членов) районного потребительского общества:

$$\frac{dm_i}{dt} = \alpha K_1 \Theta(t, T)_1 - \beta K_2 \Theta_1(t, T),$$

где  $\alpha$  — среднее значение интенсивности вступления граждан в состав пайщиков районного потребительского общества;

$\beta$  — среднее значение интенсивности выхода граждан из состава пайщиков районного потребительского общества;

$K_1, K_2$  — коэффициенты, определяющие условия вступления в состав пайщиков потребительского кооператива и условия выхода из него соответственно;

$\theta(t, T)$  — некоторые операторы, обладающие следующими свойствами:

$\theta(t, T) = 0$  в моменты времени до начала и после окончания формирования районного потребительского общества или же в условиях, когда оно находится на грани банкротства;

$\theta(t, T) = 1$  в моменты времени, соответствующие периоду формирования районного потребительского общества и его функционирования.

### ***Формирование торгово-закупочных отношений районного потребительского общества.***

При формировании модели торгово-закупочных отношений учитывались следующие допущения, упрощения и ограничения:

- излишки у граждан сельскохозяйственной продукции и других товаров  $i$ -го вида могут быть проданы покупателям, которыми являются: заготовительные организации потребительской кооперации — с вероятностью  $P_{\Pi i}$ ; государственные организации — с вероятностью  $P_{Г i}$ ; теневые (криминальные) структуры — с вероятностью  $P_{Т i}$  и частные организации и структуры — с вероятностью  $P_{Ч i}$ . Указанные события образуют полную группу, т. е.  $P_{\Pi i} + P_{Г i} + P_{Т i} + P_{Ч i} = 1$ ;

- закупки сельскохозяйственной продукции и других товаров  $i$ -го вида указанными организациями и структурами могут быть произведены по ценам  $\Pi_{\Pi i}, \Pi_{Г i}, \Pi_{Т i}$  и  $\Pi_{Ч i}$  соответственно;

- в свою очередь население района выполняет закупки товаров и пользуется различными услугами. Продажу товаров  $j$ -го вида, так же как и услуги, могут осуществить: торговые структуры или предприятия потребительской кооперации — с вероятностью  $P_{\Pi j}^*$ ; государственные торговые структуры и предприятия — с вероятностью  $P_{Г j}^*$ ; теневые (криминальные) торговые структуры и предприятия — с вероятностью  $P_{Т j}^*$ ; частные торговые структуры и предприятия — с вероятностью  $P_{Ч j}^*$ . Указанные события образуют полную группу, т. е.  $P_{\Pi j}^* + P_{Г j}^* + P_{Т j}^* + P_{Ч j}^* = 1$ ;



• продажа товаров и оказание услуг  $j$ -го вида указанными организациями и структурами может осуществляться по ценам  $\Pi_{\Pi j}^*$ ,  $\Pi_{\Gamma j}^*$ ,  $\Pi_{Tj}^*$  и  $\Pi_{\text{Ч}j}^*$  соответственно;

• возможности организаций и структур по закупкам у населения, характеризуются интенсивностью соответствующих закупок  $\xi_{\Pi j}$ ,  $\xi_{\Gamma j}$ ,  $\xi_{Tj}$ ,  $\xi_{\text{Ч}j}$ ;

• возможности организаций и структур по продажам товаров населению характеризуются интенсивностью соответствующих продаж  $\mu_{\Pi j}^*$ ,  $\mu_{\Gamma j}^*$ ,  $\mu_{Tj}^*$ ,  $\mu_{\text{Ч}j}^*$ ;

• возможности организаций и структур по оказанию услуг населению характеризуются интенсивностью оказания соответствующих услуг  $\zeta_{\Pi j}^*$ ,  $\zeta_{\Gamma j}^*$ ,  $\zeta_{Tj}^*$ ,  $\zeta_{\text{Ч}j}^*$ ;

• возможности населения по производству товаров  $i$ -го вида характеризуются соответствующей интенсивностью  $\eta_i$ .

Дифференциальные уравнения для оценки текущих объемов закупок товаров  $i$ -го вида у населения могут быть записаны в следующем виде:

$$\frac{dm_i}{dt} = \eta_i \Theta(t, T) - \xi K_{\text{сез}_i} P_{\Pi} \Theta(t, T),$$

где  $\Theta(t, T)$  — оператор, обладающий свойством  $\Theta(t, T)=0$  при отсутствии у населения товаров  $i$ -го вида. Во всех других случаях значение этого оператора равно единице;

$K_{\text{сез}_i}$  — показатель, учитывающий сезонность производства населением товаров  $i$ -го вида и их продаж.

## **2. Подсистема производственного механизма (механизма оказания услуг населению) районного потребительского общества.**

Показатели производства товаров и услуг, а также формирование прибыли могут быть получены с помощью динамической модели. В основу модели положено функционирование пары предприятий. Функционирование одного предприятия может быть описано системой уравнений, аналогичной (3.2) – (3.7).

## **3. Подсистема административно-хозяйственного механизма районного потребительского общества.**

Подсистема предназначена для реализации следующих функций: стратегического управления; оперативного управления;

управления персоналом; управления собственно администрацией; управления хозяйственным механизмом и управления производством. Она предназначена для реализации функций: материально-технического обеспечения торгово-закупочной, производственной, финансово-экономической, административной и собственно хозяйственной деятельности; ремонтно-восстановительного обеспечения; транспортного, а также других видов обеспечения.

#### **4. Подсистема финансово-экономического механизма районного потребительского общества.**

Подсистема предназначена для реализации следующих основных функций: определения себестоимости товаров и услуг; формирования прибыли; формирования текущего и планового баланса общества; определение финансово-экономических показателей.

Величина прибыли одного предприятия (хозяйствующего субъекта) определяется с помощью соотношения (3.1).

#### **Обоснование состава, структуры, функций и вариантов финансово-экономической, административно-хозяйственной и производственной деятельности потребительской кооперации**

Состав, структура функции и варианты деятельности потребительской кооперации могут быть найдены путем оптимизации параметров модели по системе соответствующих критериев оптимальности и ограничений на искомые параметры. При этом могут решаться следующие основные задачи:

1. Определение организационно-штатной структуры системы потребительской кооперации.

2. Определение количества и характера услуг населению, предприятий по переработке сельскохозяйственной и другой продукции, закупленной у населения, и оптимального их размещения на территории районов, областей, округов и республик.

3. Определение оптимального механизма формирования бюджетов различных структур потребительской кооперации.

4. Определение оптимального механизма инвестирования различных структур потребительской кооперации.

5. Определение мероприятий по недопущению банкротства нижестоящих подчиненных структур потребительской кооперации и поддержке обществ, находящихся на грани банкротства.

6. Определение финансово-экономических мероприятий по снижению возможностей или же полной ликвидации конкурирующих предприятий, фирм и частных лиц легального и теневого секторов.

7. Определение оптимального состава, структуры и функций районного потребительского общества, оптимальной величины паевых взносов.

8. Выполнение мониторинга возможностей населения по сдаче излишек сельскохозяйственной и других видов продукции.

9. Выполнение мониторинга потребностей населения в товарах и услугах.

10. Определение оптимальных форм и способов товарно-денежных отношений.

## Глава 13. Сетевые модели экономических систем

### 13.1. Сетевая модель системы. Основные понятия и определения

В основу построения сетевых моделей систем положен метод сетевого планирования и управления. Сетевое планирование (СП) является **графоаналитическим методом**, опирающимся на математический аппарат теории графов. В основе СП лежит сетевой план (график). Сетевой график характеризуется наглядностью, возможностью показа на нем всех “узких мест” процесса, на которые руководитель должен обращать особое внимание. На основе сетевого графика определяются временные или ресурсные резервы, позволяющие разрабатывать оптимальные варианты планов работ. В качестве критериев при разработке сетевых графиков принимаются время, ресурсы, стоимостные показатели и т. д.

**Основными понятиями метода** являются:

- **работа** — то, что необходимо сделать в ходе реализации процесса. Работа имеет следующие основные характеристики: время начала работы, время окончания работы, продолжитель-

ность работы, время наиболее раннего начала (позднего начала) работы, время наиболее раннего окончания (позднего окончания) работы, резервы времени работ (свободный резерв времени работы, полный резерв времени работы). Кроме указанных характеристик, каждая работа может характеризоваться затратами сил и средств, в том числе и финансовых. Именно последнее обстоятельство делает возможным использование данной программы в качестве инструмента финансового планирования. Работа характеризуется следующими временными характеристиками:

$$T_i^{ок} = T_i^H \pm t_i,$$

где  $T_i^H$  — время начала  $i$ -й работы;

$T_i^{ок}$  — время окончания  $i$ -й работы;

$t_i$  — продолжительность  $i$ -й работы.

Работы могут быть последовательными и параллельными;

• **событие** — факт завершения одной или нескольких работ.

Каждое событие характеризуется системой следующих показателей: номер события; наиболее раннее время наступления события; наиболее позднее время наступления события; резерв времени события;

• **предшествующий** событию **путь** — путь от исходного события до данного события;

• **последующий путь** — путь от данного события до события завершающего;

• **критический путь** — путь максимальной продолжительности от исходного события до завершающего.

Различают **два типа сетевых графиков**:

• графики, в которых работам комплекса сопоставлены дуги, а вершинам — события (сети типа “работа-дуга”);

• графики, в которых работам комплекса сопоставлены вершины, а дуги отражают отношения предшествования между работами (сети типа “работа-вершина”).

В дальнейшем изложение будем вести применительно к сетям типа “работа-дуга”.

При составлении сетевого графика используются три основных понятия: работа, событие, путь. Работа представляет собой некоторую часть планируемого комплекса операций. Она выражается на графике в виде:

— **действительной работы**, т. е. трудового процесса или действия, требующего затрат времени, труда, средств и ресурсов;

— **пассивной работы**, не требующей затрат труда и ресурсов, но для своего окончания требующей определенного времени- ожидания, отдых работников, отверждение бетона при строительстве и т. д.;

— **фиктивной работы**, не требующей затрат времени, труда и расхода ресурсов, но выполняющей роль “связки”, указывающей на то, что какая-то работа (действительная или пассивная) не может быть начата, пока не окончена другая работа.

При расчете сетевых графиков числовые показатели фиктивных работ условно принимаются равными нулю. Работы на сетевом графике изображаются стрелками (дугами), причем действительная и пассивная-сплошной чертой, фиктивная-пунктирной чертой. Над каждой работой могут делаться поясняющие надписи, например, такие, как продолжительность работы во времени, требуемый материальный ресурс и т. д.

Событие есть факт, фиксирующий завершение одной или нескольких предшествующих работ и готовность к выполнению одной или нескольких последующих работ. Считается, что событие, в отличие от работы, не является процессом, не требует затрат труда и ресурсов, наступает практически мгновенно. Различают три вида событий: исходное, промежуточное и завершающее.

*Исходное событие* обозначает момент начала выполнения комплекса работ (комплекса операций). Оно не имеет предшествующих работ. Завершающее событие обозначает момент окончания комплекса работ, соответствующий достижению конечной цели планируемого процесса,

Если планируемый процесс имеет несколько целей, то сетевой график имеет несколько завершающих событий. Промежуточные события фиксируют начало и окончание отдельных ра-

бот, всегда имеют непосредственно предшествующие (входящие) и непосредственно следующие (исходящие) работы. События на сетевом графике чаще всего обозначаются кружками, реже — другими геометрическими фигурами. События нумеруются (кодируются) целыми положительными числами, начиная от исходного и кончая завершающим событием. При этом номер у начала любой стрелки должен быть меньше номера у ее конца. Каждая из работ (стрелок), таким образом, кодируется двумя числами—номером  $i$  у начала стрелки и номером  $j$  у конца стрелки, т. е. получает код  $(i,j)$ . Путь есть любая непрерывная последовательность работ сетевого графика.

Различают следующие пути: *полный, предшествующий, последующий*.

**Полный путь** — последовательность работ (стрелок) от исходного до завершающего события сетевого комплекса. Обычно сетевой график имеет несколько полных путей, которые обозначаются  $L_k$ .

**Предшествующий путь** — последовательность работ (стрелок) от исходного до рассматриваемого события, обозначается  $L_i$ .

**Последующий путь** — последовательность работ (стрелок) от рассматриваемого до завершающего события, обозначается  $L_n$ . Временная длина полного пути представляет собой сумму продолжительностей составляющих его работ.

**Критический путь**  $L_{кр}$  — наиболее продолжительный из всех полных путей. Время критического пути обозначается через  $t_{кр}$ .

В сетевых моделях критический путь обязательно существует, но не всегда единственный.

Понятия критического пути и критического времени являются важнейшими в теории сетевого планирования, так как определяют завершение планируемого комплекса работ. Для сокращения сроков всего комплекса работ необходимо прежде всего принять меры к сокращению сроков выполнения работ, находящихся на критическом пути и называющихся критическими работами. Понятие критического пути и критического времени лежит в основе оптимизации сетевого графика по конечному

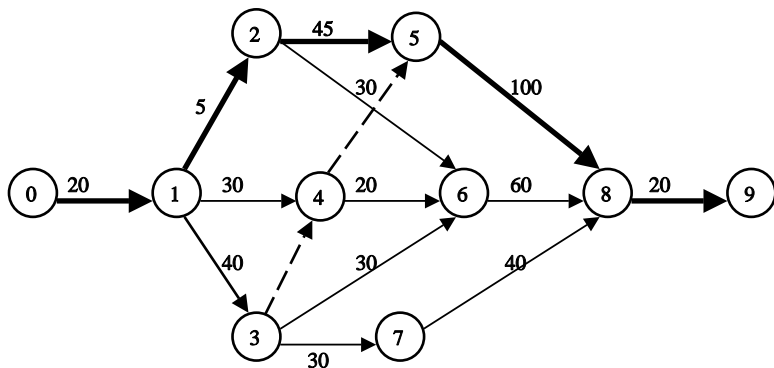
времени проведения всего комплекса работ. На графиках работы критические пути обозначаются жирными стрелками.

### 13.2. Разработка сетевой модели системы

В основе *построения сетевой модели системы* лежат следующие основные **правила**:

- в сети не должно быть событий (кроме исходного), в которые не входит ни одна дуга;
- в сети не должно быть события (кроме завершающего), из которого не выходит ни одной дуги;
- сеть не должна содержать контуров;
- любая пара событий сетевого графика может быть соединена не более чем одной дугой. Для изображения параллельно выполняемых работ с одними и теми же предыдущими и последующими событиями строятся дополнительные события и фиктивные работы (связи);
- если некоторые работы могут быть начаты до полного окончания непосредственно предшествующей им работы, то последнюю можно представить как ряд последовательно выполняемых работ, завершающихся определенными событиями.

**Пример.** Определить продолжительность всех путей для сетевого графика, приведенного на рис. 3.16.



**Рис. 3.16.** Пример сетевого графика для определения продолжительности всех путей

Сетевой график имеет 8 полных путей. Номера полных путей, коды работ каждого пути и их продолжительности приведены в табл. 3.17.

Таблица 3.17

Полные пути $L_k$	Коды работ полных путей $(i,j)_k$	Продолжительности полных путей $t(L_k)$
$L_1$	(0,1), (1,2), (2,5), (5,8), (8,9)	190
$L_2$	(0,1), (1,2), (2,6), (6,8), (8,9)	135
$L_3$	(0,1), (1,4), (4,5), (5,8), (8,9)	170
$L_4$	(0,1), (1,4), (4,6), (6,8), (8,9)	150
$L_5$	(0,1), (1,3), (3,4), (4,5), (5,8), (8,9)	180
$L_6$	(0,1), (1,3), (3,4), (4,6), (6,8), (8,9)	160
$L_7$	(0,1), (1,3), (3,6), (6,8), (8,9)	170
$L_8$	(0,1), (1,3), (3,7), (7,8), (8,9)	150

Наибольшим по продолжительности является полный путь  $L_1$ , так как  $\max \{t(L_k)\} = \{190, 135, 170, 150, 180, 160, 170, 150\} = 190$ .

Следовательно,  $L_1$  является критическим путем сетевого графика с критическим временем  $t_{кр} = 190$  мин.

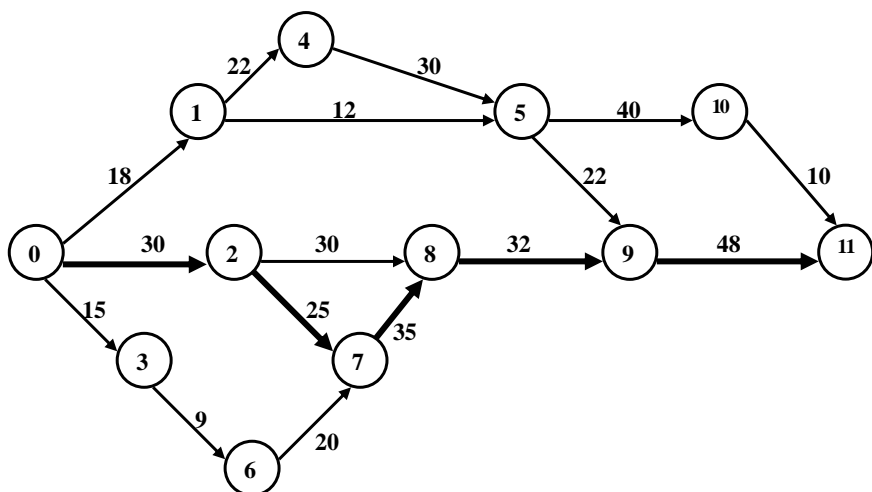
В заключение отметим, что построение сетевого графика является наиболее ответственной и трудоемкой частью работы по сетевому планированию. Она требует привлечения специалистов разных направлений.

### 13.3. Расчет параметров сетевой модели

Основу всех систем СП составляет временная сетевая модель комплекса работ, так как время выступает здесь в качестве главной характеристики процесса. Поэтому расчет сетевого графика подразумевает расчет временных параметров и осуществляется на основе заданных оценок продолжительности отдельных работ. К временным параметрам систем СП относятся: продолжительность критического пути, наиболее ранние из возможных и наиболее поздние из допустимых времена наступления событий и все резервы времени. Методику расчета



основных временных параметров рассмотрим на примере приведенного ниже сетевого графика (рис. 3.17).



**Рис. 3.17.** Пример сетевого графика для расчета временных параметров

### Продолжительность критического пути

Сетевой график имеет 7 полных путей

$L_1 (0, 1, 4, 5, 9, 11), t(L_1) = 140;$

$L_2 (0, 1, 5, 9, 11), t(L_2) = 100;$

$L_3 (0, 1, 4, 5, 10, 11), t(L_3) = 120;$

$L_4 (0, 1, 5, 10, 11), t(L_4) = 80;$

$L_5 (0, 2, 7, 8, 9, 11), t(L_5) = 170;$

$L_6 (0, 2, 8, 9, 11), t(L_6) = 140;$

$L_7 (0, 3, 6, 7, 8, 9, 11), t(L_7) = 159.$

Критическим является полный путь  $L_5$ , так как его продолжительность  $t\{L_5\}$  максимальна.

### Времена наступления событий

В общем случае любому событию  $i$  из сетевого графика предшествует несколько путей. Например, событию 8 предшествует три пути:  $(0, 2, 8)$ ;  $(0, 2, 7, 8)$  и  $(0, 3, 6, 7, 8)$ . Событие  $i$  произойдет в том случае, если будут выполнены все работы, расположенные

на предшествующих путях этого события. Поэтому наиболее раннее время наступления события  $i$  определяется наиболее продолжительным из предшествующих путей

$$t_p(i) = \max\{t(L_i)\};$$

где  $t(L_i)$  — продолжительность предшествующих путей для события  $i$ ;

$$t_p(0) = 0; t_p(1) = 18; t_p(2) = 30; t_p(3) = 15; t_p(4) = 18 + 22 = 40;$$

$$t_p(5) = \max(70, 30) = 70; t_p(6) = 15 + 9 = 24;$$

$$t_p(7) = \max(55, 44) = 55;$$

$$t_p(8) = \max(60, 90, 79) = 90;$$

$$t_p(9) = \max(92, 122, 111, 52, 92) = 122;$$

$$t_p(10) = \max(110, 70) = 110;$$

$$t_p(11) = \max(120, 80, 100, 140, 170, 140, 159) = 170.$$

Если для событий, предшествующих событию  $i$ , были определены наиболее ранние времена их наступления, то результаты расчетов можно использовать для определения наиболее раннего срока наступления события

$$t_p(j) = \max\{t_p(i) + t(i,j)\}.$$

Так, например, событию 9 предшествуют события 5 и 8. Но  $t_p(5) = 70$ , а  $t_p(8) = 90$  и поэтому получим  $t_p(9) = \max(70 + 22; 90 + 32) = 90 + 32 = 122$ . Время наиболее раннего наступления завершающего события определяется временем критического пути  $t_p(11) = t_{кр}$ . Другим временем наступления события является наиболее позднее допустимое время наступления события (поздний срок совершения события). Это время определяется как разность между критическим временем и временем максимального по продолжительности последующего пути:

$$t_n(i) = t_{кр} - \max\{t(L_i)\}.$$

где  $(L_i)$  — последующий путь для события  $i$ .

Расчеты по этой формуле дают следующий результат:

$$t_n(11) = 170 - 0 = 170; t_n(10) = 170 - 10 = 160;$$

$$t_n(9) = 170 - 48 = 122; t_n(8) = 170 - 80 = 90;$$

$$t_n(7) = 170 - 115 = 55; t_n(6) = 170 - 135 = 35;$$

$$\begin{aligned}t_{\pi}(5) &= 170 - \max(50; 70) = 100; t_{\pi}(4) = 170 - \max(80; 100) = 70; \\t_{\pi}(3) &= 170 - 144 = 26; t_{\pi}(2) = 170 - \max(110; 140) = 30; \\t_{\pi}(1) &= 170 - \max(102; 122; 62; 82) = 48; \\t_{\pi}(0) &= 170 - \max(140; 170; 159) = 0.\end{aligned}$$

Для всех событий, принадлежащих критическому пути,  $t_p(i) = t_{\pi}(i)$ , а это означает, что малейшее запаздывание в совершении любого из событий критического пути приводит к увеличению его продолжительности, а следовательно, и сроков завершения планируемого процесса.

### **Резервы времени пути**

Продолжительность полных путей сетевой модели меньше продолжительности критического пути. Поэтому не критические пути, а следовательно, события и работы, расположенные на этих путях, имеют резервы времени. Выявление и использование резервов времени является основной целью сетевого планирования, дающей возможность сократить продолжительность критического пути, а поэтому и сроки выполнения планируемого процесса. Полным резервом времени пути называется разность между продолжительностью критического пути и продолжительностью любого другого полного пути

$$R(L_i) = t_{кр} - t\{L_i\}.$$

Чем короче полный путь по сравнению с критическим, тем больше у него полный резерв времени, показывающий, на сколько может быть увеличена продолжительность всех работ, принадлежащих критическому пути, без изменения общего срока выполнения планируемого процесса. Из данных пункта “а” следует, что

$$\begin{aligned}R(L_1) &= t_{кр} - t\{L_1\} = 170 - 140 = 30; \\R(L_2) &= t_{кр} - t\{L_2\} = 170 - 100 = 70; \\R(L_3) &= t_{кр} - t\{L_3\} = 170 - 120 = 50; \\R(L_4) &= t_{кр} - t\{L_4\} = 170 - 80 = 90; \\R(L_5) &= t_{кр} - t\{L_5\} = 170 - 170 = 0; \\R(L_6) &= t_{кр} - t\{L_6\} = 170 - 140 = 30; \\R(L_7) &= t_{кр} - t\{L_7\} = 170 - 159 = 11.\end{aligned}$$

### **Резерв времени события**

Резерв времени события  $i$  определяется как разность между поздним и ранним сроками свершения данного события

$$R(i)=t_n(i)-t_p(i).$$

Резерв времени события показывает, на какое предельно допустимое время можно задержать свершение этого события, не вызывая увеличения  $t_{кр}$ .

В табл. 3.18 приведены данные по временам свершения событий и их резервы.

Таблица 3.18

Параметры событий	Номера событий											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$t_p(i)$	0	18	30	15	40	70	24	55	90	122	110	170
$t_n\{i\}$	0	48	30	26	70	100	35	55	90	122	160	170
$R(i)$	0	30	0	11	30	30	11	0	0	0	50	0

Для событий критического пути резервы времени отсутствуют (равны нулю).

### Резервы времени работ

В системах сетевого планирования используются четыре вида резервов времени работ: полный, два вида частных и свободный резерв времени.

Полным резервом времени работы называется предельное время, на которое можно увеличить продолжительность данной работы, не изменяя продолжительности критического пути. Количественно полный резерв времени работы определяется формулой

$$R_{\pi}(i,j)=t_{\pi}(j)-t_p(i)-t_{ij}.$$

При более глубоком качественном анализе этой формулы можно установить, что полный резерв времени работы  $ij$  равен величине резерва времени максимального из путей, проходящих через данную работу. Работы, принадлежащие одному пути, могут иметь различные по величине полные резервы времени, меньшие, чем резерв времени пути. Кроме того, резерв вре-

мени пути  $R(L_i)$  может быть распределен между отдельными работами, лежащими на данном пути, без увеличения длины критического пути только в пределах полных резервов времени этих работ. Резервы времени работ, лежащих на критическом пути, равны нулю.

**Частный резерв первого рода**  $R_{\text{ч}}'(ij)$  образуется у работ, непосредственно следующих за событием, в котором пересекаются пути различной продолжительности.

Значение частного резерва времени первого рода вычисляется по формуле

$$R_{\text{ч}}'(ij) = t_n(j) - t_n(i) - t_{ij}.$$

**Частный резерв второго рода**  $P_{\text{ч}}^{\sim}(ij)$  образуется у работ, непосредственно предшествующих событию, в котором пересекаются пути различной продолжительности.

Значение частного резерва определяется по формуле

$$P_{\text{ч}}^{\sim}(ij) = t_p(j) - t_p(i) - t_{ij}.$$

Отсутствие у работ частных резервов указывает на то, что максимальный путь, проходящий через данную работу, является одновременно и максимальным путем для его начального и конечного событий.

**Свободный резерв времени работы**  $R_c(ij)$  представляет ту часть ее полного резерва, при использовании которой не изменяется ни наиболее поздний допустимый срок свершения начального события работы, ни наиболее ранний возможный срок свершения конечного события работы.

Значения свободных резервов вычисляются по формуле

$$R_c(ij) = t_p(i) - t_n(i) - t_{ij}.$$

Резервы работы представляют собой элементы четырехсекторного способа расчета. При этом способе все расчеты производятся непосредственно на графике, и результаты записываются в секторах кружков, обозначающих события. В частности, в них помещаются: сверху — номер события, с боков — времена ран-

него и позднего свершения события, снизу — резерв времени события.

### **13.4. Современные информационные технологии разработки и применения сетевых моделей экономических систем**

Основу современных информационных технологий разработки и применения сетевых моделей экономических систем составляют Casse-технологии и технологии программы “Microsoft Project”.

Программа “Microsoft Project” является одной из основных программ пакета “Microsoft Office” и может работать совместно с программами этого пакета в режимах экспорта или импорта данных, в режиме гипертекстовой ссылки.

Основу технологии обработки данных составляет метод *сетевого планирования и управления*.

Программа “Microsoft Project” используется *с целями*:

1. Управления предметной областью системы (инициирование процессов, происходящих в системе и их фаз; формирование иерархической структуры системы и планирование процессов, происходящих в ней; контроль за ходом протекания процессов в системе).

2. Управления процессами, происходящими в системе (состав процессов, мероприятий и работ; последовательность процессов, мероприятий и работ; продолжительность процессов, мероприятий и работ; разработка расписания процессов, мероприятий и работ, происходящих в системе).

3. Управления финансовыми показателями экономической системы (планирование ресурсов; оценка стоимости и бюджета; контроль стоимости элементов, процессов, мероприятий и работ).

4. Управления качеством системы (планирование качества; обеспечение качества; контроль качества).

5. Управления рисками в экономической системе (оценка рисков; разработка реагирования; контроль рисков и реагирование на них).

---

6. Управления персоналом в экономической системе (организационное планирование; назначение персонала; анализ деятельности персонала)

7. Управления коммуникациями в экономической системе (планирование коммуникаций; отчет о выполнении процессов, мероприятий и работ; завершение управления коммуникациями в проекте).

8. Управления поставками и контрактами в системе (планирование поставок и контрактов; организация и подготовка контрактов; контроль и регулирование контрактов; закрытие контрактов).

9. Оценки эффективности взаимодействия между элементами и подсистемами, управление взаимодействием (определение взаимодействующих элементов и подсистем; определение способов взаимодействия).

10. Оценки эффективности обеспечения, управление обеспечением элементов, подсистем и системы в целом (определение состава сил средств и способов обеспечения).

11. Управления изменениями в системе (разработка общей структуры системы путем связи ее подсистем; общее управление изменениями).

12. Управления безопасностью системы (разработка плана обеспечения безопасности; проверка безопасности; контроль воздействия на окружающую среду).

13. Управления системой в условиях критических ситуаций и конфликтов (распознавание критической ситуации, определение функций распределения времени наступления критической ситуации; определение перечня мероприятий и работ с целью ликвидации критической ситуации).

Указанные цели достигаются путем решения следующих основных **задач**:

- разработка линейного плана выполнения проекта (графика Ганта);
- разработка сетевого плана выполнения проекта;
- разработка календарного плана выполнения проекта;

- 
- определения загрузки исполнителей проекта;
  - разработка бюджета (общий бюджет, внебюджетные задачи, внебюджетные источники, заработная плата и др.);
  - обоснование мероприятий и работ, направленных на повышение эффективности проекта;
  - разработка различного рода смет (смета продаж, смета производства, смета прямых материальных затрат, смета прибылей и убытков, смета капитальных затрат, смета движения денежных средств и др.);
  - контроль за ходом реализации проекта.

Работа с программой “Microsoft Project” осуществляется в соответствии со следующим **алгоритмом**:

- вызов программы “Microsoft Project”;
- настройка программы “Microsoft Project”;
- ввод исходных данных проекта;
- представление проекта в виде линейного плана;
- представление работ, находящихся на критическом пути;
- определение временных характеристик работ;
- представление проекта в виде сетевого плана;
- корректировка плана по фактическому состоянию работ;
- наглядное представление результатов корректировки плана;
- ввод данных о ресурсах;
- получение отчета о бюджете;
- определение загрузки исполнителей.

**Пример.** Генеральным директором компании принято решение на реализацию бизнес-плана по производству на предприятиях компании нового вида продукции и даны указания заместителю по проектам подготовить план организации производства опытной партии товаров.

Классифицировать совокупность мероприятий, работ и событий как **систему**. Сформулировать цель, задачи и разработать сетевую модель данного этапа проекта (процесса). Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 3.19.



Таблица 3.19

Мероприятия и работы	Время начала проекта	Продолжительность выполнения задачи, сут.	Стоимость работы, мероприятия, млн руб.	Ответственный исполнитель
Принятие решения на реализацию бизнес-плана	21.01.2009			Ген. директор
Подготовка основного производства		10	1,2	Зам. ген. директора
Подготовка вспомогательного производства		5	0,8	Главный технолог
Закупка комплектующих изделий для производства опытной партии продукции		4	3,0	Коммерческий директор
Производство опытной партии продукции		5	3,3	Руков. основного производства
Заключение договоров по сбыту готовой продукции		3	0,6	Коммерческий директор
Принятие решения на реализацию проекта		1		Ген. директор

### **Решение задачи**

1. Элементами системы являются работы (мероприятия). Структура системы определяется информационными связями между работами (мероприятиями). Цель системы — произвести и реализовать опытную партию продукции. Основные задачи: организовать производство продукции; реализовать готовую продукцию. Результаты: прибыль от реализации продукции; решение на реализацию проекта.

- Построение линейного графика процесса (рис. 3.18). Операция “Вид” — “График Ганта”.

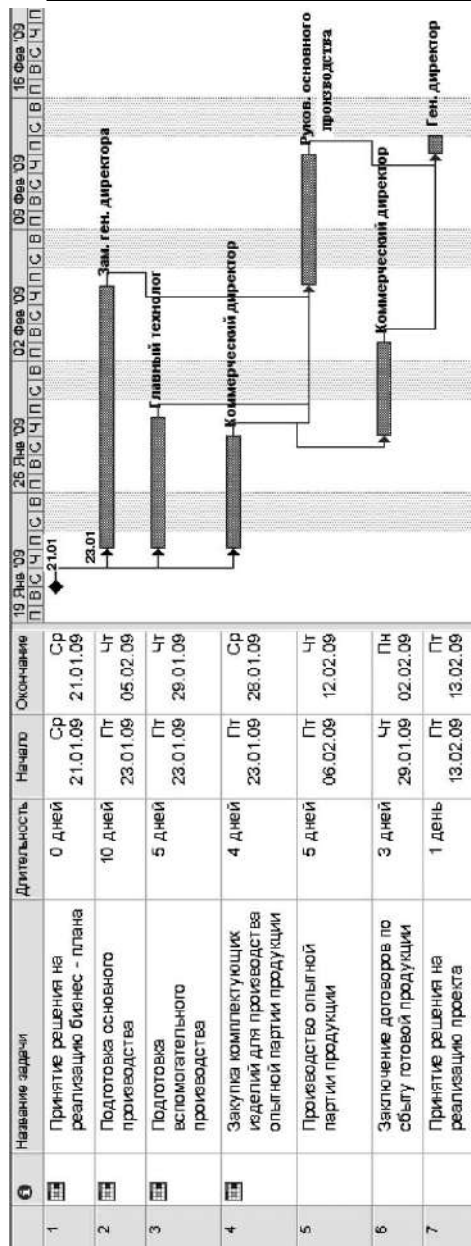


Рис. 3.18. Линейный график процесса

• Расчет временных показателей процесса (рис. 3.19). Операция “Вид” — “Таблица” — “Календарный план”.

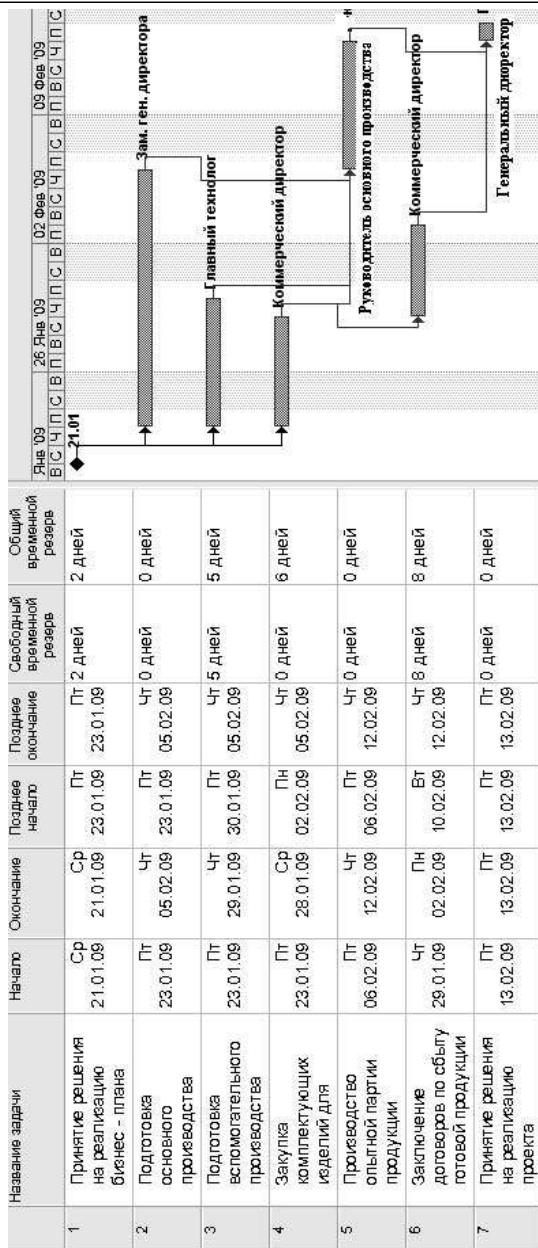


Рис. 3.19. Временные показатели процесса

- Определение продолжительности критического пути (рис. 3.20). Операция “Проект” — “Фильтр” — “Критические задачи”.

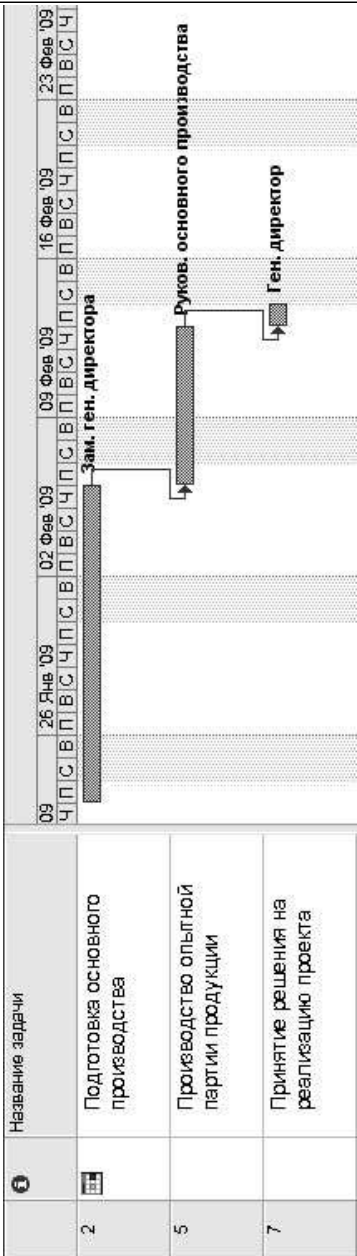


Рис. 3.20. Критические задачи

- Сетевой график процесса. Операция “Вид” — “Сетевой график” (рис. 3.21).

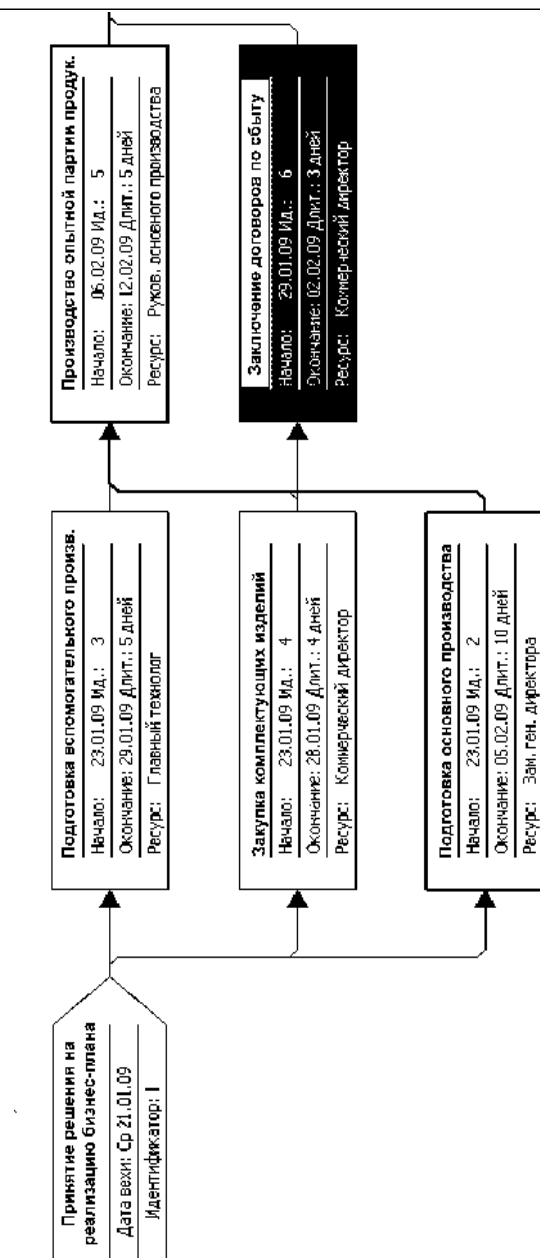


Рис. 3.21. Сетевой график процесса (фрагмент)



- 
- Финансовые показатели проекта.

Наряду с приведенными выше параметрами процесса с помощью программы “Microsoft Project” может быть получена система финансово-экономических показателей. Для этих целей необходимо ввести затраты денежных средств для выполнения каждой работы (мероприятия). В качестве примера получена система финансовых показателей о бюджете (рис. 3.23).

Затраты на выполнение каждой работы (мероприятия) могут быть введены различными способами: с помощью меню “Отслеживание затрат”; “Вид” — “Лист ресурсов”.

В примере рассмотрен простейший вариант системы и соответствующая ей сетевая модель. Как отмечалось выше, реальные системы состоят, как правило, из многих подсистем. Для разработки сетевых моделей таких систем разрабатываются сетевые модели подсистем — это первый этап работы. На втором этапе выполняется синтез модели системы.

## Глава 14. Имитационные модели экономических систем

### 14.1. Определение понятия “имитационное моделирование”

**Имитация** в переводе с латинского означает *отображение*.

**Имитационная модель** — аналог какого-либо процесса или явления, созданный путем отображения.

**Моделирование** — процесс разработки модели или процесс получения каких-либо характеристик, например экономических, с помощью модели.

**Имитационное моделирование** — процесс разработки имитационной модели или процесс получения каких-либо характеристик, например экономических с помощью имитационной модели.

**Имитационный эксперимент** — эксперимент, проведенный с помощью имитационной модели.

# Отчет бюджета от 21.01.09

Ид.	Название задачи	Фиксированные затраты	Начисление фикс. затрат	Общие затраты	Базовые	Отклонение
5	Производство опытной партии товаров	3 300 000.00р.	Пропорциональное	3 300 000.00р.	0.00р.	3 300 000.00р.
4	Закупка комплектующих изделий	3 000 000.00р.	Пропорциональное	3 000 000.00р.	0.00р.	3 000 000.00р.
2	Подготовка основного производства	1 200 000.00р.	Пропорциональное	1 200 000.00р.	0.00р.	1 200 000.00р.
3	Подготовка вспомогательного пром. из	600 000.00р.	Пропорциональное	600 000.00р.	0.00р.	600 000.00р.
6	Заключение договоров по сбыту гото	600 000.00р.	Пропорциональное	600 000.00р.	0.00р.	600 000.00р.
1	Принятие решения на реализацию бр	0.00р.	Пропорциональное	0.00р.	0.00р.	0.00р.
7	Принятие решения на реализацию пр	0.00р.	Пропорциональное	0.00р.	0.00р.	0.00р.
		8 800 000.00р.		8 800 000.00р.	0.00р.	8 800 000.00р.

Рис. 3.23. Отчет о бюджете проекта



---

В современной литературе не существует единой точки зрения по вопросу о том, что понимать под имитационным моделированием. Существуют различные трактовки:

— *в первой* — под имитационной моделью понимается математическая модель в классическом смысле;

— *во второй* — этот термин сохраняется лишь за теми моделями, в которых тем или иным способом разыгрываются (имитируются) случайные воздействия;

— *в третьей* — предполагают, что имитационная модель отличается от обычной математической модели более детальным описанием, но критерий, по которому можно сказать, когда кончается математическая и начинается имитационная модель, не вводится.

По-видимому ни одно из этих утверждений неверно. Во-первых, с помощью имитационных моделей моделируются как детерминированные, так и случайные процессы. Во-вторых, любая имитационная модель относится к классу математических моделей (это не натурная модель, не мысленная и т. д.). В-третьих, любая имитационная модель, даже простейшего процесса, имеет аналитическую составляющую. В-четвертых, имитационное моделирование — это практически всегда моделирование пространства, времени и состояния элемента системы в данной точке пространства и времени.

Имитационные модели используются для анализа и прогнозирования процессов в самых различных областях деятельности. В подтверждение этого можно привести множество примеров: прогноз динамики финансово-экономических показателей на фондовых биржах; прогноз динамики атмосферных явлений, опасных явлений погоды и катастроф; прогноз динамики военных операций и др.

Имитационное моделированием применяется к процессам, в ход которых может время от времени вмешиваться человеческая воля. Человек, руководящий операцией, может в зависимости от сложившейся обстановки принимать те или иные решения, подобно тому, как шахматист, глядя на доску, выбирает свой очередной ход. Затем приводится в действие математическая

модель, которая показывает, какое ожидается изменение обстановки в ответ на это решение и к каким последствиям оно приведет спустя некоторое время. Следующее текущее решение принимается уже с учетом реальной новой обстановки и т. д. В результате многократного повторения такой процедуры руководитель как бы “набирает опыт”, учится на своих и чужих ошибках и постепенно выучивается принимать правильные решения — если не оптимальные, то почти оптимальные

Рассмотрим на примере простейшие варианты аналитической и имитационной моделей.

**Пример.** Вертолет экологического мониторинга выполняет полет между населенными пунктами А и В на скорости 180 км/ч. Расстояние между этими населенными пунктами равно 300 км, направление движения 45°. Вылет вертолета из пункта А осуществляется в 12.00. Определить время прибытия вертолета в пункт В. Задачу решить, разработав аналитическую и имитационную модели движения.

#### ***Аналитическая модель***

$$T_B = T_A + \frac{S}{V},$$

где  $T$  — время вылета из пункта А;

$S$  — расстояние между пунктами А и В;

$V$  — скорость полета вертолета.

#### ***Имитационная модель***

1. Моделируется направление движения.

2. Выбирается шаг моделирования  $\Delta t$ . Вычисляется соответствующее этому шагу приращение расстояния  $\Delta S = V\Delta t$ .

3. Организовывается цикл по шагу  $\Delta S = V\Delta t$ , включает таймер (счетчик времени), осуществляется суммирование  $S_{\text{пр } i+1} = S_{\text{пр } i} + \Delta S$  — пройденное расстояние.

4. Пройденное расстояние сравнивается с расстоянием между точками А и В. При равенстве этих расстояний (или же при расстоянии, меньшем некоторого заданного значения) таймер выключается и фиксируется время выхода вертолета в точку В.

5. В ходе движения могут проверяться самые различные условия достижения каких-либо целей, выполнения задач, реализации функций, выполнения работ (мероприятий) и событий. Например, время и место выхода на основные магистрали, железнодорожные узлы и др.

### ***Преимущества и недостатки аналитической и имитационной моделей***

1. Имитационная модель позволяет вычислить искомый параметр при выполнении полета с переменной скоростью и по криволинейной траектории.

2. В ходе выполнения имитационного моделирования можно зафиксировать время и место достижения каких-либо целей, выполнения задач, реализации функций, выполнения работ (мероприятий) и событий.

3. Процесс движения по маршруту может отображаться с помощью современных мультимедийных средств.

4. Сложность и громоздкость разработки имитационной модели.

Преимущества и недостатки имитационных моделей на рассмотренном выше примере очевидны.

## **14.2. Цель, задача, проблема, система, элемент системы, состав и структура системы, работа, мероприятие, функция, событие, агрегат, процесс, заявка, транзакт**

**Цель** — это желаемый результат, который достигается или же может быть достигнут в ходе какой-либо деятельности. Цель системы едина. Любая цель достигается путем достижения подцелей (частных целей).

**Задача** — то, что необходимо сделать для достижения цели (подцели).

**Система** — совокупность элементов и отношений между ними. Промышленное предприятия — это система. Подразделения предприятия — это элементы системы.

---

**Элемент (агрегат)** — неделимая часть системы, выполняющая определенные функции.

**Состав и структура системы** — количество элементов в системе, характер связей между элементами — прямые, обратные, перекрестные.

**Заявка** — информация о чем-либо, требующая какой-либо реакции (например, заявка на какую-либо продукцию, заявка на обслуживание и др.).

**Транзакт** — заявка, наделенная определенными свойствами (например, заявка на техническое обслуживание автомобиля “Мерседес-600” выпуска 2000 г. в России с 2005 г.).

**Работа** — любое действие, требующее затрат сил, средств и времени.

**Событие** — факт завершения одной или нескольких работ. Например, на автозаводе приступили к выпуску новой марки автомобилей, первый автомобиль выпущен. Это событие.

**Мероприятие** — совокупность работ и событий.

**Функция** — совокупность работ (мероприятий), приводящих к цели посредством выполнения какой-либо задачи (например, выработка и принятие управленческого решения — функция управления).

**Процесс** — совокупность деятельности во времени по реализации функции. Например, сборка автомобиля, загрузка зерна на элеваторе, обучение студента в вузе — это процессы.

**Объект имитации** — элемент модели экономического процесса, реализация функций которого осуществляется путем отображения. Например, в модели может отображаться процесс закупок материалов и комплектующих изделий, процесс продаж готовой продукции, процесс производства и др. Выбор объекта имитации один из основных элементов разработки модели.

**Предмет имитации** — то для каких целей осуществляется имитация. Например, получение количественных характеристик процесса или явления, определение дальнейшего поведения системы, отображение чего-либо и т. д.

**Способ имитации** — совокупность деятельности, предпринимаемой для отображения чего-либо (процесса, явления). Еди-

ничными действиями могут быть: перемещение в пространстве; перемещение во времени; сравнение; удаление; исправление (корректирование, например, состояния системы).

**Средство имитации** — то, с помощью чего осуществляется имитация. Средствами имитации могут быть: натурные элементы модели (например, операционист в банке, осуществляющий учет платежей), моделирующий алгоритм, средство отображения информации и др.

**Поведение системы (процесса)** — совокупность правил и условий, в соответствии с которыми осуществляется изменение состава, структуры, функций, параметров или каких либо других характеристик системы.

### 14.3. Время и пространство в имитационных моделях

Основными составляющими имитационного процесса являются: время, пространство, функциональное действие, активность, поведение.

1. Всякий реальный процесс, в том числе и экономический, представляется в виде совокупности **функциональных действий (ФД)**. В основу функционального действия могут быть положены: достижение какой либо-цели или же подцели; выполнение (решение) задачи, при которой достигается цель или подцель; реализация какой-либо функции; выполнение работы или мероприятия; наступление какого-либо события; реализация процесса или явления. Функциональные действия в реальной системе могут осуществляться последовательно, параллельно, последовательно-параллельно.

2. Всякое функциональное действие начинается и заканчивается в определенные моменты времени  $t_{\text{н}}$  и  $t_{\text{к}}$  и имеет **определенную продолжительность**  $\tau_i$ .

3. Все функциональные действия описываются неким **алгоритмом**.

4. Пары (алгоритм и текущее время или функциональное действие и текущее время) в теории имитационного моделирования называют **активностью**. Любая активность представляет

собой запись поведения имитационной модели, приводящей к появлению интересующего нас события. Момент начала функционального действия в теории принято называть **инициализацией**.

5. Функциональным действием в экономических моделях может быть перемещение компонента во времени и пространстве, реализация мероприятия или выполнение работ. В результате этой деятельности наступает интересующее нас событие.

### **Учет времени в имитационных моделях экономического процесса**

При реализации имитационных моделей экономического процесса обычно используют четыре представления времени:

1. *Реальное время работы системы*, которая имитируется на данной модели  $t_p$ .

2. *Глобальное модельное время*, по которому организуется синхронизация событий в системе в целом  $t_{\text{мг}}$ .

3. *Локальное модельное время*, по нему осуществляется синхронизация отдельных функциональных деятельностей  $t_{\text{мл}}$ .

4. *Машинное время имитации*, отражающее затраты ресурса времени ЭВМ на организацию имитации  $t$ .

Существуют два способа имитации модельного времени ( $t_{\text{мг}}$  и  $t_{\text{мл}}$ ):

- способ фиксированного шага  $\Delta t = \text{const}$ ;
- способ переменного шага  $\Delta t = \text{varia}$ .

Могут возникнуть неудобства от того, что при постоянном шаге можно “проскочить” интересующее нас событие. Переменный шаг зависит от текущего времени. В ходе моделирования оценивается время до события и выбирается шаг, чтобы его не “проскочить”.

Зависимость функционального действия от времени определяется **поведением** системы, которое задается исходными данными моделируемого процесса либо формируется в ходе моделирования в итоге наступления тех или иных событий. Например, при наступлении события “Цель достигнута”, процесс моделирования завершается.

---

В имитационной модели реализуется как будто бы параллельный процесс (так как однопроцессорная ЭВМ решает задачи последовательно).

Существуют следующие основные способы организации квазипараллелизма: просмотр активностей; составление расписаний событий; транзактный способ; агрегатный способ; процессный способ; комбинированный способ.

### ***Просмотр активностей.***

Условие применимости:

— все функциональные действия компонент  $K_i$  реальной системы различны;

— для выполнения каждого функциональные действия требуется выполнение своих условий;

— условия выполнения каждого функциональные действия могут быть представлены алгоритмически;

— связи между функциональными действиями отсутствуют.

### ***Алгоритм реализации способа***

1. Осуществляется просмотр всех функциональных действия. Параметр цикла равен максимальному числу активностей.

2. Имена активностей, для которых выполняются условия, заносятся в список инициализируемых. Далее начинается цикл по числу инициализируемых активностей (цикл просмотра деятельности).

3. Определяется интересующее нас событие.

Алгоритм организации квазипараллелизма просмотром активностей приведен на рис. 3.24.

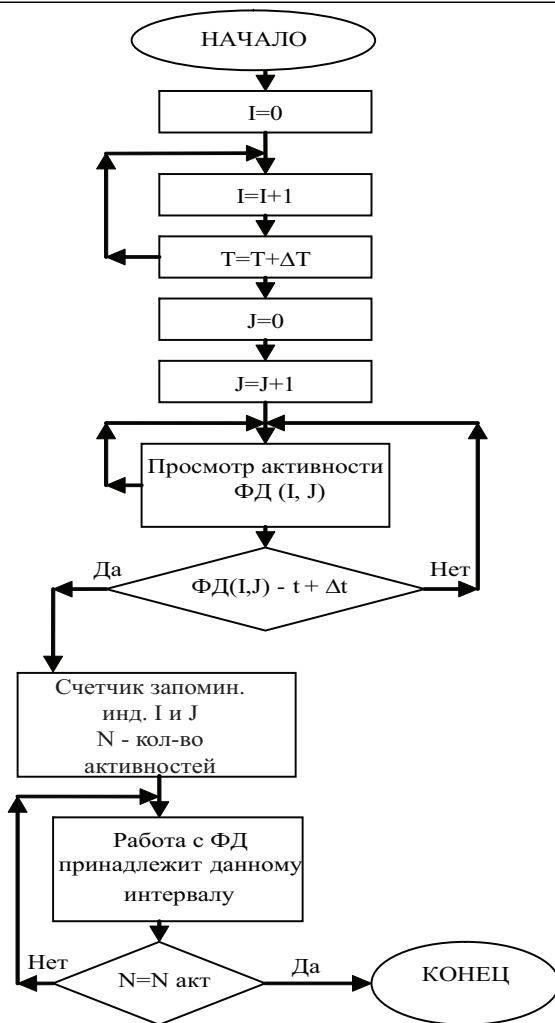
### ***Составление расписаний событий.***

Условия применимости:

— различные компоненты моделируемой системы выполняют одни и те же функциональные действия;

— начало выполнения функциональных действий определяется одними и теми же условиями;

— в результате выполнения одних и тех же функциональных действий в системе происходят одинаковые события независимо друг от друга.



**Рис. 3.24.** Блок-схема просмотра активностей

*Алгоритм реализации способа*

1. По первому циклу (параметр цикла равен максимальному числу событий) проводится проверка условий выполнимости событий.



2. Имена тех событий, для которых эти условия выполнимы, заносятся в список инициализированных событий.

3. Второй цикл (параметр цикла = числу свершившихся - инициализированных событий) осуществляет процесс выполнения деятельности, приводящих к событиям.

Алгоритм организации квазипараллелизма составлением расписания событий приведен на рис. 3.25.

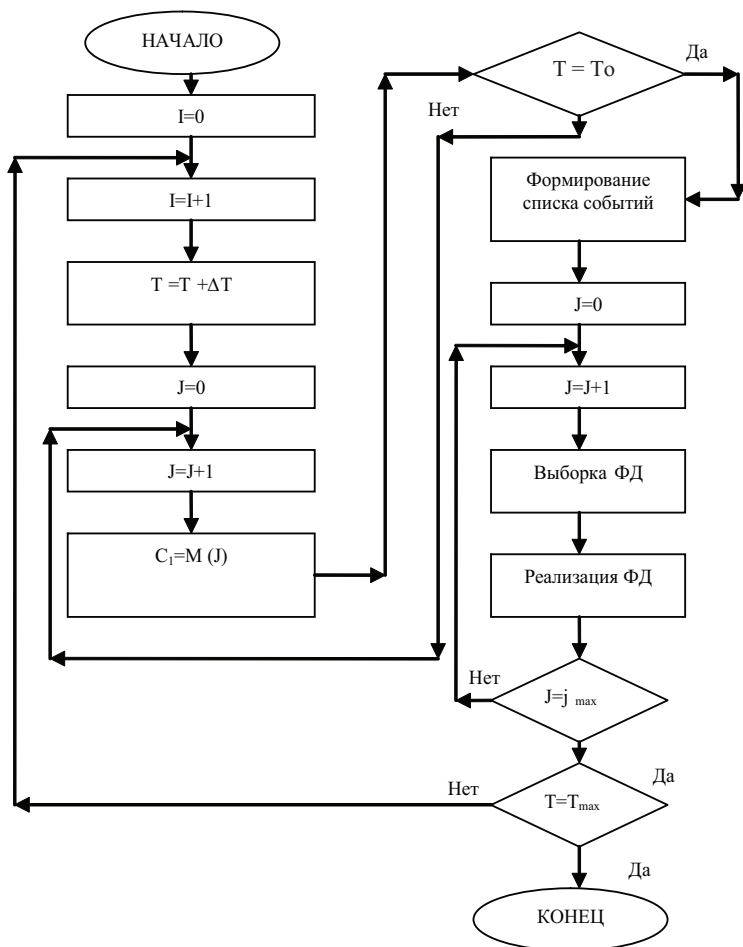


Рис. 3.25. Блок-схема составления расписания событий

---

### **Транзактный способ**

Условия применимости способа:

- функциональные действия компонент реальной системы одинаковы;
- общее число функциональных действий ограничено;
- каждое функциональные действия — набор простейших операций и его можно аппроксимировать активностями;
- существует зависимость выполнения функциональных действий друг от друга (обычно в системах массового обслуживания).

Сущность: на вход системы поступают заявки, система имеет определенное количество каналов обслуживания.

*Алгоритм организации квазипараллелизма.*

1. Организуется цикл по модельному времени.
2. Организуется цикл по источникам транзактов (заявок).
3. Определяется последовательность транзактов от каждого источника и время генерации каждого транзакта.
4. Осуществляется формирование общей очереди транзактов, поступающих от всех источников.
5. Организуется порядок обслуживания транзактов.
6. Организуется цикл по каналам обслуживания транзактов.
7. Организуется цикл в соответствии с порядком обслуживания по транзактам.
8. Фиксируются моменты времени поступления транзактов на обслуживание в каждом канале и моменты времени, когда эта заявка будет обслужена.

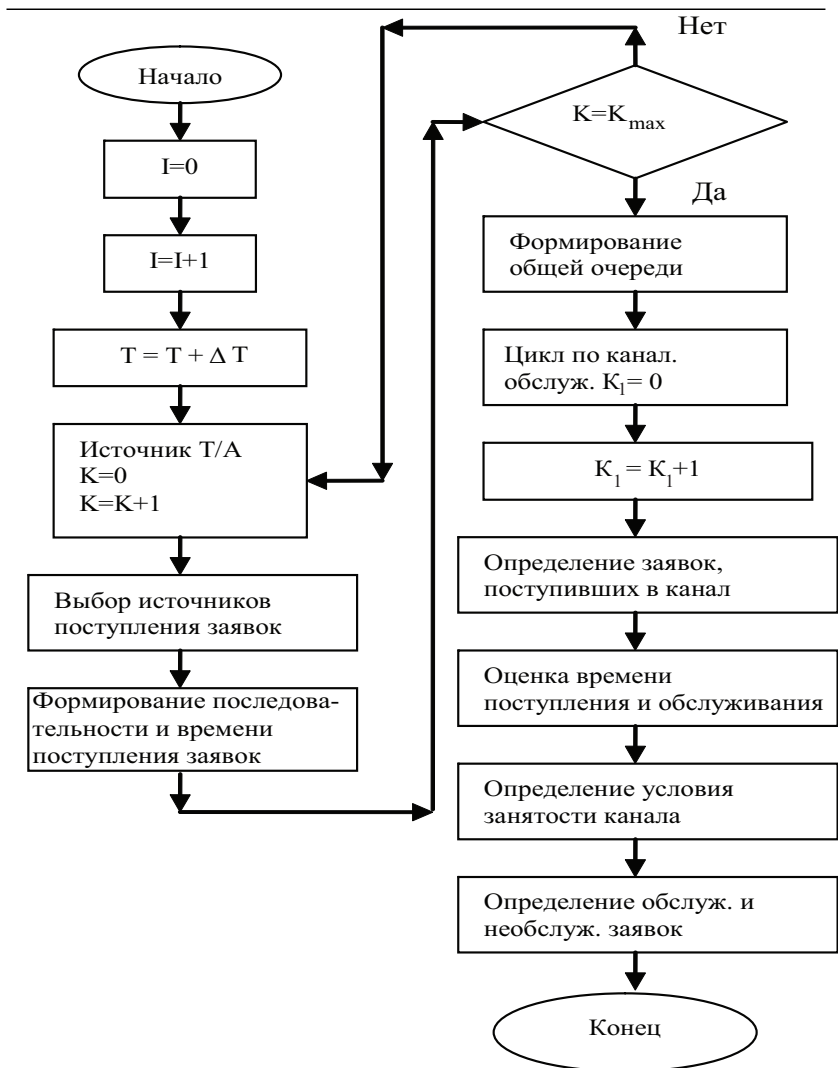
9. Определяется условие занятости каналов и количество заявок, покинувших систему.

Алгоритм организации квазипараллелизма транзактным способом приведен на рис. 3.26.

### **Агрегатный способ**

Условия применимости агрегатного способа:

- моделируемая система состоит из нескольких агрегатов;
- имеет место тесное взаимодействие между этими агрегатами;



**Рис. 3.26.** Организация квазипараллелизма транзактным способом

- агрегаты обмениваются между собой сигналами;
- каждый выходной сигнал от одного агрегата является входным сигналом для другого агрегата.

---

### *Алгоритм организации квазипараллелизма*

1. Организуется цикл по модельному времени.

2. Организуется цикл по номеру агрегата, в результате этого цикла осуществляется установка начального состояния каждого из агрегатов.

3. Организуется цикл по всем номерам агрегатов. В ходе каждого номера цикла с учетом начального состояния агрегатов определяются значения их входных и выходных сигналов.

4. Организуется цикл по номеру агрегата, выбираются функциональные действия, осуществляемые каждым агрегатом и формируется с учетом этого выходной сигнал.

Алгоритм организации квазипараллелизма агрегатным способом приведен на рис. 3.27.

### ***Процессный способ***

Условия применимости процессного способа:

— все функциональные действия компонент реальной системы различны;

— имеют место индивидуальные условия выполнения событий, приводящие к функциональным действиям;

— у каждой компоненты существует определенная последовательность выполнения функциональных действий;

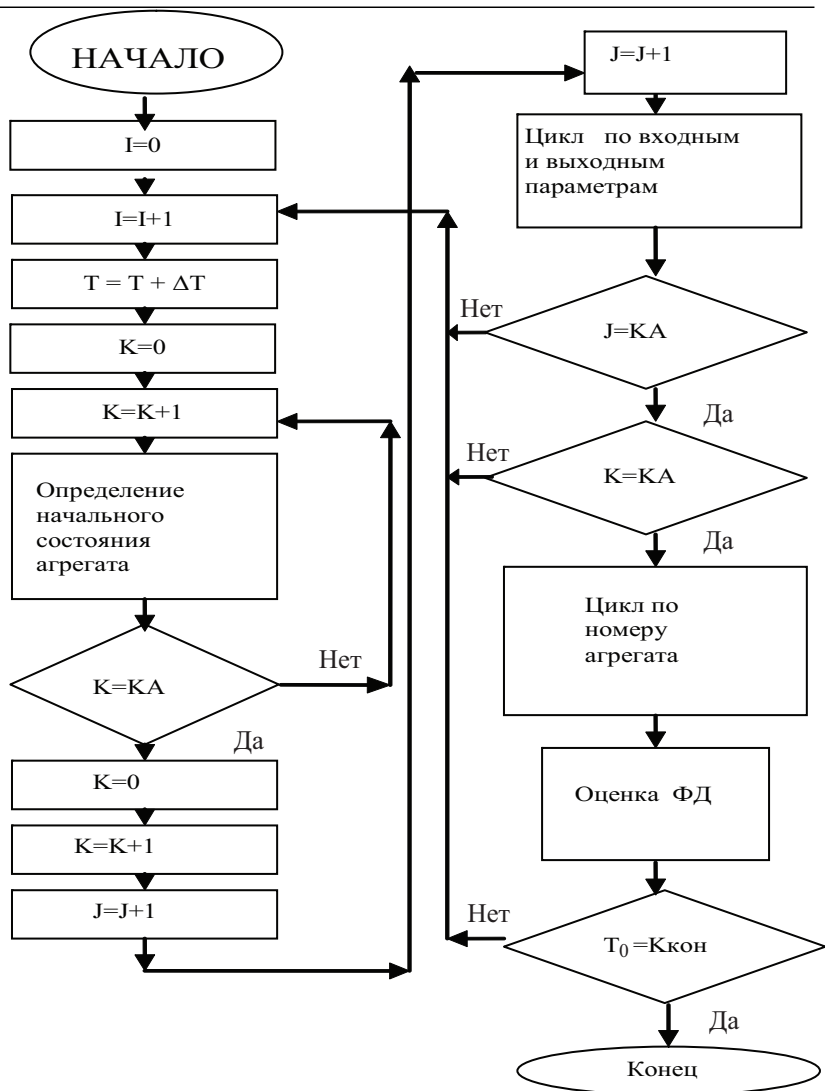
— в любой момент  $T$  на данной компоненте может выполняться только одно функциональное действие.

### *Алгоритм организации квазипараллелизма*

1. Организуется цикл по времени и вычисляется модельное время.

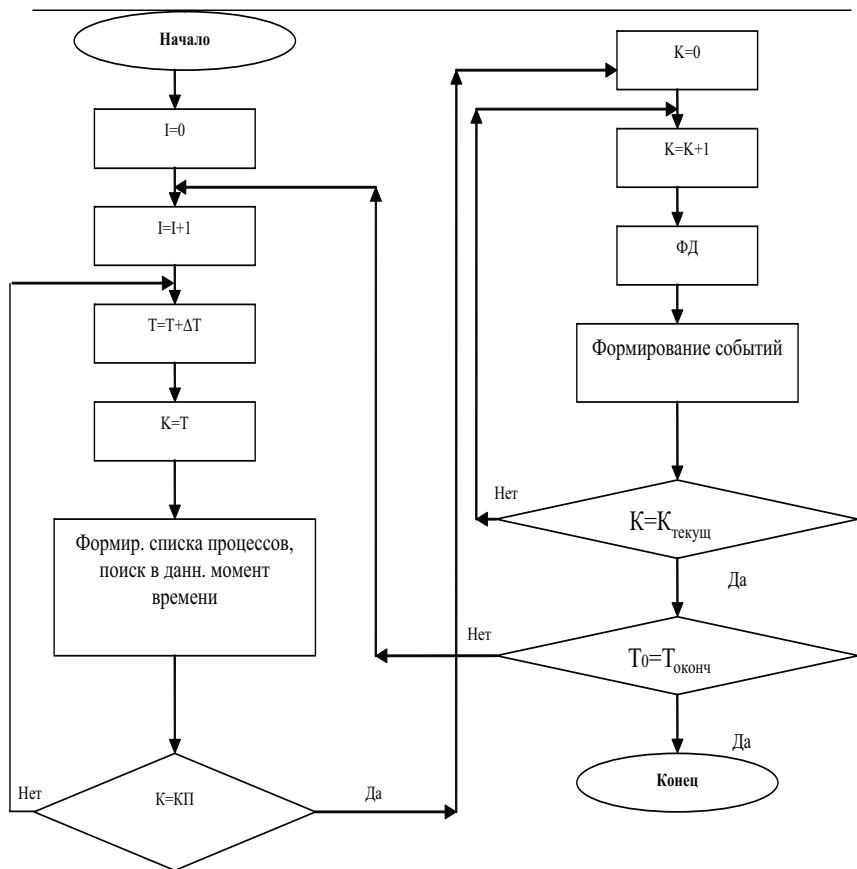
2. Организуется цикл по номеру процесса, вычисляется время его начала и окончания.

3. Формируется список процессов, которые происходят в данный момент времени. Номера процессов запоминаются. Организуется цикл по номеру процесса, происходящего в данный момент времени. Для каждого наступающего номера процесса выбирается функциональное действие, в результате реализации которого событие может наступить или не наступить.



**Рис. 3.27.** Организация квазипараллелизма агрегатным способом:  
КА — количество агрегатов в системе

Алгоритм организации квазипараллелизма процессным способом приведен на рис. 3.28.



**Рис. 3.28.** Организация квазипараллелизма процессным способом:  
 КП — количество процессов в системе

## 14.4. Классификация имитационных моделей в экономике

Имитационные модели в экономике классифицируются в соответствии со следующими основными признаками: масштаб моделируемого процесса; сфера деятельности; способ реализации модели; способ учета времени; способ отображения результатов моделирования.

---

В соответствии с признаком “*масштаб моделируемого процесса*” основными имитационными моделями могут быть: модели отдельных процессов, происходящих на предприятии; модели сфер деятельности на предприятии; модели предприятий; модели отраслей экономики; межотраслевые имитационные модели.

В соответствии с признаком “*сфера деятельности*” имитационные модели могут быть: финансовыми, производственными; обеспечения предприятия; управления предприятием.

В соответствии с признаком “*способ реализации модели*” имитационные модели могут быть: исследовательскими — для исследования экономических систем; модели обеспечения аналитической работы на предприятии (например, прогнозирования объемов производства продукции); модели поддержки процессов выработки и принятия решений;

В соответствии с признаком “*способ учета времени*” имитационные модели могут быть: работающими в реальном масштабе времени (работает точно так, как протекает моделируемый процесс); работающими в условном масштабе времени — машинном и др.

В соответствии с признаком “*способ отображения результатов моделирования*” имитационные модели могут быть: на носителях информации (бумажных, электронных); на элементах (объектах) системы управления; мультимедийных средствах.

**Соотношение аналитических и имитационных элементов модели.** Если подходить к этому признаку классификации строго, то следует отметить, что “чистых” имитационных моделей нет. В любой имитационной модели всегда присутствует аналитическая часть. Считают, что модель является имитационной, если в ней присутствует хотя бы один имитационный элемент.

В качестве примеров имитационных моделей, применяемых в экономике, можно привести в первую очередь модели положенные в основу построения корпоративных информационных систем управления предприятиями. Это “1С: Предприятие”, “Галактика”, “Флагман”, “Олимп” и др. Указанные системы, как правило, работают в реальном масштабе времени и фиксируют (отображают, имитируют) информационные потоки различных

сфер деятельности предприятия. Объектами имитации являются транзакты, поступающие в систему в пространстве и времени. Средства имитации в таких системах, как правило, комбинированные. Являются имитационными и целый ряд специализированных систем. Это системы “Project Expert”, “Microsoft Project”, “Альт Инвест” и др. Объектом имитации в этих системах является в основном время. Средства имитации в моделях данного класса — алгоритмические. Например, показатели моделируемого процесса рассчитываются с установленным временным шагом моделирования на заданный интервал прогнозирования. В каждой точке этого интервала может формироваться вектор, характеризующий дальнейшее “поведение” процесса. В некоторой степени к классу имитационных моделей можно отнести модели, положенные в основу построения и других предметно-ориентированных систем, например, налоговых, страховых и др. Объектами имитации в этих системах являются операции по реализации учетных функций.

## **14.5. Общий порядок разработки имитационных моделей в экономике**

Порядок разработки имитационных моделей в экономике включает в себя несколько этапов:

- изучение моделируемого процесса (уяснение цели и задачи моделирования, оценка ситуации, выявление проблем и определение путей их решения);
- выбор показателей и критериев, а также формирование макета результатов моделирования;
- определение состава, структуры и взаимосвязей элементов моделируемой системы, входа, выхода, обратной связи, условий и ограничений системы;
- определение входа, выхода, обратной связи, условий и ограничений системы работы каждого элемента моделируемой системы;
- разработку блок-схемы имитационной модели;
- определение объекта и способа имитации;



---

• определение целей, задач, функций, процессов, мероприятий (работ), событий для каждого из элементов и моделируемой системы в целом;

• выполнение классификации целей, задач, функций, процессов, мероприятий (работ), событий, определение законов распределения показателей, их характеризующих, а также параметров этих законов;

• разработка графиков целей, задач, функций, процессов, мероприятий (работ), событий для каждого из элементов и моделируемой системы в целом;

• формирование макета исходных данных моделируемого процесса;

• разработку графиков (диаграмм) процессов, происходящих в системе;

• разработку графиков мероприятий, работ и событий;

• разработку алгоритма имитационной модели;

• разработку программы;

• испытание имитационной модели, а также ее верификацию;

• принятие решения на эксплуатацию модели по результатам испытания и верификации модели;

• разработку инструкции пользователю имитационной модели.

В процессе разработки имитационной модели могут быть использованы как традиционные методы анализа и синтеза систем, например графоаналитические методы, так и методы, реализованные на основе современных информационных технологий. Эти методы положены в основу компьютерных программ “Microsoft Project”, “Platim BPwin, Pilgrim-5 и др.

Как было показано выше, функционирование любой, в том числе и экономической, системы, характеризуется чередованием, в соответствии с определенными законами, событий и процессов, происходящих во времени и пространстве. Для того чтобы в ходе имитационного моделирования в любой момент времени можно было бы определить поведение системы, необходимо давать ответ на следующие **основные вопросы**.

- Произойдет или не произойдет интересное нас событие?
- Какое событие из полной группы несовместных событий произойдет?
- Какое значение примет случайная величина дискретного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Какое значение примет случайная величина непрерывного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Какое значение примет система случайных величин дискретного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Какое значение примет система случайных величин непрерывного типа (для независимых и зависимых величин)?
- Каким образом будет протекать процесс?
- Какое состояние примут элементы системы?
- Как изменятся цели, задачи, функции и взаимосвязи элементов системы?
- Какой состав, структуру и состояние примет система в целом?
- Как изменятся цели, задачи, функции и взаимосвязи системы в целом?
- Каким образом и с каким результатом окажет влияние состав, структура, функции системы на воздействующие и взаимодействующие системы?

Рассмотрим методы, позволяющие получить ответы на эти вопросы.

### **Моделирование случайного события**

*При моделировании случайного события* задача ставится таким образом. Вероятность появления события  $A$  в опыте известна и равна  $p$ . Моделируя событие  $A$ , необходимо ответить на вопрос, произошло оно в результате опыта или нет. Моделирование случайного события производится следующим образом:

- с использованием стандартного механизма случайного выбора получают случайное число  $\xi_p$ ;
- сравнивают полученное случайное число  $\xi_p$  с вероятностью появления события.

Если  $\xi_p$  меньше  $p$ , то событие  $A$  произошло, если  $\xi_p$  больше вероятности появления события  $A$ , то оно не произошло. Реальное событие  $\Pi$  при моделировании заменяется другим, легко воспроизводимым в лабораторных условиях, но имеющим ту же вероятность появления, что и моделируемое. В изложенном процессе моделирования интересующее нас событие было заменено другим случайным событием — получением случайного числа, значение которого меньше вероятности  $p = P(A)$ .

**Пример.** Разработать имитационную статистическую модель для оценки возможности инициализации случайного события. Априорная вероятность появления события равна 0,7. Оценить точность и надежность моделирования.

#### ***Разработка имитационной модели***

1. Подготавливается таблица на листе “Excel” (рис. 3.29).
2. В Visual Basic (VBA) разрабатывается программа для моделирования случайного события (рис. 3.30).
3. Для кнопки “Выполнить моделирование” назначается макрос СОБ()
4. Для различных исходных данных выполняется моделирование случайного события, оценивается точность моделирования для различного числа реализаций.

#### **Моделирование полной группы несовместных событий**

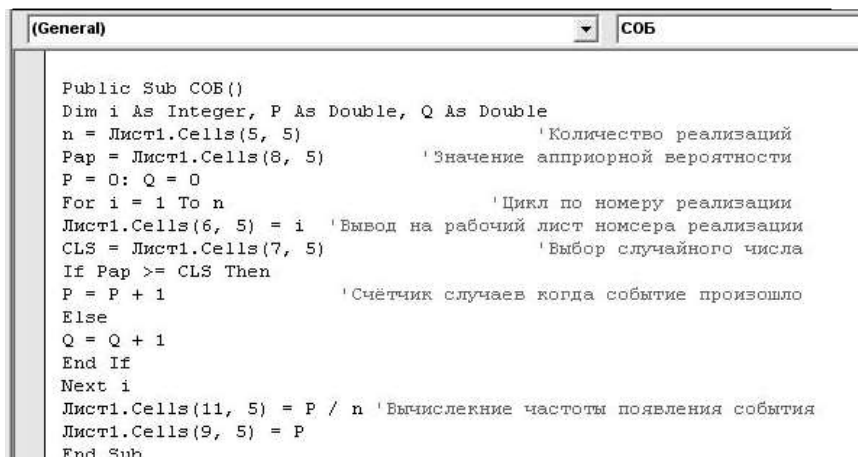
Задача моделирования формулируется следующим образом. Задана полная группа несовместных событий  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ . Известны априорные вероятности появления этих событий  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ , причем  $P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = 1$ . Требуется определить, какое из событий произошло в результате опыта.

Моделирование полной группы несовместных событий осуществляется в такой последовательности:

- интервал от 0 до 1 делится на  $n$  участков, длина каждого участка равна вероятности появления события;
- выбирается случайное число;
- делается вывод — произошло то событие, на участок которого попало случайное число.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	Выполнить моделирование				I. Моделирование единичных случайных событий						
3					Варианты моделирования						
4	Условия моделирования				1	2	3	4	5	6	
5	Количество реализаций				1000						
6	Номер реализации				1000						
7	Случайное число				0.583474176						
8	Априорная вероятность наступления события				0.7						
9	Количество случаев, при которых событие произошло				705						
10	Количество случаев, при которых событие не произошло				295						
11	РЕЗУЛЬТАТ			P	0.705						
12	МОДЕЛИРОВАНИЯ			1 - P	0.295						
13	Точность моделирования				-0.007142857						

**Рис. 3.29.** Лист Excel с подготовленной таблицей



**Рис. 3.30.** Программный код моделирования случайного события

**Пример.** Разработать имитационную статистическую модель для моделирования полной группы несовместных событий. Априорные вероятности появления событий приведены в табл. 3.20. Оценить точность и надежность моделирования.

*Таблица 3.20*

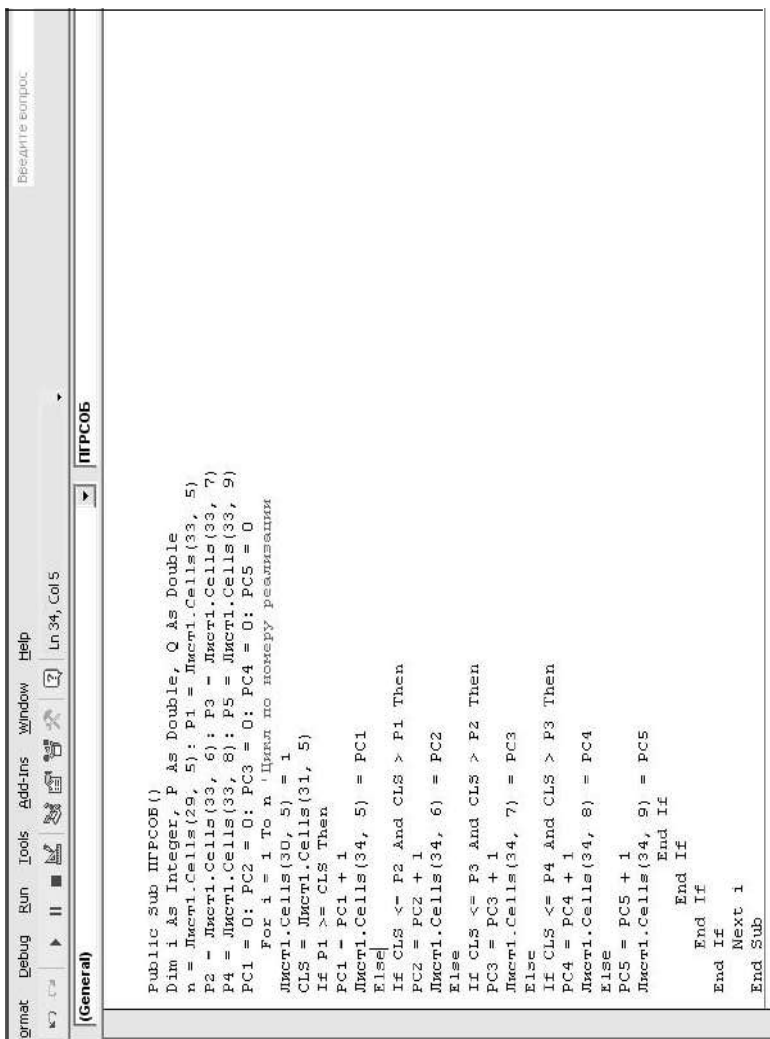
События	1	2	3	4	5
Априорные вероятности	0,2	0,3	0,2	0,25	0,05

### ***Разработка имитационной модели***

1. Подготавливается таблица на листе “Excel” (рис. 3.31).
2. В Visual Basic (VBA) разрабатывается программа для моделирования случайного события.
3. Для кнопки “Выполнить моделирование” назначается макрос ПГРСОВ() (рис. 3.32)
4. Для различных исходных данных выполняется моделирование полной группы несовместных событий, оценивается точность моделирования для различного числа реализаций.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Выполнить моделирование											
II. Моделирование полной группы случайных событий											
Варианты моделирования											
2											
Условия моделирования											
1											
Количество реализаций											
500											
Номер реализации											
500											
Случайное число											
0,802101941											
Условный номер события											
1											
Интегральная функция распределения											
0,2											
Количество случаев при которых событие произошло											
107											
Количество случаев при которых событие не произошло											
393											
РЕЗУЛЬТАТ											
P											
0,214											
МОДЕЛИРОВАНИЯ											
0,2											
Точность моделирования											
-0,07											
0,04											
-0,15											
0,088											
0,2											

Рис. 3.31. Лист Excel с подготовленной таблицей



**Рис. 3.32.** Программный код моделирования полной группы несовместных событий

## Моделирование случайной величины прерывного типа

Задача по моделированию случайной величины прерывного типа может быть сформулирована следующим образом. Известен ряд распределения случайной величины, т. е. возможные ее значения и вероятности этих значений. Моделируя случайную величину, необходимо определить, **какое значение приняла она в результате опыта**. Процесс моделирования случайной величины прерывного типа аналогичен моделированию полной группы несовместимых событий и включает:

- деление интервала от 0 до 1 на участки, соответствующие возможным значениям случайной величины. Протяженность участка равна вероятности того, что случайная величина примет определенное, соответствующее данному участку, значение;
- получение случайного числа;
- вывод о том, что случайная величина в результате моделирования примет значение того участка, на которое попало случайное число.

**Пример.** Разработать имитационную статистическую модель для моделирования системы случайных величин дискретного типа. Ряд распределения случайных величин приведен в табл. 3.21. Оценить точность и надежность моделирования.

Таблица 3.21

Значение случайной величины	1	2	3	4	5
Значение дифференциальной функции	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1

### Разработка имитационной модели

1. Подготавливается таблица на листе “Excel” (рис. 3.33).
2. В Visual Basic (VBA) разрабатывается программа для моделирования случайного события.
3. Для кнопки “Выполнить моделирование” назначается макрос ДискрТИП() (рис. 3.34).
4. Для различных исходных данных выполняется моделирование случайных величин дискретного типа, оценивается точность моделирования для различного числа реализаций.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Выполнить моделирование											
III Моделирование случайных величин дискретного типа											
Условия моделирования			Варианты моделирования								
Количество реализаций			1			2					
Номер реализации			100								
Случайное число			0,940980223								
Условный номер события			1	2	3	4	5	1	2	3	
Значения дифференциальной функции распределения случайной величины			0,1	0,2	0,4	0,2	0,1				
Значения интегральной функции распределения случайной величины			0,1	0,3	0,7	0,9	1				
Значение случайной величины дискретного типа			50	80	100	150	200				
Количество случаев, при которых случайная величина приняла значения			4	14	49	25	8				
Количество случаев, при которых событие не произошло											
РЕЗУЛЬТАТ			P								
МОДЕЛИРОВАНИЯ			1 - P								
Точность моделирования											

Рис. 3.33. Лист Excel с подготовленной таблицей

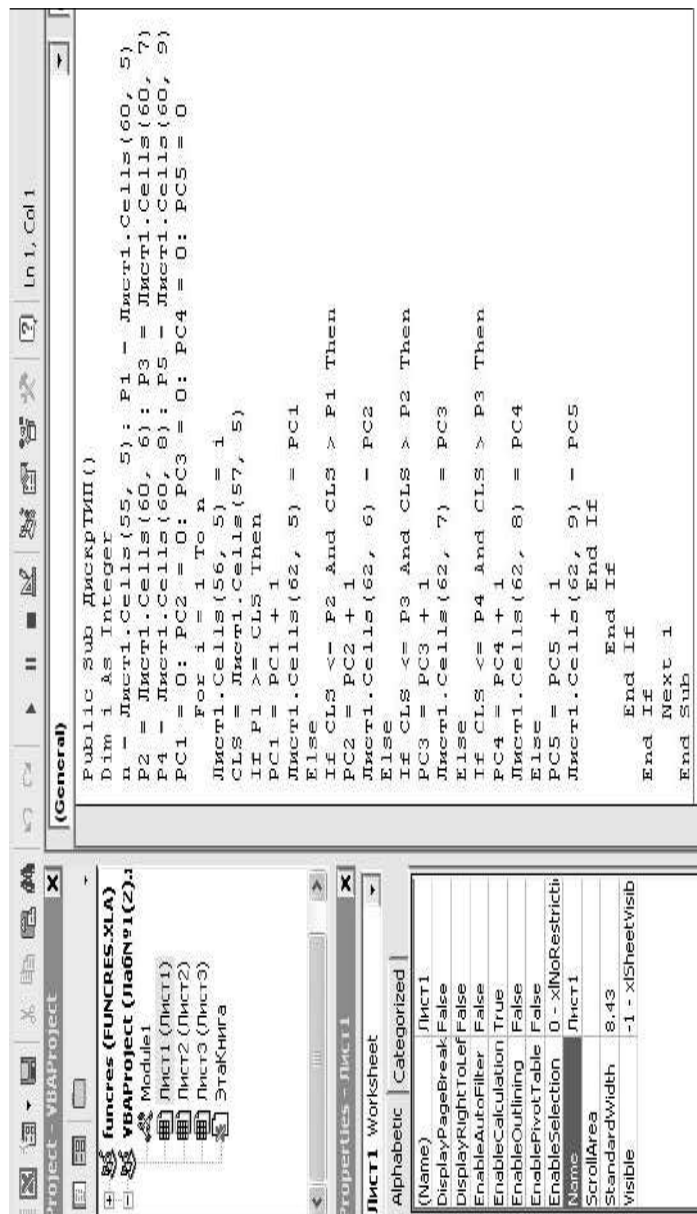


Рис. 3.34. Программный код моделирования случайной величины дискретного типа

## Моделирование случайной величины непрерывного типа

Задача моделирования случайной величины непрерывного типа обычно сводится к нахождению по известной интегральной функции распределения значения случайной величины, которое она приняла в опыте. С учетом доказанного выше утверждения моделирование состоит из нескольких этапов:

- с использованием стандартного механизма случайного выбора получают случайное число  $\xi_p$ ;
- полученное случайное число  $Y$ , подчиненное закону равной вероятности, приравнивают к интегральной функции распределения моделируемой случайной величины  $X$ , т. е. принимают  $\xi_p = \pm F(x)$ ;
- из полученного соотношения  $\xi_p = F(x)$  находят значение случайной величины  $x$ . Это можно выполнить аналитически, преобразуя соотношение или с использованием графика интегральной функции распределения, с использованием таблиц (табл. 3.22) или специальных функций компьютера.

Таблица 3.22

Наименование распределения	Дифференциальная функция распределения	Формула для получения случайной величины
Равномерное	$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x < a \\ \frac{1}{b-a}, & \text{при } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{при } x > b \end{cases}$	$x = (b-a) \cdot \zeta_p + a$
Нормальное	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[ \frac{-(x-a_x)^2}{2\sigma^2} \right]$	$x = a_x + \sqrt{2} \cdot \sigma_x \left( \sum_{i=1}^6 \xi_p - 3 \right)$
Экспоненциальное	$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x \leq 0 \\ \lambda e^{-\lambda x}, & \text{при } x > 0 \end{cases} \quad \lambda > 0$ $0 < x < \infty$	$x = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln \xi_p$

Наименование распределения	Дифференциальная функция распределения	Формула для получения случайной величины
Распределение Релея	$f(x) = \frac{x}{\sigma_k^2} \exp \left[ \frac{-x^2}{2\sigma_k^2} \right]$ $\sigma_k > 0 \quad 0 < x < \infty$	$x = \sqrt{-2 \cdot \ln \xi_p}$

**Пример.** Разработать имитационную статистическую модель для моделирования случайных величин непрерывного типа. Параметры дифференциальной функции распределения непрерывных случайных величин приведены в табл. 3.23. Оценить точность и надежность моделирования.

Таблица 3.23

Условный номер события	1	2	3	4	5
Закон распределения случайной величины	Нормальный				
Значение аргумента функции распределения	0,268001902				
Значения математического ожидания случайной величины	300				
Значения среднего квадратического отклонения случайной величины	50				

### **Разработка имитационной модели**

1. Подготавливается таблица на листе “Excel” (рис. 3.35).
2. В Visual Basic (VBA) разрабатывается программа для моделирования случайной величины непрерывного типа.
3. Для кнопки “Выполнить моделирование” назначается макрос СлНепр() (рис. 3.36)
4. Для различных исходных данных выполняется моделирование случайных величин непрерывного типа, оценивается точность моделирования для различного числа реализаций.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
81	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	
82	Выполнить моделирование				IV. Моделирование случайных событий(величин) непрерывного типа									
83	Условия моделирования				Варианты моделирования									
84	Количество реализаций				2									
85	Номер реализации				5000									
86	Случайное число				0.605651014									
87	Условный номер события				1	2	3	4	5	1	2	3	4	
88	Закон распределения случайной величины				Нормальный									
89	Значение аргумента функции распределения				0.268001902									
90	Значения математического ожидания случайной величины				300									
91	Значения среднего квадратического отклонения случайной величины				50									
92	Значение, которое приняла случайная величина (посл. real)				313.4000951									
93	Среднее значение, которое приняла случайная величина в результате моделирования				299.6748455									
94	Среднее квадратическое отклонение, ошибки моделирования				4.238469762									
95	РЕЗУЛЬТАТ				P									
96	МОДЕЛИРОВАНИЯ				1 - P									
97	Точность моделирования													
98														

Рис. 3.35. Лист Excel с подготовленными данными

(General)	▼	(Declarations)
<pre> Public Sub СлНенр() Dim СЛ() As Double, i As Integer, n As Integer n = Лист1.Cells(85, 5) СРЗНАЧ = 0     For i = 1 To n         Лист1.Cells(86, 5) = i         СЛS = Лист1.Cells(87, 5)         СЛВЕЛ = Лист1.Cells(93, 5)         ReDim СЛ(1 To n)         СЛ(i) = СЛВЕЛ         СРЗНАЧ = СРЗНАЧ + СЛВЕЛ     Next i     Лист1.Cells(94, 5) = СРЗНАЧ / (n - 1)     Сигм = 0         For i = 1 To n             Сиг = {СЛ(i) - Лист1.Cells(94, 5)} ^ 2             Сигм = Сигм + Сиг         Next i         Сигма = Sqr(Сигм) / (n - 1)         Лист1.Cells(95, 5) = Сигма     End Sub </pre>		

**Рис. 3.36.** Программный код моделирования случайной величины непрерывного типа

Моделирование случайных величин непрерывного типа можно выполнить в “Excel”, не прибегая к написанию программы в Visual Basic (VBA). Если все операции имитационной модели кодируются на рабочих листах, то может использоваться следующая технология. “Сервис”—“Анализ данных”—“Генератор случайных чисел”. В появившемся диалоговом окне устанавливаются: количество реализаций; количество переменных; закон распределения случайных величин; параметры закона распределения; параметр индивидуального рассеивания и выходной интервал.

При решении некоторых задач возможно также применение технологии “Мастер функций”. При этом в обратных функциях, например “Нормобр” в окне “Вероятность”, устанавливается случайное число, а при нажатии на кнопку “ОК” программа рассчитывает и помещает в выделенную ячейку значение аргумента функции распределения, которое в дальнейшем используется для вычисления значения, которое приняла случайная величина в результате опыта.

Мастер функций позволяет моделировать случайные величины с различными законами распределения, приведенными в табл. 3.22.

### **Моделирование системы зависимых случайных величин непрерывного типа**

Задача формулируется следующим образом. Заданы две случайные величины  $X$  и  $Y$ . Известны законы распределения этих случайных величин, например нормальные, с параметрами  $X_{cp}$ ,  $Y_{cp}$  и  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ . Известен коэффициент корреляции между этими случайными величинами  $\rho_{x,y}$ .

Требуется определить, какие значения приняли случайные величины в результате опыта.

**Пример.** Разработать имитационную статистическую модель для моделирования случайных зависимых величин непрерывного типа. Параметры дифференциальных функций распределения непрерывных случайных величин приведены в табл. 3.24. Оценить точность и надежность моделирования.

Условный номер события	1	2	3	4	5
Закон распределения случайных величин	Нормальный				
Среднее значение случайной величины $X$	200				
Среднее квадратическое отклонение случайной величины $X$	30				
Среднее значение случайной величины $Y$	300				
Среднее квадратическое отклонение случайной величины $Y$	20				
Значение коэффициента корреляции между величинами $X$ и $Y$	0,5				

### **Разработка имитационной модели**

1. Подготавливается таблица на листе “Excel” (рис. 3.37).
2. В Visual Basic (VBA) разрабатывается программа для моделирования зависимых случайных величин непрерывного типа.
3. Для кнопки “Выполнить моделирование” назначается макрос ЗавСЛВЕЛ(). Программный код для моделирования зависимых случайных величин приведен на рис. 3.38.
4. Для различных исходных данных выполняется моделирование случайных величин дискретного типа, оценивается точность моделирования для различного числа реализаций.

### **Моделирование случайного процесса**

Задача моделирования формулируется следующим образом. Известны характеристики случайного процесса

Требуется определить ход случайного процесса в результате одной реализации.

**Пример.** Разработать имитационную статистическую модель для моделирования стационарных случайных функций. Параметры случайных функций приведены в табл. 3.25. Оценить точность и надежность моделирования.

### **Разработка имитационной модели**

1. Подготавливается таблица на листе “Excel” (рис. 3.39).
2. В Visual Basic (VBA) разрабатывается программа для моделирования зависимых случайных величин непрерывного типа.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
116	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15
	Выполнить моделирование												
117	У. Моделирование системы зависимых случайных величин непрерывного типа												
118	Условия моделирования				Варианты моделирования								
119	Условия моделирования				2								
120	Количество реализаций				5000								
121	Номер реализации				5000								
122	Случайное число				0.464978154								
123	Условный номер события				1	2	3	4	5	1	2	3	4
124	Закон распределения случайных величин				Нормальный								
125	Среднее значение случайной величины X				200								
126	Среднее квадратическое отклонение случайной величины X				30								
127	Среднее значение случайной величины Y				300								
128	Среднее квадратическое отклонение случайной величины Y				20								
129	Значение коэффциента корреляции между величинами X и Y				0.5								
130	Значение аргумента функции распределения				-0.087699646								
131	Значение, принятое в результате опыта случайной величиной X				197.3630106								
132	Значение, принятое в результате опыта случайной величиной Y				298.022258								
133	РЕЗУЛЬТАТ МОДЕЛИРОВАНИЯ				Хср 199.8003365								
134					Уср 299.8802584								
135					2.825902124								
136	Точность моделирования												

Рис. 3.37. Лист Excel с подготовленной таблицей

```

Private Sub СамСВЕЛ()
Dim СЛ() As Double, i As Integer, n As Integer
n = Лист1.Cells(120, 5)
СРЗНАЧ = 0
СРЗНУ = 0
For i = 1 To n
Лист1.Cells(121, 5) = i
СЛS = Лист1.Cells(122, 5)
СЛВЕЛ = Лист1.Cells(131, 5)
СЛВУ = Лист1.Cells(132, 5)
ReDim СЛ(1 To n)
СЛ(i) = СЛВЕЛ
СРЗНАЧ = СРЗНАЧ + СЛВЕЛ
СРЗНУ = СРЗНУ + СЛВУ
Next i
Лист1.Cells(133, 5) = СРЗНАЧ / (n - 1)
Лист1.Cells(134, 5) = СРЗНУ / (n - 1)
Сигм = 0
For i = 1 To n
Сиг = (СЛ(i) - Лист1.Cells(133, 5)) ^ 2
Сигм = Сигм + Сиг
Next i
Сигма = Sqr(Сигм) / (n - 1)
Лист1.Cells(135, 5) = Сигма
End Sub

```

**Рис. 3.38.** Программный код моделирования  
зависимых случайных величин

Таблица 3.25

Сечения случайно- го процесса	1	2	3	4	5	6	7	8
Математическое ожидание слу- чайных величин в сечениях процесса	-0,07	-0,057	0	0,037	-0,057	-0,093	0,036	0,03
Дисперсия слу- чайных величин в сечениях процесса	0,1632	0,2385	0,2356	0,2207	0,2407	0,2691	0,2878	0,31
Среднее квадрати- ческое отклонение случайных величин в сечениях процесса	0,404	0,488	0,485	0,47	0,491	0,519	0,536	0,556
Значения нормиро- ванной корреляци- онной функции	1	0,84	0,6	0,38	0,13	-0,1	-0,3	-0,2

3. Для кнопки “Выполнить моделирование” назначается макрос СлПР()

4. Для различных исходных данных выполняется моделирование случайных величин дискретного типа, оценивается точность моделирования для различного числа реализаций.

Программный код моделирования случайного процесса приведен на рис. 3.40.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
156	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Выполнить моделирование											
157	VI. Моделирование случайного процесса(вариант)											
158	Условия моделирования											
159	Варианты моделирования											
160	Количество реализаций											
161	Номер реализации											
162	Случайное число											
163	Сечения случайного процесса											
164	Математическое ожидание случайных величин в сечениях процесса											
165	Дисперсия случайных величин в сечениях процесса											
166	Среднее квадратическое отклонение случайных величин в сечениях процесса											
167	Значения нормированной корреляционной функции											
168	Значение аргумента функции распределения											
169	Значение, принятое в результате опыта случайной величины X											
170	Значение, принятое в результате опыта случайной величины X в сечении n											
171	РЕЗУЛЬТАТ											
172	МОДЕЛИРОВАНИЕ											
173	Точность моделирования											

Рис. 3.39. Лист Excel с подготовленной таблицей

(General)	▼	СлПр
<pre> Public Sub СлПр() Dim PSL() As Double, ZL() As Double, i As Integer, j As Integer, n As Integer, Свел As Double Dim k As Integer, l As Integer, Funk As Double, RES As Double n = Лист1.Cells(160, 5) i = 0 Do i = i + 1 Лист1.Cells(161, 5) = i: Funk = 0: Funk = Лист1.Cells(166, 5): m = 9: j = 0 Do j = j + 1 Сред = Лист1.Cells(164, 4 + j): Сред1 = Лист1.Cells(164, 5): Сиг = Лист1.Cells(166, 4 + j) Сиг1 = Лист1.Cells(166, 5): Корел = Лист1.Cells(167, 4 + j): Знач = Сред1 + Funk * Сиг1 Свел = Сред + (Корел * Сиг1 / Сиг) * (Знач - Сред1) ReDim PSL(1 To n, 1 To m) PSL(i, j) = Свел Сум = Сум + RES ReDim ZL(1 To m) ZL(j) = Сум Лист1.Cells(174 + i, 4 + j) = PSL(i, j) Loop While j &lt; m Loop While i &lt; n j = 0 Do j = j + 1 i = 0 Сум = 0 Do i = i + 1 RES = PSL(i, j) Сум = Сум + RES Loop While i &lt; n Loop While j &lt; m End Sub </pre>		

**Рис. 3.40.** Программный код моделирования случайного процесса

## 14.6. Обработка опытов (реализаций) в имитационных моделях

Соотношения для оценки основных параметров случайных величин имеют вид:

1. Вероятность появления события в данной реализации

$$P = \frac{m}{n},$$

где  $m$  — количество случаев, в которых интересующее нас событие произошло;

$n$  — количество реализаций.

С использованием этого соотношения могут быть найдены значения **вероятностей** следующих событий:

- случайная величина приняла значение, большее или равное заданному;
- случайная величина приняла значение, меньшее заданного;
- случайная величина приняла значение в пределах некоторого (заданного) интервала.

2. Математическое ожидание случайной величины

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где  $x_i$  — значение, которое приняла случайная величина в  $i$ -й реализации.

3. Дисперсия ошибки определения случайной величины:

$$D^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n^2} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2, \text{ при } n > 40;$$

$$D_1^2 = \frac{n}{n-1} D^2, \text{ при } n \leq 40.$$

4. Корреляционный момент случайных величин  $X$  и  $Y$ :

$$K_{x,y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i, \text{ при } n > 40;$$

$$K_{x,y}' = \frac{n}{n-1} K_{x,y}, \text{ при } n \leq 40.$$

## 14.7. Имитационное моделирование элементов экономических систем и процессов

### 14.7.1. Имитационное моделирование элементов пространственной динамики

**Задача моделирования формулируется** следующим образом. Известны начальный, конечный и промежуточные пункты движения транспортного средства. Заданы условия и скорость движения. Требуется разработать имитационную модель и выполнить моделирование движения транспортного средства из начального в конечный пункт маршрута движения. Определить время нахождения транспортного средства в пути, а также время его выхода на промежуточные пункты маршрута.

**Пример.** Выполнить имитационное моделирование перемещения транспортного средства из н.п. Левашевка в н.п. Покровка. Параметры маршрута движения приведены на рис. 3.41.

В столбцах А и В указаны: прямоугольные координаты поворотных пунктов маршрута движения; в столбце Е — путевой угол движения (вычисляется в программе); в ячейке В11 — текущее время; в строках 12 и 13 — время движения (в минутах, с шагом 2 мин); в строках 14 и 15 — текущие прямоугольные координаты транспортного средства в ходе движения.

**Допущения и упрощения,** принятые при разработке модели:

- задача решается на плоскости в прямоугольной системе координат  $XOY$ ;
  - движение транспортного средства осуществляется только по прямолинейной траектории;
  - скорость движения на каждом этапе траектории постоянна.
- Основные элементы алгоритма имитационной модели:
- подготовить макет исходных данных и исходные данные для моделирования;
  - рассчитать параметры маршрута движения транспортного средства (путевые углы движения, расстояния и время движения между поворотными пунктами);

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	МАРШРУТ 1(координаты поворотных пунктов)				Транспортная группа №1					
1			Координаты начала движения	Путевой угол движения	Скорость движения	Шаг интегрирования				
2	x	y								
3	100	30	100	30	353,7562626	400	2			
4	29	679			105,4084583	400	2			
5	163,2	642			111,9789496	400	2			
6	401	546			5,210006445	400	2			
7	419,6	750			74,51414407	400	2			
8	600	800			158,431659	400	2			
9	700	547								
10										
11	1219	8:19:52 PM								
12	1200	1202	1204	1206	1208	1210	1212	1214	1216	1218
13	1200	1202	1204	1206	1208	1210	1212	1214	1216	1218
14	100	96,72369164	93,44738	90,17107	86,89476656	83,61846	80,34214984	77,06584	73,78953	70,51322
15	30	59,82056008	89,64112	119,4617	149,2822403	179,1028	208,9233605	238,7439	268,5645	298,385
16										
17							Выполнить моделирование			
18										
19										
20										

**Рис. 3.41.** Лист Excel с таблицей данных о маршруте движения

---

- организовать циклы по времени и номеру этапа движения;

- на очередном шаге цикла по времени вычисляются приращения координат и текущие координаты движения транспортного средства:  $X_T, Y_T$ :  $X_T = X_T + V\Delta t \sin(\Pi Y)$ ;  $Y_T = Y_T + V\Delta t \cos(\Pi Y)$ ,

где  $\Pi Y$  — путевой угол движения;

$V$  — скорость движения;

$\Delta t$  — интервал времени.

- на очередном шаге цикла проверяются условия по оставшемуся расстоянию до очередного поворотного пункта и пункта окончания движения. При выполнении этих условий осуществляется переход на очередной этап или завершение процесса моделирования.

Для разработки графической модели движения объекта по заданной траектории (рис. 3.42) может быть разработана либо специальная программа, либо использована технология “Мастер диаграмм”.

Программный код (макрос) “Excel-VBA” для имитационного моделирования процесса движения записан следующим образом.

**Public Sub ДИИ()**

**Dim i As Integer, n As Integer, Kппм As Integer, m As Integer, l As Integer**

**Dim a As Double, b As Double, a1 As Double, b1 As Double, Skpm As Double, Kмаш As Integer**

**Dim ТекПП As Variant, Тнач As Variant, DT As Double, V As Double, DELTA As Double**

**Dim ТначМ As Variant, ТначЧ As Variant, ТекМ As Variant, ТекЧ As Variant, ТддТ As Variant**

**Dim ВреМ() As Double**

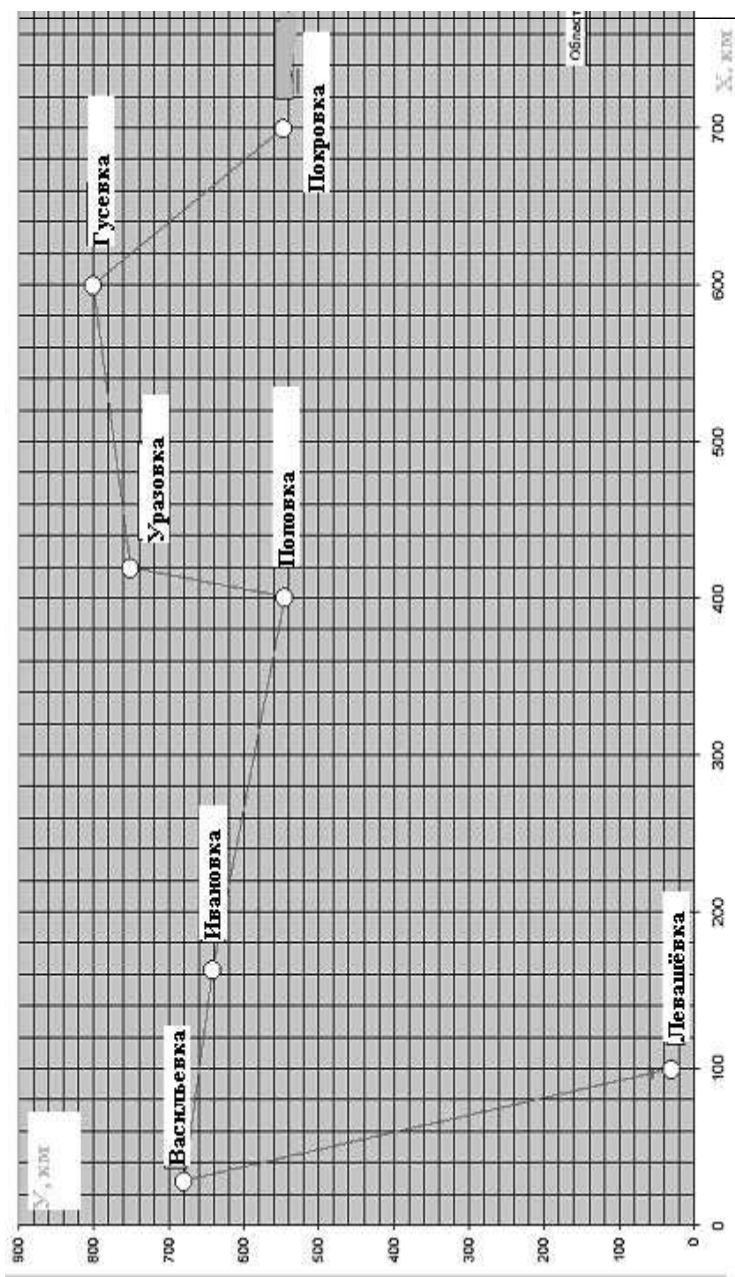
**ReDim ВреМ(1 To 1200)**

**Kппм = 7**      **Количество поворотных пунктов маршрута**  
**V = 900**      **движения**

**DT = 2**

**i = 0**





**Рис. 3.42.** Графическая модель движения объекта по заданной траектории

---

```

For i = 1 To Кппм - 1 'Цикл по номеру ППМ
  X = Лист1.Cells(2 + i, 1): Y = Лист1.Cells(2 + i, 2)
  X1 = Лист1.Cells(2 + i + 1, 1): Y1 = Лист1.Cells(2 + i + 1, 2)
  a = (X1 - X) / (Y1 - Y) 'Тангенс угла(курса)
  b = ((X1 - X) ^ 2 + (Y1 - Y) ^ 2) ^ 0.5 'Расстояние между
ППМ
  a1 = (Y1 - Y) / b: b1 = Atn(a)
  If a > 0 And a1 > 0 Then
    b01 = b1 * 57.3
  Else
    If a > 0 And a1 < 0 Then
      b01 = 180 + Abs(b1 * 57.3)
    Else
      If a < 0 And a1 < 0 Then  Вычисление путевых углов
                                движения транспортного
                                средства
        b01 = 180 - Abs(b1 * 57.3)
      Else
        b01 = 360 - Abs(b1 * 57.3)
      End If
    End If
  End If
  Лист1.Cells(i + 2, 5) = b01
Next i
ХТ = Лист1.Cells(3, 1): УТ = Лист1.Cells(3, 2)
i = 1
Кмарш = 1
ТначМ = Minute(Time): ТначЧ = Hour(Time) * 60: Тнач =
= ТначЧ + ТначМ
DDT = Тнач
For m = 1 To 1200
  If m = 1 Then
    DDT = DDT + 0
  Else
    Моделирование времени
    DDT = DDT + DT
  End If

```

---

```

ВреМ(m) = DDT
Next m
n = 0
Do
    n = n + 1: DDT1 = ВреМ(n): l = 0: ТддТ = Тнач + DT
Do
ТекМ = Minute(Time): ТекЧ = Hour(Time) * 60: ТекПР =
ТекЧ + ТекМ
Лист1.Cells(11, 1) = ТекПР: Лист1.Cells(11, 2) = Time
If ТекПР = DDT1 Then Exit Do
Loop
Хppm = Лист1.Cells(2 + i + 1, 1): Yppm = Лист1.Cells(2 + i
+ 1, 2)
Sppm = ((XT - Хppm) ^ 2 + (YT - Yppm) ^ 2) ^ 0.5
Хkpm = Лист1.Cells(2 + Кппм, 1): Ykpm = Лист1.Cells(2 +
Кппм, 2)
Skpm = ((XT - Хkpm) ^ 2 + (YT - Ykpm) ^ 2) ^ 0.5
If (Sppm < ST Or Sppm = ST) Then
ХТ = Лист1.Cells(2 + i + 1, 1): YТ = Лист1.Cells(2 + i + 1, 2)
i = i + 1
Else
End If
If (Skpm <= ST Or i = Кппм) Then
Лист1.Cells(3, 3) = Хkpm: Лист1.Cells(3, 4) = Ykpm
Кмарш = 1000
Else
b02 = Лист1.Cells(i + 2, 5): ST = V * DT / 60: DY = ST *
Cos(b02 / 57.3)
DX = ST * Sin(b02 / 57.3)' Вычисление приращений коор-
динат
If n = 1 Then
ХТ = ХТ + 0: YТ = YТ + 0
Else
ХТ = ХТ + DX: YТ = YТ + DY
End If
Лист1.Cells(3, 3) = ХТ: Лист1.Cells(3, 4) = YТ

```

---

**End If**

**Лист1.Cells(12, n) = ТекПР: Лист1.Cells(13, n) = ВреМ(n)**

**Лист1.Cells(14, n) = ХТ: Лист1.Cells(15, n) = УТ**

**Диаграмма4.Refresh'Обновление диаграммы**

**If Кмарш = 1000 Then Exit Do**

**Loop**

**End Sub**

#### **14.7.2. Имитационное моделирование систем массового обслуживания при решении задач производства продукции и оказании услуг**

Системы массового обслуживания — самый распространенный вид систем, особенно систем экономических. Системой массового обслуживания является предприятие бытового обслуживания, предприятие по оказанию услуг сервисного обслуживания, цех по производству некоторых видов продукции и др. Для оценки показателей качества систем разработана теория эффективности систем массового обслуживания, базирующаяся на использовании аналитических методов. Однако в основу этой теории положен целый ряд допущений и упрощений. Поэтому практическое применение этой теории не всегда позволяет получить точные и надежные результаты. Имитационные модели систем массового обслуживания позволяют исключить эти допущения и упрощения.

Задача на разработку имитационной модели системы в общем случае может быть сформулирована так.

Экономическая система включает (n) подсистем, каждая из которых выполняет работы по обслуживанию заявок, поступающих в систему. Время и качество обслуживания заявки каждой из подсистем являются случайными величинами, законы распределения которых известны. Заявки поступают от различных источников через определенные интервалы времени, которые также являются случайными с известными законами распределения. В случае если в момент поступления заявки подсистемы заняты обслуживанием предыдущих заявок, то она может либо покинуть систему необслуженной (могут быть

определены условия покидания системы, например ограничение времени обслуживания, количество заявок в очереди и др.), либо встать в очередь на обслуживание. В результате моделирования определить: вероятность немедленного обслуживания очередной заявки; число заявок в очереди, число заявок, покинувших систему необслуженными; число обслуженных заявок; эффективность работы каждой подсистемы (канала), вероятность обслуживания определенного количества заявок к установленному сроку (могут быть вычислены и некоторые другие показатели).

Задачу решим на конкретном примере.

**Пример.** Предприятие по оказанию услуг населению имеет основное производство, которое включает бригады по обслуживанию заявок населения.

Эти бригады по указанию диспетчера выполняют необходимый объем работ по оказанию услуг; получив заявку, диспетчер оценивает ситуацию и принимает решение на ее обслуживание. Среднее время на оценку ситуации и принятие решения составляет 20 мин, а на выполнение необходимого объема работ бригадой — 3 ч 30 мин. Среднее время между поступлениями заявок на предприятие от населения составляет 2 ч 30 мин. В случае поступления очередной заявки и отсутствия свободной бригады диспетчер не принимает заявку, а клиент обращается за оказанием услуги в другое предприятие. Надежность канала управления — диспетчер-бригада составляет 0,8.

Классифицировать процесс обслуживания как систему, определить цель, задачи и оптимизационную модель системы. Определить количество бригад, которое должно иметь предприятие, чтобы вероятность обслуживания клиента, обратившегося за оказанием услуги, была не менее 0,95. Определить пути повышения возможностей предприятия.

***Допущения и упрощения, принятые при разработке модели***

1. К моменту поступления в систему первой заявки она свободна и готова к обслуживанию.
2. Ограничения по типу системы массового обслуживания отсутствуют.

---

## ***Основные процессы, работы( мероприятия) и события, учитываемые в модели.***

**Процессы:** поступление заявок (транзактов) в систему массового обслуживания; принятие решения на обслуживание заявок (транзактов); распределение заявок (транзактов) по каналам обслуживания; обслуживание заявок (транзактов); формирование потока заявок (транзактов), покинувших систему массового обслуживания необслуженными; формирование потока заявок (транзактов), покинувших систему массового обслуживания обслуженными; оценка качества обслуживания заявок (транзактов); принятие решений и проведение мероприятий по повышению качества обслуживания.

**Мероприятия (работы):** принимается решение на обслуживание очередной заявки (транзакта); обслуживается очередная заявка (транзакт), поступившая в систему; принимается решение на формирование очереди заявок (транзактов); рассчитываются показатели качества обслуживания.

**События:** заявка (транзакт) поступила в систему; принято решение на обслуживание заявки (транзакта); заявка (транзакт) принята к обслуживанию; заявка (транзакт) обслужена; обслуженная заявка покинула систему; заявке (транзакту) отказано в обслуживании; необслуженная заявка покинула систему; поток заявок (транзактов), покинувших систему необслуженными, сформирован; поток заявок (транзактов), покинувших систему обслуженными, сформирован; очередь заявок (транзактов) сформирована; все заявки (транзакты), поступившие в систему, обслужены; входящий поток заявок (транзактов) исчерпан; время моделирования соответствует заданному; количество реализаций равно заданному.

### ***Разрабатываются графики расписаний***

**1. Процессов** (процессные схемы). На графике указать: условный номер и наименование процесса; содержание процесса; основные этапы процесса; время начала и окончания процесса, а также его этапов; взаимосвязь процессов и их этапов.

**2. Мероприятий (работ).** На графике указать: условный номер и наименование мероприятия (работы); содержание ме-

роприятия (работы); основные этапы мероприятия (работы); время начала и окончания мероприятия (работы) , а также его этапов; взаимосвязь мероприятий (работ) и их этапов; ресурсы на выполнение мероприятия (работы).

**3. Событий.** На графике указать: условный номер и наименование события; характер события (детерминированные, случайные).

**Алгоритм моделирования системы массового обслуживания**

1. Формируется входящий случайный поток заявок (транзактов).

2. Формируется случайный поток обслуживаний заявок.

3. Выполняется моделирование времени.

4. Организуется цикл по номеру подсистемы (каналу) обслуживания заявки.

5. Организуется цикл по операции обслуживания.

6. Организуется цикл по номеру заявки (транзакта).

7. Проверяются условия, характеризующие динамику обслуживания заявок (транзактов). В результате формируется массив  $MASSOCT(I, J, K)$ , где  $I$  — индекс, фиксирующий текущее время;  $J$  — индекс, фиксирующий номер заявки;  $K$  — индекс, фиксирующий состояние заявки ( $K=1$  — заявка не обслужена,  $K=2$  — заявка обслужена,  $K=3$  — заявка принята к обслуживанию,  $K=4$  — заявка снята с обслуживания,  $K=5$  — заявка обслуживается).

Программа для моделирования системы массового обслуживания разрабатывается на листе “Excel” (рис. 3.43). Макрос-VBA. Запуск программы осуществляется путем нажатия кнопки “Выполнить моделирование”.

Программный код для моделирования системы массового обслуживания имеет вид

**Public Sub CMO()**

**Dim Skan() As Double, ResS() As Double, Res() As Double, THO() As Double, i As Integer, ns As Integer, m As Integer, k As Integer**  
**Dim l As Integer, nt As Integer, il As Integer, ks As Integer, t As Double, tmax As Double, CLS As Double, ss As Double**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	Выполнить моделирование																		
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			

### Имитационное моделирование системы массового обслуживания

Характеристики входящего потока			Характеристики элементов,		Характеристики элементов подсистемы, осуществляющих непосредственное обслуживание заявок									
Номер входящего потока	Общее количество заявок в потоке	Наименование параметров моделирования	Параметры заявок (транзактов)			Время приема и регистрации заявки	Принятие решения на обслуживание заявки	Принятие решения к обслуживанию заявки	Количество каналов обслуживания	Закон распределения времени обслуживания заявки	Среднее время обслуживания заявки	Среднее квадратическое отклонение заявки	Количество заявок в очереди	Количество заявок, покинувших систему (не обслуженных)
			Закон распределения времени между заявками	Среднее время между заявками	Среднее квадратическое отклонение									
10														
11														
12														
13		Параметры	Норм.	150	50				1	Норм.	150	70		
14	1	Случайное число												
15		Аргумент фун. рас.												

Рис. 3.43. Лист Excel для моделирования системы массового обслуживания



---

```

n = Лист1.Cells(2, 18)
nob = Лист1.Cells(13, 13)
m = Лист1.Cells(13, 1)
РобS = 0
For i = 1 To n 'Цикл по номеру реализации
Лист1.Cells(3, 18) = i
Randomize
CLS = Int((10000) * Rnd) / 10000'Моделирование случайного
числа
Тобсл = 0: Тзак = 0
For j = 1 To m 'Цикл по номеру канала поступления заявки
ns = Лист1.Cells(13, 2)
Лист1.Cells(4, 18) = j
ReDim Res(ns), Skan(nob), ResS(ns), ТНО(1 To ns)
For l = 1 To ns 'Цикл по номеру заявки
Лист1.Cells(5, 18) = l
tcr = Лист1.Cells(12 + 3 * j - 2, 5)
Randomize
scr = Лист1.Cells(12 + 3 * j - 2, 6)
CLS1 = Int((10000) * Rnd) / 10000'Моделирование случайного
числа
dt = tcr + scr * CLS1
Тзак = Тзак + dt 'Последовательность моментов времени, в
которые заявка поступает в систему
ResS(l) = Тзак
Next l
Next j
tmax = Лист1.Cells(35, 18) * 60: dtt = Лист1.Cells(36, 18) * 60:
: k = 0: t = 0:
Do 'Цикл по номеру операции обслуживания
k = k + 1: t = t + dtt
тобс = Лист1.Cells(13, 15): собс = Лист1.Cells(13, 16)
Randomize
CLS2 = Int((10000) * Rnd) / 10000'Моделирование случайного
числа

```

---

```

dtob = tobс + sobс * CLS2
Тобсл = Тобсл + dtob 'Последовательность моментов времени
начала и окончания обслуживания(И.СЛ)
Res(k) = Тобсл
Loop While Тобсл < tmax
  ттек = 0: l2 = 0: SSum = 0: kt = 0: ks = 0: nt = tmax / dtt
  For i1 = 1 To nt
    kt = kt + 1: ттек = ттек + dtt
    Do ' Номер "цикла" операции обслуживания
      ks = ks + 1: Робз = 0: Тобсл = Res(ks)
      ТначО = ТНО(ks): Real = 0
      For l = 1 To ns 'Цикл по номеру заявки, поступающей в систем
        Тзак = ResS(l)
        Тмакс = Тзак + (Тобсл - ТначО)
        If Тмакс > tmax * 60 Or Тобсл >= tmax * 60 Then Exit Do
        If ТначО <= Тзак And Тзак < Тобсл Then
          Real = Real + 1 'Количество заявок, поступивших в систему
          за Тобсл
        Else
          Real = Real + 0
        End If
      Next l
      Loop While Тобсл < tmax
      Next i1
      Лист1.Cells(33, 18) = l2
      Лист1.Cells(32, 18) = SSum
      РобS = РобS + Роб
    Next i
    Робсл = РобS / n
    For i = 1 To l2
      Лист1.Cells(37, i) = ТНО(i)
      Лист1.Cells(39, i) = ResS(i)
      Лист1.Cells(38, i) = Res(i)
    Next i
  End Sub

```

### **14.7.3. Имитационное моделирование финансовых операций для управления финансовыми рисками**

В общем случае задача моделирования может быть сформулирована следующим образом. Разработан проект. На результат реализации проекта оказывает влияние группа факторов, имеющих преимущественно случайный характер. Вследствие этого факт реализации проекта сопряжен с определенным риском. Для оценки величины риска необходимо разработать имитационную модель.

Варианты построения моделей оценки финансовых операций в условиях риска рассмотрим на примерах.

**Имитационная модель оценки рисков при реализации торгово-закупочного мероприятия**

**Пример.** С целью реконструкции одного из цехов предприятия по оказанию услуг населению организуется торгово-закупочное мероприятие по закупке материалов, запасных частей и оборудования. При этом контракт на поставки может быть заключен с тремя фирмами. События по заключению контракта образуют полную группу и могут произойти с вероятностями 0,3, 0,5 и 0,2. Если контракт заключается с *первой* фирмой, то обеспечивается 20% продукции высшего качества, 50% — хорошего и 30% — удовлетворительного качества (градация условна). При заключении контракта со *второй* фирмой — 40, 30 и 30%, а с *третьей* — 20, 60 и 20% соответственно. Материалам, запасным частям и оборудованию различного качества соответствуют различные сроки их безотказной эксплуатации (табл. 3.26)

Таблица 3.26

Характеристики параметров	Отличное	Хорошее	Удовлетворительное
Среднее время безотказной эксплуатации	3 года	2 года	1 год
Среднее квадратическое отклонение ошибки определения времени безопасной эксплуатации	3 мес.	2 мес.	1 мес.

Классифицировать торгово-закупочное мероприятие как систему. Сформулировать цель функционирования системы и задачи. Разработать имитационную *статистическую* модель. Определить вероятность события, состоящего в том, что оборудование цеха после реконструкции будет работать безотказно в течение 2 лет.

### ***Объекты и средства имитации***

Объектами имитации являются:

— полная группа несовместных случайных событий — характеризует возможность заключения контракта с конкретной фирмой;

— случайная величина дискретного типа — характеризует качество закупленной продукции;

— случайная величина непрерывного типа — характеризует возможности по безотказной работе оборудования.

### ***Алгоритм имитационной модели оценки риска при реализации торгово-закупочного мероприятия***

1. С помощью генератора случайных чисел выбирается случайное число.

2. Моделируется полная группа несовместных событий. В результате определяется, с какой из фирм был заключен контракт.

3. С помощью генератора случайных чисел выбирается случайное число.

4. Моделируется случайная величина дискретного типа. В результате определяется качество изделия.

5. С помощью генератора случайных чисел выбирается случайное число.

6. Моделируется случайная величина непрерывного типа. В результате определяется время, в течение которого оборудование работало безотказно.

7. Операции 1–7 повторяются. Количество повторений равняется установленному количеству реализаций. Определяется число случаев, в которых оборудование проработало безотказно в течение 2 лет, и вероятность безотказной работы оборудования в течение этого времени.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Показатели торгово-закупочного предприятия		Принятие решения на организацию торгового-закупочного предприятия	Фирмы с которыми может быть заключён контракт			Характеристики оборудования			Значения случайных чисел	Аргумент функции распр.	
I				II	III	Среднее время безотказной работы,мес	Среднее кв. откл. ошибок в опред. времени безоткл. работы,мес	Заданное время эксплуатации, мес				
3			1							0.155913	-1.0114	
4	Вероятность принятия решения									0.3602883	0.360288	
5	Вероятность заключения контракта с фирмой			0.3	0.5	0.2				0.9900922	0.990092	
6	Качество продукции	Отличное		0.2	0.4	0.2	36	6	24			
7		Хорошее		0.5	0.3	0.6	24	4		0.1956646		
8		Удовлетворительн.		0.3	0.3	0.2	12	2			0.195665	
9												
10		Выполнить моделирование						Количество реализаций			100	
11								Номер реализации			100	
12		Вероятность безотказной работы оборудования цеха в течении двух лет после реконструкции									0.61	

**Рис. 3.44.** Лист Excel для моделирования оценки риска при реализации торгового-закупочного мероприятия

---

### *Программа имитационной модели*

Программа разрабатывается на листе “Excel” (рис. 3.44); макрос ТзМер() имеет вид:

```
Public Sub ТзМер()  
Dim i As Integer, n As Integer, m As Integer  
Dim Paб As Double, f1 As Double, f2 As Double, f3 As Double  
n = Лист1.Cells(10, 9)  
m = 0  
For i = 1 To n  
Лист1.Cells(11, 9) = i  
Рnp1 = Лист1.Cells(4, 3)  
f1 = Лист1.Cells(4, 11): f2 = Лист1.Cells(5, 11): f3 = Лист1.Cells(6,  
11)  
If f1 <= Рnp1 Then  
real1 = 1  
Else  
real1 = 0  
End If  
Рnp21 = Лист1.Cells(5, 3 + 1): Рnp22 = Рnp21 + Лист1.Cells(5, 3  
+ 2)  
If f2 <= Рnp21 Then  
j = 1  
Else  
If Рnp21 < f2 <= Рnp22 Then  
j = 2  
Else  
j = 3  
End If  
End If  
Рnp31 = Лист1.Cells(5 + 1, 3 + j): Рnp32 = Рnp31 + Лист1.Cells(5  
+ 2, 3 + j)  
Рnp33 = Рnp32 + Лист1.Cells(5 + 3, 3 + j)  
If f3 <= Рnp31 Then  
Сред = Лист1.Cells(6, 7): Сиг = Лист1.Cells(6, 8)  
Else  
If Рnp31 < f3 <= Рnp32 Then
```

```

Сред = Лист1.Cells(7, 7): Сиг = Лист1.Cells(7, 8)
Else
Сред = Лист1.Cells(8, 7): Сиг = Лист1.Cells(8, 8)
End If
End If
Раб = Сред + Сиг * Лист1.Cells(3, 11)
If Раб >= Лист1.Cells(4, 9) And real1 = 1 Then
m = m + 1
Else
m = m + 0
End If
Лист1.Cells(12, 9) = m / n
Next i
End Sub

```

Запуск программы осуществляется путем нажатия кнопки “Выполнить моделирование”.

**Имитационная модель оценки рисков при реализации инвестиционного проекта**

**Пример.** Фирма рассматривает инвестиционный проект по производству продукции вида **А**. Разработать имитационную статистическую модель для оценки эффективности реализации инвестиционного проекта. Оценить эффективность проекта.

Варьируемые показатели проекта приведены в табл. 3.27, неизменяемые параметры проекта — в табл. 3.28.

Таблица 3.27

Показатели проекта	Диапазоны изменения параметров проекта		
	Наихуд- ший	Наилуч- ший	Вероятный
Объем выпуска <b>Q</b> , тыс. руб.	150	300	200
Цена за ед. продукции <b>P</b> , тыс. руб.	40	55	50
Переменные затраты <b>V</b> , тыс. руб.	35	25	30

Показатели проекта	Наиболее вероятные значения показателей проекта
Постоянные затраты <b>F</b> , тыс. руб.	500
Амортизация <b>A</b> , тыс. руб.	100
Налог на прибыль <b>T</b> , %	60
Норма дисконта <b>r</b> , %	10
Срок проекта <b>n</b> , лет	5
Начальные инвестиции <b>I<sub>0</sub></b> , тыс. руб.	2000

**Формулы для вычисления показателей эффективности проекта**

$$1. NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF}{(1+r)^t} - I_0,$$

где  $NCF$  — величина чистого потока платежей в периоде  $t$ .

$$2. NCF = [Q(P - V) - F - A](1 - T) + A.$$

Исходные данные и формулы приведены на рис. 3.45.

**Объекты и средства имитации**

Объектами имитации являются: случайные величины непрерывного типа — объем выпуска **Q**, цена за единицу продукции **P**, переменные затраты **V**.

**Алгоритм имитационной модели оценки риска при реализации торгово-закупочного мероприятия**

1. С помощью генератора случайных чисел выбирается случайное число (ячейки E4–E6, рис. 3.45).

3. Моделируются случайные величины непрерывного типа. В результате определяется: объем выпуска, цена за единицу продукции, переменные затраты.

3. Вычисляются показатели эффективности проекта

4. Операции 1–3 повторяются. Количество повторений равняется установленному количеству реализаций. Определяется число случаев, в которых проект был успешно реализован, а в конечном итоге — вероятность успешной реализации проекта.

**Программа (макрос) имитационной модели**

Программа разрабатывается на листе “Excel” (рис. 3.45); макрос ЭФИНВЕСТ() приведен:

**Public Sub ЭФИНВЕСТ()**



А		В	С	Д	Е	Р
Показатели проекта		Диапазоны изменения параметров проекта				
2						
3		Наилучший	Наилучший	Вероятный		
4	Объем выпуска, Q	150	300	200	0,22732192	184,098
5	Цена за ед. продукции, Р	40	55	50	0,73994863	51,0992
6	Переменные затраты, У	35	25	30	0,24681915	32,5318
7						
8						
9						
10	Показатели проекта	Наиболее вероятные значения показателей проекта	<p>Формулы для вычисления показателей эффективности проекта</p> $1. NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF}{(1+r)^i} - I_0$ <p>где NCF- величина чистого потока платежей в периоде t</p> $NCF = [Q(P-V) - F - A](1-T) + A$			
11	Постоянные затраты, F	500				
12	Амортизация, А	100				
13	Налог на прибыль, Т	60%				
14	Норма дисконта, х	10%				
15	Срок проекта, n	5				
16	Начальные инвестиции, I <sub>0</sub>	2000				
17						
18						
19	Выполнить моделирование	Количество реализаций	5000			
20		Номер реализации	5000	Заданное значение параметра	Вероятность успешной реализации проекта	
21		Среднее значение параметров	Средняя квадратическая отклонения ошибок определения параметра			
22	2901,321031					
23	12434,28922	14927,37371		5000	0,9408	
24						

Рис. 3.45. Лист Excel с данными для расчета оценки рисков при реализации инвестиционного проекта

---

```

n = Лист1.Cells(19, 3)
Зад3 = Лист1.Cells(23, 4)
Сум = 0
nc = 0
For i = 1 To n
    Лист1.Cells(20, 3) = i
    Рplat = Лист1.Cells(22, 1)
    Эфин = Лист1.Cells(23, 1)
    Сум = Сум + Эфин
    If Эфин >= Зад3 Then
        nc = nc + 1
    Else
        nc = nc + 0
    End If
Next i
Лист1.Cells(23, 2) = Сум / n
Лист1.Cells(23, 5) = nc / n
End Sub

```

Запуск программы осуществляется нажатием кнопки “Выполнить моделирование”.

### **Имитационное моделирование процессов расходования и накопления материальных ресурсов и финансовых средств**

При изучении данного вопроса будет рассмотрен процесс имитационного моделирования проекта, суть которого состоит в следующем: планируется производство и реализация некоторого вида продукции. Планируемый объем продукции, цена за единицу продукции, переменные затраты и затраты на материалы и комплектующие изделия являются случайными величинами, законы распределения которых известны. Прогнозируются также и такие показатели, как постоянные затраты, амортизация, налог на прибыль, норма дисконта. Задан срок реализации проекта и начальные его инвестиции.

Часть прибыли, получаемой от продаж, зачисляется на счет фонда накопления. Другая часть распределяется по статьям бюджета предприятия: развитие основного производства; развитие вспомогательного производства; совершенствование

управления и обеспечения и др. Требуется определить показатели, характеризующие процесс производства и накопления финансовых средств.

Порядок разработки упрощенного варианта имитационной модели данного процесса рассмотрим на примере.

**Пример.** Разработать имитационную статистическую модель процессов формирования фонда накопления предприятия и динамики движения денежных средств. Предприятие, основные показатели деятельности которого приведены в табл. 3.29–3.32, осуществляет выпуск продукции. Отгрузка и продажа произведенной продукции осуществляются по специальному плану, различные варианты которого предусмотреть при разработке модели. Прибыль предприятия, от всех видов его деятельности используется для формирования фонда накопления и выделения средств на соответствующие статьи бюджета (табл. 3.31).

Результаты моделирования получить в соответствии с макетом результатов, приведенном в табл. 3.32. При формировании макета исходных данных учесть различные варианты налоговых отчислений и варианты погашения задолженности.

Интервал прогнозирования и шаг моделирования при формировании прогноза учесть переменными в макете исходных данных.

## **I. Модель формирования прибыли предприятия**

### **1. Объекты и средства имитации**

Объектами имитации при решении данной задачи являются случайные величины: планируемый объем продукции; цена за единицу продукции; постоянные и переменные затраты; затраты на материалы и комплектующие изделия. Средством имитации является генератор случайных чисел.

### **2. Принятые допущения и упрощения**

- выпуск продукции осуществляется непрерывно на всем интервале прогнозирования, возможности по выпуску характеризуются интенсивностью выпуска продукции;
- продажи продукции осуществляются непрерывно на всем интервале прогнозирования, комплектование партий выпущенной продукции не производится, возможности по продажам

Таблица 3.29

A	B	C	D	E	F	G
1	1	2	3	4	5	6
2	Диапазоны изменения параметров проекта					
3	Показатели проекта	Наихудший	Наилучший	Закон распределен	Случайное число	Значение функции распр.
4	Объём выпуска, Q (шт.ед. вр.)	150	300	Равномерный	0.096034842	164.4052263
5	Цена за ед. продукции, P (у.е.)	40	55	Равномерный	0.369509093	45.5426364
6	Переменные затраты на ед. продукции V, у.е.	35	25	Равномерный	0.160130344	26.60130344
7	Затраты на матер.и комплект. на ед.пр.ж.у.е.	40	80	Нормальный	0.960285117	31.69335873

Таблица 3.30

9	1	2	3	4	5	6	7
10	Показатели проекта						Значение показателя
11	Постоянные затраты, F, у.е.	500	Среднее кв. отклонение ошибки	Закон распределения	Случайное число	Значение функции распр.	Значение показателя
12	Амортизация, A, у.е.	100	30	нормальный	0.205308954	-0.822806526	475.3158042
13	Налог на прибыль, T, %	60					100
14	Норма дисконта, r, %	10					0.6
15	Срок проекта, n	5					0.1
16	Начальные инвестиции, I <sub>0</sub> , у.е.	2000					5
							2000

Таблица 3.31

17	1	2	3	4	5	6	7
18	Распределение прибыли	Начальное значение	Доля прибыли на каждую статью	Результаты расходования средств		Постойн. затр.	
19				Объём выпуска	Цена за ед. произв.		
20	Развитие основного производства		0.05				
21	Развитие вспомогательного производства		0.1				
22	Рынок, реклама, качество		0.05				
23	Совершенствование управления		0.1				
24	Совершенствование обеспечения		0.15				
25	Операции с ценными бумагами		0.08				
26	Закупки материалов и комплектующих		0.25				
27	Погашение задолженности по инвестициям		0.07				
28	Другие статьи бюджета		0.05				
29	Фонд накопления	100000	0.1				

Таблица 3.32

30	1	2	3	4	5	6	7
31	Количество реализаций		1000				
32	Номер реализации		1000				
33	Интервал прогнозирования		30				
34	Шаг моделирования		1				
35	Среднее значение параметров		Результаты моделирования (на конец интервала прогнозирования)				
36			Средние квадратические отклонения ошибок	Заданное значение параметра	Вероятность успешной реализации проекта	Вероятность принятия показателем критического значения	Время погашения задолженности
37	Объём выпущенной продукции						
38	Переменный капитал, уе						
39	Постоянный капитал, уе						
40	Выручка от продаж, уе						
41	Валовая прибыль, уе						
42	Чистая прибыль, уе						
43	Задолженность по инвестициям, уе						
44							

характеризуются интенсивностью продаж, которая зависит от объема выпущенной продукции и спроса;

- распределение прибыли предприятия по статьям бюджета осуществляется непрерывно на всем интервале прогнозирования;

- изменения интенсивности выпуска продукции и интенсивности продаж зависят от производственного потенциала предприятия и ряда других факторов, состояние которых определяется другими показателями возможностей предприятия, а также распределением средств по статьям бюджета;

- коэффициенты увеличения или снижения показателей предприятия в зависимости от распределения средств по статьям бюджета получены в результате обработки информации по итогам деятельности предприятия в предыдущие периоды.

### 3. Статическая модель

$$P_{\text{приб}} = [\theta(P - V - W) - F - A](1 - T) + A;$$

$$C_{\text{нак}} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{\text{приб}i}}{(1+r)^t} - I - C_{\text{бюдж}},$$

где  $\theta$  — объем выпущенной продукции;

$P$  — цена единицы продукции;

$V$  — переменные затраты на единицу продукции;

$W$  — затраты на материалы и комплектующие изделия;

$F$  — постоянные затраты;

$A$  — амортизационные отчисления;

$T$  — налог на прибыль;

$r$  — норма дисконта;

$I$  — выплаты по долгам;

$C_{\text{бюдж}}$  — средства расходной части бюджета предприятия.

### 4. Динамическая модель

$$\frac{dP_{\text{приб}}}{dt} = \frac{d}{dt} \{ [\theta_t(P_t - V_t - W_t) - F_t - A_t](1 - T) + A_t \};$$

$$\frac{dC_{\text{нак}}}{dt} = \frac{d}{dt} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{P_{\text{приб}i}(t)}{(1+r)^t} - I(t) - C_{\text{бюдж}}(t) \right],$$

где  $\theta_t$  — объем выпущенной продукции в единицу времени;  
 $P_t$  — цена единицы продукции;  
 $V_t$  — переменные затраты на единицу продукции;  
 $W_t$  — затраты на материалы и комплектующие изделия в единицу времени;  
 $F_t$  — постоянные затраты в единицу времени;  
 $A_t$  — амортизационные отчисления в единицу времени;  
 $I(t)$  — выплаты по долгам в единицу времени;  
 $C_{\text{бюдж}}(t)$  — средства расходной части бюджета предприятия, реализуемые в единицу времени.

## **II. Основные процессы, работы (мероприятия) и события, учитываемые в модели**

**Процессы.** Получение инвестиций и организация производства; организация управления и обеспечения; закупка материалов и комплектующих изделий; выпуск продукции; осуществление маркетинговых операций; погашение задолженности; распределение средств по статьям бюджета; оценка и контроль финансовых потоков.

**Мероприятия (работы).** Поставка материалов и комплектующих изделий; производство комплектующих изделий на предприятии (вспомогательное производство); сборка продукции; упаковка продукции; складирование продукции.

**События.** Инвестиции получены; производство организовано; управление и обеспечение организовано; материалы и комплектующие изделия закуплены; продукция производится; продукция выпущена; организована реклама, выполнена оценка рынка сбыта продукции; выполнена оценка стоимости продукции и определена ее цена; продукция продана; определен объем продаж; налоги уплачены; амортизационные отчисления (лизинг) учтены; выполнено распределение средств по статьям бюджета; вычислена система показателей в соответствии с макетом результатов моделирования; время приняло значение интервала прогнозирования; выполнено установленное количество реализаций.

### **Разрабатываются графики расписаний:**

**1. Процессов** (процессные схемы). На графике указать: условный номер и наименование процесса; содержание процесса; основные этапы процесса; время начала и окончания процесса, а также его этапов; взаимосвязь процессов и их этапов.

**2. Мероприятий (работ).** На графике указать: условный номер и наименование мероприятия (работы); содержание мероприятия (работы); основные этапы мероприятия (работы); время начала и окончания мероприятия (работы), а также его этапов; взаимосвязь мероприятий (работ) и их этапов; ресурсы на выполнение мероприятия (работы).

**3. Событий.** На графике указать: условный номер и наименование события; характер события (детерминированные, случайные).

### **III. Распределение прибыли по статьям бюджета и ожидаемый результат от расходования денежных средств**

#### **1. Развитие основного производства**

В результате выделения средств на данную статью бюджета увеличивается объем выпускаемой продукции. Количественно это увеличение оценивается с помощью **производственной функции**, имеющей вид

$$\theta_{\text{оп}} = \theta \{1 - \exp[-C_{\text{оп}} / (K_{\text{оп}} \cdot C_{\text{акт}})]\},$$

где  $C_{\text{акт}}$  — величина активов предприятия;

$K_{\text{оп}}$  — доля основного производства в активах предприятия;

$C_{\text{оп}}$  — величина средств, выделяемых на развитие основного производства.

#### **2. Развитие вспомогательного производства**

$$\theta_{\text{вп}} = \theta \{1 - \exp[-C_{\text{вп}} / (K_{\text{вп}} \cdot C_{\text{акт}})]\},$$

где  $K_{\text{вп}}$  — доля вспомогательного производства в активах предприятия;

$C_{\text{вп}}$  — величина средств, выделяемых на развитие вспомогательного производства.

В результате выделения средств на данную статью бюджета увеличивается объем выпускаемых комплектующих изделий. Количественно это увеличение оценивается с помощью **производственной функции**, имеющей вид

$$\theta_{\text{произ}} = \min \{ \theta_{\text{вп}} ; \theta_{\text{оп}} ; \theta_{\text{комп}} \},$$

где  $\theta_{\text{комп}}$  — количество единиц продукции, под которые выполнены закупки материалов и комплектующих изделий.



---

### 3. Рынок, реклама, качество продукции

В результате выделения средств на данную статью бюджета увеличивается спрос на продукцию. Количественно величина спроса оценивается с помощью **функции спроса**

$$\theta_{\text{спр}} = \min \left\{ \theta_{\text{произ}} ; \theta_{\text{спр}} \left[ 1 - \exp \left( - \frac{C_{\text{рн}}}{C_{\text{акт}}} \right) \right] \right\},$$

где  $C_{\text{рн}}$  — средства, выделенные на поддержку рынка, рекламу и повышение качества продукции;

$C_{\text{акт}}$  — величина активов.

### 4. Совершенствование управления

В результате выделения средств на данную статью бюджета увеличивается производительность труда. Количественно это увеличение оценивается с помощью **производственной функции**, имеющей вид, приведенный на рис. 3.46.

### 5. Совершенствование обеспечения

В результате выделения средств на данную статью бюджета увеличивается производительность труда. Количественно это увеличение оценивается с помощью **производственной функции**, имеющей вид, приведенной на рис. 3.47.

### 6. Операции с ценными бумагами

В результате выделения средств на данную статью бюджета за счет операций с ценными бумагами увеличивается фонд накопления. Количественно это увеличение оценивается с помощью **финансовой функции** (доход от ценных бумаг, который составляет постоянные процентные выплаты, учитывается в прибыли предприятия — “Мастер функций” — “Финансовые” — “Доходн”).

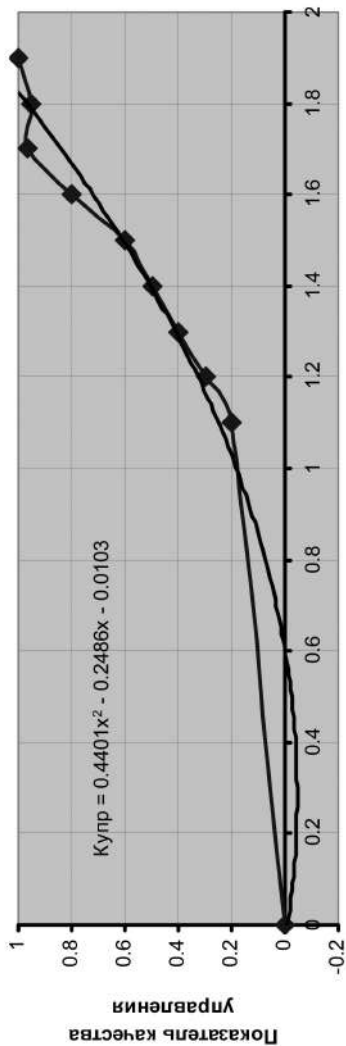
### 7. Закупки материалов и комплектующих

В результате выделения средств на данную статью бюджета увеличивается объем материалов и комплектующих изделий, а также их качество. Количественно это увеличение оценивается с помощью **производственной функции**

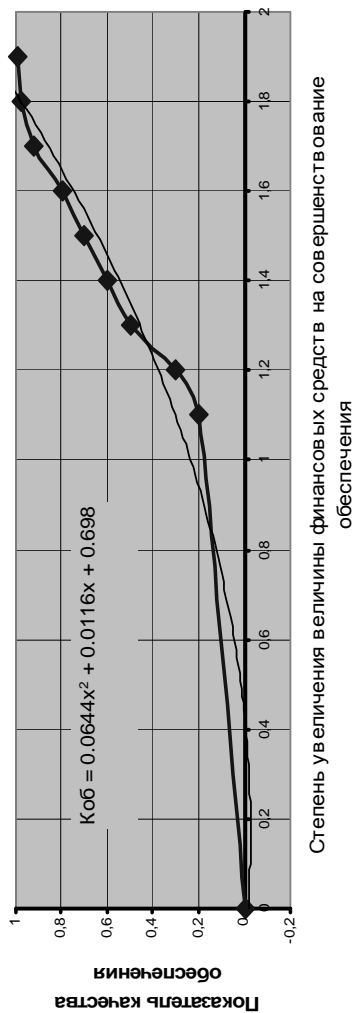
$$\theta_{\text{комп}} = f(C_{\text{комп}}, \dots, W),$$

где  $C_{\text{комп}}$  — средства, выделяемые на закупку комплектующих изделий;

$W$  — планируемый объем производства продукции.



**Рис. 3.46.** Определение показателя качества управления



**Рис. 3.47.** Определение качества обеспечения производства

---

#### 8. Погашение задолженности по инвестициям

В результате выделения средств на данную статью бюджета уменьшается задолженность предприятия. Количественно это уменьшение оценивается с помощью **финансовой функции**

$$\frac{dC_{\text{зад}}}{dt} = C_{\text{зад}}^{(0)} - \theta_{\text{зад}} \cdot R(T),$$

где  $C_{\text{зад}}^{(0)}$  — начальная задолженность (задолженность к началу реализации проекта);

$\theta_{\text{зад}}$  — интенсивность погашения задолженности;

$R(T)$  — оператор, характеризующий план погашения задолженности.

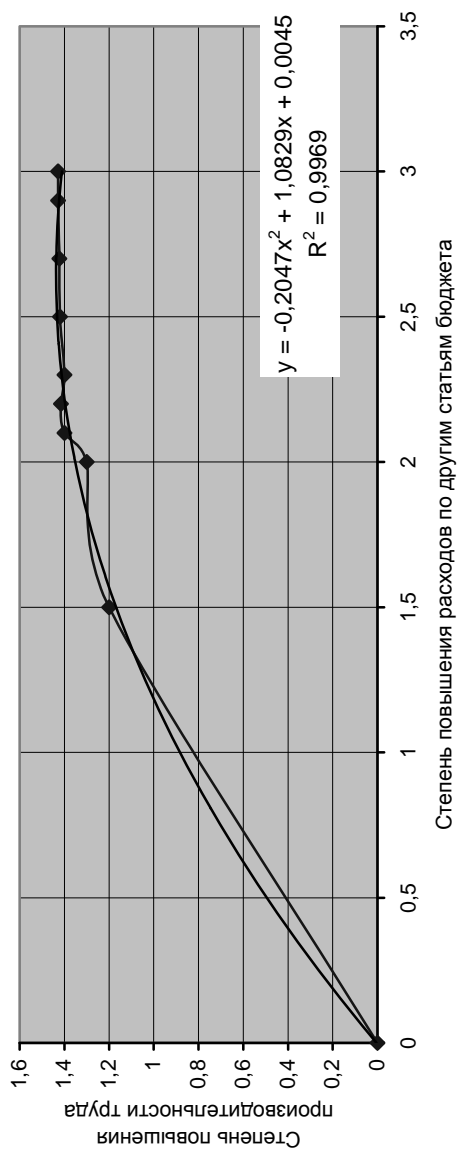
9. *Другие статьи бюджета (фонд заработной платы, общественные фонды, страхование, капитальное строительство и т. д.)*

В результате выделения средств на данные статьи бюджета увеличивается производительность труда. Количественно это увеличение оценивается с помощью **производственной функции**, имеющей вид, приведенный на рис. 3.48.

В результате выделения средств на данную статью бюджета уменьшается величина риска банкротства предприятия и др.

**IV. Алгоритм имитационного моделирования процессов формирования фонда накопления предприятия и динамики движения денежных средств.**

1. Формируется макет исходных данных (см. табл. 3.29 – 3.32).
2. Формируется макрос с наименованием “ФИНДИН”
3. Выполняется объявление переменных (типы).
4. Формируются начальные условия моделирования.
5. Формируется массив расписаний процессов, работ (мероприятий) и событий.
6. Организуется цикл по номеру реализации от 1 до  $n$  с шагом 1.
7. Организуется цикл по времени от 0 до  $t_{\text{mod}}$  с шагом  $dt$ .



**Рис. 3.48.** Производственная функция определения степени повышения производительности труда

8. Выполняется моделирование случайных величин и событий для чего:

- последовательно выделяются ячейки E4, E5, E6, E7, E11 и в каждом случае с использованием технологии “Мастер функций” — “Математические” — “Сл чис” в эти ячейки вводятся случайные числа;

- по значениям случайных чисел находятся значения аргументов функций распределения. “Мастер функций” — “Статистические” — обратные функции. Для равномерного распределения эта операция не выполняется, а в ячейки F4, F5, F6, вносятся значения случайных чисел из ячеек E4, E5, E6.

- в ячейках G4, G5, G6, G7, G11 вычисляются значения, которые примут случайные величины (для равномерного распределения  $=B4+(C4-B4)*F4$ , для нормального распределения  $=B11+C11*F11$ ).

9. Выполняется проверка условий инициализации процессов работ (мероприятий) и событий.

10. В соответствии с вариантом распределения средств вычисляются **производственные функции, финансовые функции и функции спроса.**

11. Вычисляются величины **приращений** за время **dt**: объема выпускаемой продукции; объема продаж; валовой прибыли; чистой прибыли; величины погашенной задолженности; постоянного и переменного капитала.

12. Вычисляются величины: объема выпускаемой продукции; объема продаж; валовой прибыли; чистой прибыли; величины погашенной задолженности; постоянного и переменного капитала.

13. Выполняется вычисление значений показателей в единичной реализации, формируется массив результатов.

14. Проверяются условия окончания цикла по времени прогнозирования.

15. Проверяются условия окончания цикла по количеству реализаций.

16. Выполняется обработка результатов моделирования всех реализаций.

---

Программа по организации основных процедур, имеет вид

```

Dim Skan() As Double, ResS() As Double, Res() As Double, THO()
As Double
Dim l1 As Integer, l2 As Integer, m1 As Integer, t As Double
tmods = Лист1.Cells(33, 3) 'Интервал прогнозирования
dt = Лист1.Cells(34, 3) 'Шаг моделирования
gor = Лист1.Cells(20, 2) 'Средства на развитие основного про-
изводства
rwr = Лист1.Cells(21, 2) 'Средства, выделяемые на развитие
вспомогательного производства
rrk = Лист1.Cells(22, 2) 'Средства, выделяемые на поддержку
рынка, рекламу и повышение
'качества продукции
upr = Лист1.Cells(23, 3): obes = Лист1.Cells(24, 3)
osb = Лист1.Cells(25, 3): zak = Лист1.Cells(26, 3)
pzi = Лист1.Cells(27, 3): dcb = Лист1.Cells(28, 3)
fnakn = Лист1.Cells(29, 2): fnak = Лист1.Cells(29, 3)
i = 0: tmod = 0: Оп = 0: prib = 0: ПРОИЗ = 5
Do
i = i + 1
tmod = tmod + dt
prib = prib + dp
Оп = Оп + ПРОИЗ * dt 'Объем выпущенной продукции
fnakn = fnakn + ПРОИЗ * dt * Лист1.Cells(5, 2) * fnak 'Величина
денежных средств в фонде накопления
Лист2.Cells(3, 1 + i) = Оп
Лист2.Cells(4, 1 + i) = fnakn
Loop While tmod <> tmods
End Sub

```

**Примечания:** 1. Производственные и другие функции не привязаны к конкретному предприятию.

2. Ячейки, в которых вычисляются производственные и другие функции, выбираются своим решением.

---

## 14.8. Разработка имитационных экономических моделей в “Excel”

В изложенном выше материале были рассмотрены вопросы имитационного моделирования отдельных элементов экономических систем: моделирование пространственной динамики; моделирование торгово-закупочных мероприятий; моделирование систем массового обслуживания и др. Это было сделано для того, чтобы обучаемые получили первоначальные знания и навыки по решению сложных экономических задач, используя приемы имитационного моделирования.

Из теории систем известно, что реальная экономическая система может быть декомпозирована на отдельные элементы. При этом для каждого из элементов могут быть заблаговременно разработаны специальные программы, реализующие определенные функции, имеющие вход и выход. Задача разработчика имитационной модели будет состоять в определении общей конструкции модели, ее состава и структуры, подборе специальных программ и конструировании с помощью этих программ программного продукта имитационной модели в целом. Порядок работы по реализации этой концепции с применением современных информационных технологий высокого уровня будет рассмотрен ниже.

Здесь рассматривается порядок решения этих задач с помощью программного продукта “Excel”, который широко используется экономистами различных специализаций. По нашему мнению, относительно несложные имитационные модели, разработанные на базе данного программного продукта, по качеству могут быть по крайней мере не хуже, чем модели, разработанные с помощью специальных программных средств. Программы отдельных элементов экономической системы для использования этого программного продукта могут быть подготовлены заблаговременно и помещены в базы данных этой программы в виде макросов и функций, созданных пользователем. Эти макросы и функции могут решать следующие основные задачи:

- воспроизводить реальное и модельное время;

- 
- генерировать случайные числа, подчиненные закону равной вероятности на интервале от 0 до 1;
  - формировать массивы графиков целей, задач, процессов, функций, мероприятий, работ, событий;
  - моделировать поток транзактов (поток заявок, наделенных определенными свойствами);
  - выполнять различные операции с потоками транзактов (объединять потоки, суммировать, разделять, делить, и т. д.);
  - принимать на обслуживание и снимать с обслуживания транзакты;
  - моделировать случайные события (полную группу несовместных событий), величины (дискретные, непрерывные); системы независимых и зависимых случайных величин и случайные процессы;
  - определять ветви протекания процессов в зависимости от значений величин;
  - осуществлять обработку результатов реализаций с целью получения статистических характеристик моделируемого процесса;
  - осуществлять инициализацию событий;
  - осуществлять организацию квазипараллелизма различными методами;
  - определять факт продолжения реализации функции, процесса, мероприятия или работы по условиям надежности, пропускной способности, времени выполнения и др.;
  - определять пространственное положение объекта на текущий момент времени;
  - осуществлять верификацию результатов моделирования.
- На основе реализации этих задач могут быть разработаны имитационные модели различных элементов экономических систем, например модели подсистем: закупок материалов и комплектующих изделий; сбыта готовой продукции; вспомогательного производства; основного производства; видов обеспечения предприятия (финансового, материально-технического, инженерного, технологического и др.); взаимодействия предприятия; управления предприятием и др.



---

Ниже приведены программы некоторых пользовательских функций “Excel” для решения задач разработки имитационных моделей.

*1. Пользовательская функция моделирования времени в имитационной модели.*

**Public Function ModT()**

**Dim i As Integer, n As Integer, m As Integer, l As Integer**

**Dim ТекПР As Variant, Тнач As Variant, DT As Double**

**Dim ТначМ As Variant, Tsek As Variant, ТекМ As Variant, ТекЧ As Variant, ТекS As Variant**

**i = 0**

**Do**

**i = i + 1**

**ТекМ = Minute(Time): ТекЧ = Hour(Time) \* 60**

**TekS = Second(Time): ТекПР = ТекЧ + ТекМ**

**Tsek = ТекПР \* 60 + ТекS**

**Loop While ТекМ <> 59**

**End Function**

*2. Пользовательская функция для моделирования случайного числа*

**Public Function СЧ()**

**Dim MyValue, CLS As Double**

**Randomize**

**CLS = Int((10000) \* Rnd) / 10000**

**СЧ = CLS**

**End Function**

*3. Пользовательская функция для моделирования случайного события*

**Public Function СОБ(Пап)**

**Dim MyValue, CLS As Double**

**Randomize**

**CLS = Int((10000) \* Rnd) / 10000**

**СЧ1 = CLS**

**If Пап >= СЧ1 Then**

**P = 1**

**Else**

---

**P = 0**

**End If**

**COB = P**

**End Function**

*4. Пользовательская функция для моделирования полной группы несовместных событий*

**Public Function ПГС(P1, P2, P3, P4, P5)**

**Dim MyValue, CLS As Double**

**Randomize**

**СЧ1 = 0**

**CLS = Int((10000) \* Rnd) / 10000**

**СЧ1 = CLS**

**P01 = P1: P02 = P01 + P2: P03 = P02 + P3: P04 = P03 + P4: P05 = P04 + P5**

**If P01 >= СЧ1 Then**

**PC = 1**

**Else**

**If СЧ1 <= P02 And СЧ1 > P01 Then**

**PC = 2**

**Else**

**If СЧ1 <= P03 And СЧ1 > P02 Then**

**PC = 3**

**Else**

**If СЧ1 <= P04 And СЧ1 > P03 Then**

**PC = 4**

**Else**

**If СЧ1 <= P05 And СЧ1 > P04 Then**

**PC = 5**

**End If**

**End If**

**End If**

**End If**

**End If**

**ПГС = PC**

**End Function**

---

**5. Пользовательская функция для моделирования случайной величины дискретного типа**

**Public Function СВДТ(P1, 31, P2, 32, P3, 33, P4, 34, P5, 35)**

**Dim MyValue, CLS As Double**

**Randomize**

**СЧ1 = 0**

**CLS = Int((10000) \* Rnd) / 10000**

**СЧ1 = CLS**

**P01 = P1: P02 = P01 + P2: P03 = P02 + P3: P04 = P03 + P4: P05 = P04 + P5**

**If P01 >= СЧ1 Then**

**PC = 31**

**Else**

**If СЧ1 <= P02 And СЧ1 > P01 Then**

**PC = 32**

**Else**

**If СЧ1 <= P03 And СЧ1 > P02 Then**

**PC = 33**

**Else**

**If СЧ1 <= P04 And СЧ1 > P03 Then**

**PC = 34**

**Else**

**If СЧ1 <= P05 And СЧ1 > P04 Then**

**PC = 35**

**End If**

**End If**

**End If**

**End If**

**End If**

**СВДТ = PC**

**End Function**

**6. Макет пользовательской функции для моделирования системы массового обслуживания с отказами**

**Public Function ГТА(Время\_моделирования, Шаг\_моделирования, Количество\_заявок\_в\_потоке, Среднее\_время\_между\_заявками)**

---

```

n = Время_моделирования / Шаг_моделирования + 1
m = Количество_заявок_в_потоке: DT = Шаг_моделирования:
tcr = Среднее_время_между_заявками
t = 0
For i = 1 To n 'цикл по модельному времени
t = t + DT
For j = 1 To m ' цикл по номеру заявки
tc = t + tcr
Next j
Next i
ГТА = tc
End Function

```

База пользовательских функций для решения задач имитационного моделирования создается заблаговременно для той сферы деятельности, где планируется создавать и использовать имитационные модели.

Завершая рассмотрение данного вопроса, целесообразно привести некоторые общие правила, которыми необходимо руководствоваться при разработке имитационной модели в “Excel”.

1. Для управления моделью формируется специальный модуль.

2. Каждой из структур моделируемого процесса, например основному производству, вспомогательному производству, системе обеспечения и т. д., должен соответствовать свой лист “Excel”, форма и модуль формы.

3. Вывод результатов имитационного моделирования целесообразно осуществить на отдельном листе, работая с ячейками и полями которого с помощью мастера функций строить необходимые графики.

4. Первоначальную отладку модели целесообразно осуществить для одной реализации. Окончательные и промежуточные результаты этой реализации должны быть, по возможности, рассчитаны “вручную”.

---

## **14.9. Применение специализированных программных комплексов для разработки имитационных моделей экономических процессов**

Разработка имитационной модели очень сложный процесс, требующий огромных затрат сил, средств и времени. Для уменьшения этих затрат используются специализированные программные комплексы, в основе которых применяются современные технологии разработки программных продуктов.

Суть этих технологий в общем случае состоит в следующем:

- заблаговременно разрабатываются программы для моделирования различных элементов экономических систем (определяется вход, выход и условия функционирования этих элементов);
- создаются базы программ для моделирования различных элементов экономических систем;
- в соответствии с общими требованиями моделирования экономическая система разбивается на элементы — определяется ее состав и структура;
- с помощью специальных программных средств осуществляется конструирование системы. При этом из баз данных выбираются уже готовые программы, описывающие процессы в каждом из элементов системы;
- разрабатываются программные коды, описывающие связи между элементами системы (вход, выход, условия функционирования);
- в автоматизированном режиме осуществляется формирование программного кода, описывающего систему в целом.

Рассмотрим основные современные технологии разработки программных продуктов.

**I. CASE- технология многослойного имитационного моделирования<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> А. Емельянов, Е. А. Власова, Р. В. Дума. Имитационное моделирование экономических процессов. Учебник / Под ред. А. А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002.

---

В последние годы все большее распространение получают CASE-средства, позволяющие автоматизировать процессы проектирования, разработки и поддержки программных приложений:

- компьютерных экономико-математических моделей;
- экономических информационных систем;
- вычислительных программ прикладной математики экономического назначения.

CASE-средства активно используют методологию структурного анализа, предусматривающую наглядное и эффективное проектирование системы путем выделения ее составляющих и их последовательного рассмотрения. Описание системы начинается с общего обзора и выделения основных ее компонентов или процессов. Для визуального представления создается первый уровень, или слой, на котором отображаются выделенные процессы и их взаимосвязи. Далее для ряда процессов может быть проведена детализация, в свою очередь выделяющая новые процессы в их структуре. Так, последовательным усложнением описания объекта и его процессов разработчик достигает необходимой детализации. Глубина детализации определяется как необходимой точностью, так и набором исходных данных. В процессе структурного анализа выявляется иерархическая структура модели.

Рассмотренный ниже декомпозиционный подход реализуется в программных CASE-пакетах в различных вариациях, поскольку существует достаточно широкий круг задач, для которых схожие методы могут быть применены. Однако все CASE-пакеты предоставляют пользователю инструментарий работы с проектом, опирающийся на мощные современные графические средства отображения информации в виде графов, диаграмм, схем и таблиц.

Одним из достаточно интересных и полезных применений CASE-средств является не только их интеграция в процессы проектирования, разработки и поддержки структуры программного проекта, но и автоматизация процесса создания или генерации программного кода. Использование CASE-средств, дополненных

такой возможностью, имеет ряд несомненных преимуществ перед простым кодированием, поскольку позволяет:

- отвлечься от кодирования данных и обратить большее внимание на структуру разрабатываемой системы;
- избежать некоторых ошибок за счет автоматического контроля;
- ускорить процесс проектирования и разработки проекта.

Теперь рассмотрим CASE-технологии применительно к системе имитационного моделирования. Для создания имитационной модели в отсутствие CASE-средств разработчику приходится писать программный код, использующий языковые средства системы моделирования Pilgrim. Модель имеет стандартную структуру. Внутри текста модели содержатся обращения к функциям Pilgrim, но может быть и произвольный C++ код.

Учитывая, что текст модели обрабатывается препроцессором и стандартным компилятором C++ (Microsoft, Borland и др.), можно выделить ряд проблем, возникающих перед пользователем при описании модели в операторах Pilgrim, а именно:

- необходимо знать элементы языка C++;
- нужно иметь отчетливое представление о структуре программы, опирающейся на библиотеку Pilgrim;
- требуется знать функции описания узлов и их параметров;
- имеется вероятность появления ошибки в порядке перечисления позиционных параметров, причем ошибка может быть не замечена компилятором C++, в результате чего модель будет выполняться, но иметь на выходе неправильные результаты. Обнаружение такой ошибки тем сложнее, чем большее количество узлов имеет модель;
- сложность описания больших моделей. Поскольку модель любого размера выглядит как простое линейное перечисление узлов и условий переходов между ними, то чем больше текст модели, тем он сложнее воспринимается пользователем.

Конструктор моделей Pilgrim (далее — конструктор) позволяет автоматизировать процесс создания графа модели и автоматически генерировать код Pilgrim-программы. Тем самым

снимаются отмеченные выше проблемы, возникающие при ручном кодировании модели в виде Pilgrim-файла:

- автоматическая генерация программного кода позволяет пользователю не задумываться о структуре и синтаксисе программы, уделяя все внимание структуре и параметрам самой модели и ее узлов;
- генерация функций описания узлов конструктором исключает ошибки, связанные с неправильной последовательностью указания позиционных параметров или пропуском некоторых из них;
- анализируя модель, конструктор не позволяет пользователю выполнять заведомо неверные действия, а также предупреждает о возможных ошибках;
- поддержка конструктором множества плоскостей обеспечивает создание иерархических моделей, что может быть очень удобно при выполнении моделей с большим количеством узлов. Действительно, не только восприятие, но и отображение больших моделей в виде плоского одноуровневого графа на бумаге или экране монитора достаточно затруднено.

## **II. Разработка имитационной модели экономического процесса с помощью графического конструктора Pilgrim-5.**

**Пример.** Имеется предприятие, принимающее заказы на изготовление продукции типов А и В. Заказы на продукцию типа А поступают в среднем раз в 30 дней, а на продукцию типа В — раз в 5 дней. Для производства продукции типа А необходимо 10 дней, а для продукции типа В — 2 дня. Одновременно может идти производство только по одному заказу. При этом заказы на продукцию А являются первоочередными. Все сведения о выполнении заказов типов А и В фиксируются в отдельных документах. Модель строится для исследования очереди задержек заказов.

### **Порядок выполнения.**

#### **1. Создание графа модели.**

1. Рассмотрим в качестве автономных процессов:



- 
- производство и фиксацию выполненных заказов;
  - формирование заказов и очередь заказов на производство.

2. Определим единицу модельного времени для последующего формирования параметров модели. Очевидно, в данном примере за единицу времени удобно взять один рабочий день.

3. Запустим конструктор на выполнение.

4. В основном меню выберем “Файл” -> “Создать”. В результате в рабочей области экрана появится пустое окно с именем “Плоскость 1”. Это пустая корневая плоскость.

5. Из панели узлов в левой части экрана перетащим в плоскость построения узлы типов *parent*, *serv*. В панели узлов также найдем узел типа *ag* и щелкнем мышью по узлу *ag*. Надпись на панели сменится на *term*. Добавим в плоскость построения два узла типа *term*. Расположим узлы в рабочей области так, как показано на рис. 3.49.

6. Зададим имена узлов. Для этого нужно дважды щелкнуть мышью по каждому из узлов и в появившемся диалоговом окне в поле “Имя” вместо находящегося там “Object...” ввести: “Производство” для узла 102; “Отчет А” для узла 103, “Отчет В” для узла 104. Узел 101 будет содержать подуровень формирования заказов; он будет рассмотрен позже.

7. Определим маршруты транзактов. Для этого захватим изображение круга с перекрестием на панели узлов и перетащим на узел “Производство”. После отпускания кнопки мыши за курсором потянется стрелка. Далее необходимо щелкнуть мышью по узлу “Отчет А”, в результате чего появится стрелка, символизирующая маршрут прохождения транзактов из узла “Производство” в “Отчет А”.

*Предостережение.* Необходимо сначала указывать узел-источник, а потом — узел-приемник. Последующая смена направления невозможна. При создании неверного маршрута необходимо его удалить через свойства узла и потом задать новый. По окончании этого этапа должен появиться экран, подобный приведенному на рис. 3.50.

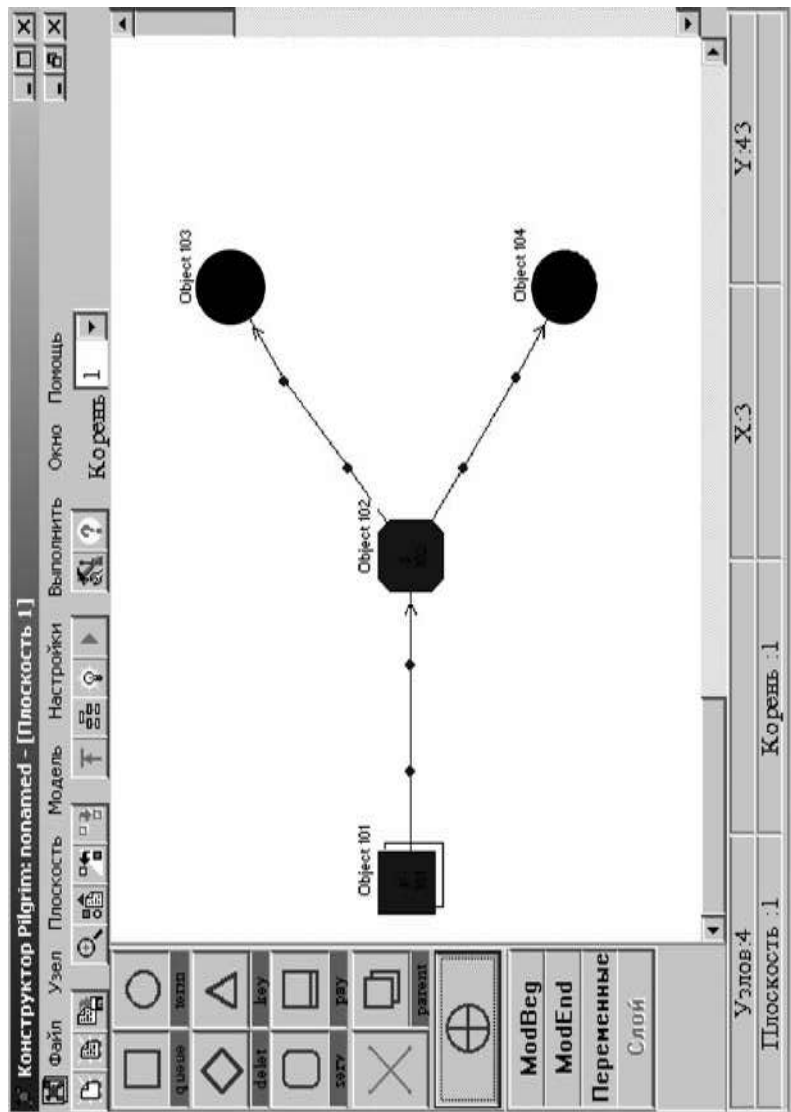


Рис. 3.49. Окно создания узлов и графа корневой плоскости

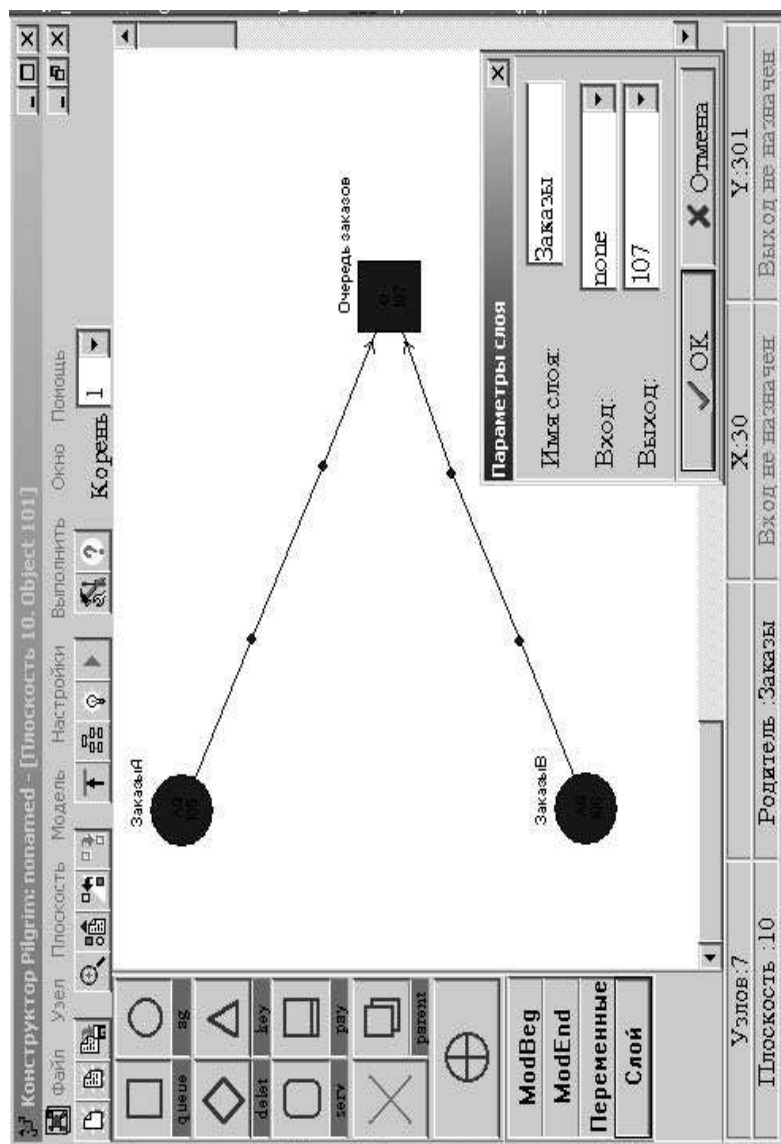


Рис. 3.50. Окна графа плоскости 10 и определения параметров слоя

8. Создадим плоскость формирования заявок. Дважды щелкнем по узлу “Object 101”, в результате чего получим новую пустую плоскость 10 с именем “Object 101”. В этой плоскости теми же операциями, что и ранее, создадим граф, как показано на рис. 3.50. Останемся в этой плоскости.

9. Можно увидеть, что в информационной строке в нижней части экрана красным цветом отображены надписи “Вход не назначен” и “Выход не назначен”. В нашем случае плоскость 10 не будет иметь входа, так как сама предназначена для генерации заявок, однако выход необходимо назначить. В левой части экрана щелкнем по кнопке “Слой”. В диалоговом окне введем имя слоя “Заказы” и выход 107. Вход установим на значение “none”, т. е. отсутствующий. Результат приведен на рис. 3.50. После нажатия кнопки “ОК” одна из красных надписей в информационной строке будет заменена на “Выход: 107”.

### ***2. Определение глобальных переменных модели***

Определим переменные модели. Очевидно, для работы может понадобится переменная времени обслуживания заявки. На левой панели щелкнем по кнопке “Переменные”. Появится соответствующее диалоговое окно (рис. 3.51). В нем необходимо ввести: имя переменной `proc_time`, тип переменной `int`. Значение можно не указывать, так как оно будет определяться при выполнении модели в зависимости от типа продукции.

### ***3. Определение свойств узлов.***

1. Определим свойства узлов плоскости 10. Узел 105 будет формировать заказы типа А, узел 106 - типа В. Необходимо дважды щелкнуть мышью по узлу 105, в результате чего появится диалоговое окно “Свойства узла”. В нем щелкнуть по кнопке “Определить параметры”. В результате появится окно определения параметров узлов типа `ag` (рис. 3.52). Очевидно, для заявок типа А значение “Приоритет” нужно указать равным 1. На выборе закона распределения не будем останавливаться, выберем его как `norm` — нормальное. В строке “Мат. ожидание” (Параметр 1) введем значение 30, а “Отклонение” (Параметр 2) примем равным 10. Повторим процедуру для узла 106. Но значение приоритета укажем 2, математическое ожидание примем

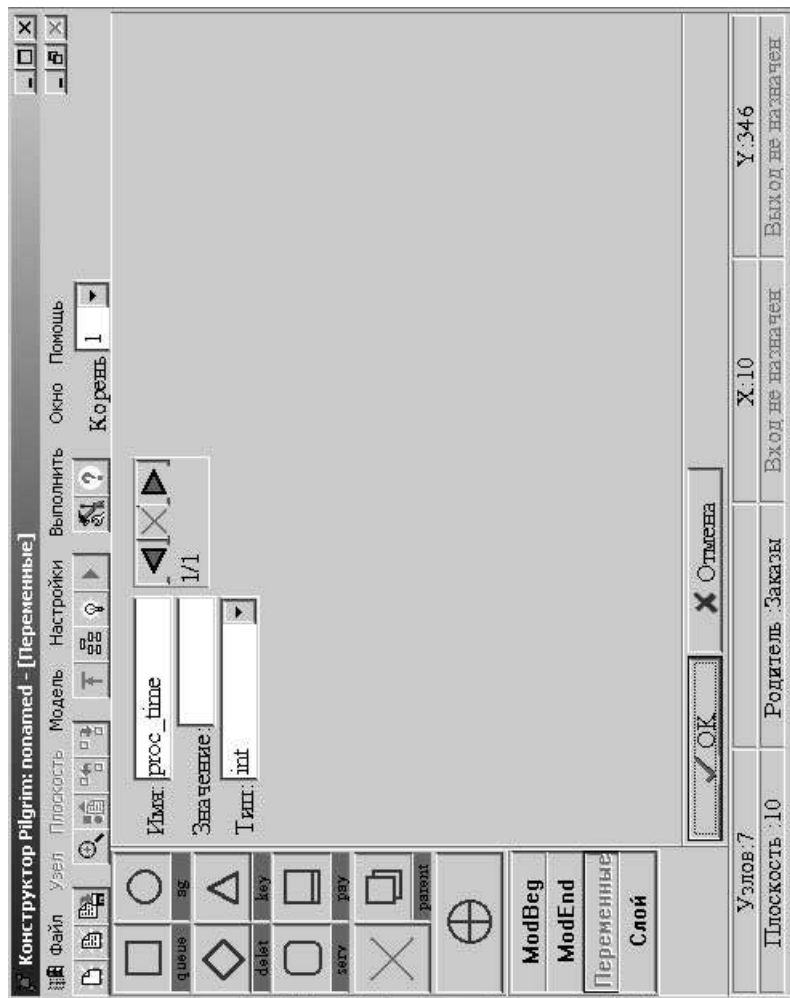
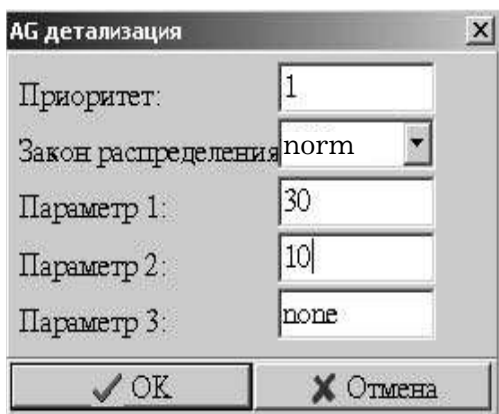


Рис. 3.51. Окно определения глобальных переменных модели

равным 5, а отклонение —равным 2. Теперь генераторы подготовлены



**Рис. 3.52.** Окно определения переменных типа ag-заказы А

2. Аналогичным образом определим параметры для узла 107 “Очередь заявок”. Здесь всего один параметр, его необходимо установить в значение “prty”. Это будет означать, что заказы проходят.

3. Определим свойства узлов плоскости 1. Начнем с узла 102 типа server. Дважды щелкнем по нему мышью — появится диалоговое окно “Свойства узла” (рис. 3.53) В поле “Выходы” выберем строку “Из 102 в 103”. В поле “Условие перехода” укажем “ $t \rightarrow pr = 1$ ”. Это значит, что по этой ссылке перейдут только те транзакты, которые в качестве параметра  $t \rightarrow pr$  (приоритет) имеют значение 1. В поле “С++ текст”, располагающееся под “Условием перехода”, введем строку “proc\_time = 10”. Далее, выбрав в поле “Выходы” строку “Из 102 в 104”, в поле “С++ текст” напомним “proc\_time = 2”. Щелкнем по кнопке “Определить параметры”. В появившемся диалоговом окне “Serv детализация” (рис. 3.54) зададим параметры: число каналов = 1; приоритетность = abs; закон распределения = norm; математическое ожидание (Параметр 1) = proc\_time; отклонение (Параметр 2) = proc\_time/2; дополнительно (Параметр 3) = none. Таким образом, определен

обслуживающий прибор с одним каналом и временем обслуживания, зависящим от приоритета транзакта.

Свойства узла

Номер: 102

Имя: Производство

Класс: Server Плоскость: 1

Определить параметры...

Общий C++ текст:

До вхождения в узел После вхождения в узел

go=0  
time=x/2

Входы: Выходы:

Из 101 в 102 Из 102 в 104  
Из 102 в 103

Условие перехода:  
t->pr==1

C++ текст:  
proc\_time=10

Удалить Удалить

Ok Применить Отмена

Рис. 3.53. Окно определения общих свойств узла 102–“Производство”

Serv детализация

Число каналов: 1

Приоритетность: abs

Закон распределения: norm

Параметр 1: proc\_time

Параметр 2: proc\_time/2

Параметр 3: none

OK Отмена

Рис. 3.54. Окно определения переменных функции serv для узла “Производство”.

4. Для узлов типа term параметров не существует.

#### 4. Определение параметров функций modbeg и modend 1.

Определим параметры функции modbeg. В левой панели инструментов щелкнем по кнопке modbeg либо выберем соответствующий пункт меню раздела “Модель”. В появившемся диалоговом окне зададим имя модели “Очередь заказов”. Параметр “Узлы” обозначает порядковый номер последнего узла модели и рассчитывается автоматически. Поле “Время” подразумевает время выполнения модели в моделируемых единицах времени. Поскольку за единицу времени взят один день, то рассмотрим модель на отрезке времени 365 единиц, т. е. один год. Параметр “ПСЧ” служит для настройки датчика случайных чисел. Значение, отображенное по умолчанию, позволяет при каждом запуске получать различные результаты моделирования. Поле “Пространство” используется при пространственном моделировании и в нашем случае не понадобится. В поле I “Задержка” необходимо ввести номер узла, информация о котором будет отображаться при выполнении модели, т. е. в нашем случае это номер 107. Поля “Поток” и “Точность” оставим без изменений. Результат определения параметров в диалоговом окне приведен на рис. 3.55.

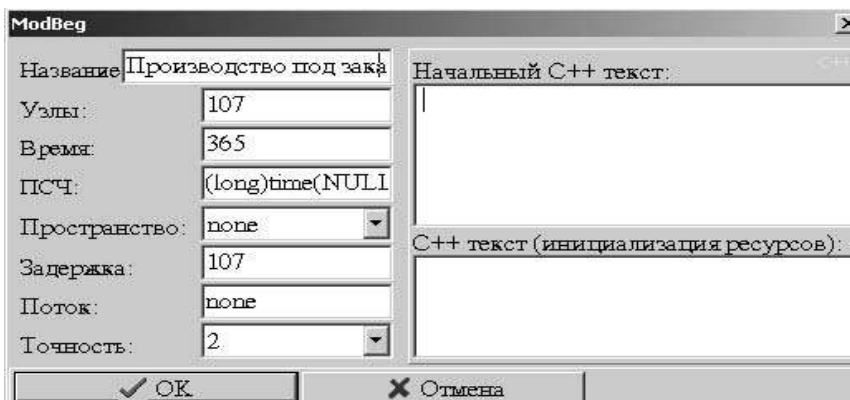


Рис. 3.55. Окно определения параметров функции modbeg



## 5. Генерация текста имитационной модели в операторах *Pilgrim*.

Итак, модель готова. Для нее сформирован граф, заданы переменные, определены параметры узлов и функций. Для генерации программного файла необходимо в основном меню выбрать “Выполнить”, а затем — “Генерировать C++ файл”. При этом конструктором сначала будет выполнена проверка модели, обнаруживающая ошибки или подозрительные участки на графе модели (рис. 3.56).

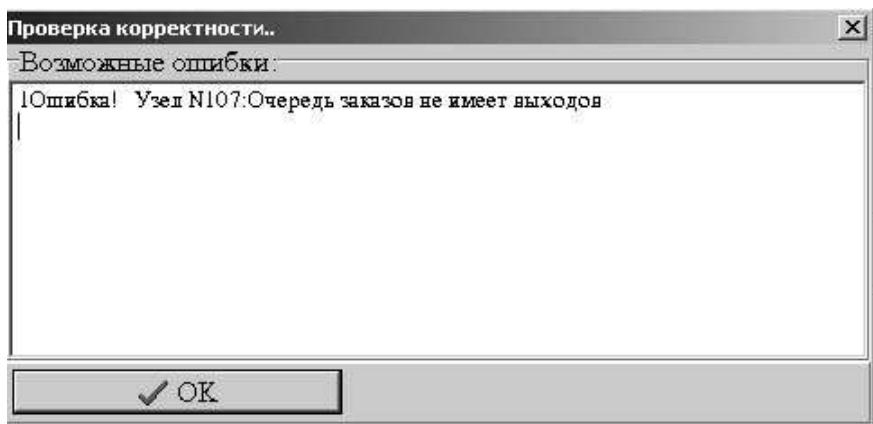


Рис. 3.56. Окно проверки корректности модели

После нажатия кнопки ОК будет выведено стандартное диалоговое окно, предлагающее сохранить файл с расширением “сpp”. Сохраненный конструктором файл можно далее компилировать в среде Visual C++.

После ввода всех данных в режиме конструктора в автоматическом режиме формируется программа моделируемого процесса. Программа имеет вид:

```
modbeg(“Производство под заказ”, 107, 365,  
(long) time (NULL) , none, 107, none,none, 2);  
ад(“Заказы А”, 105, 1, norm, 30, 10, none, 107);  
ад(“Заказы В”, 106, 2, norm, 5, 2, none, 107);  
ne twork(dummy, dummy)
```

---

```
{ top(102):  
if( t->pr == 1 )  
{  
proc_time =10  
fw=103;  
} else  
{  
proc_time = 2  
fw=104;  
} serv(“Производство”, 1, abs, norm,  
proc_time, proc_time/2, none, fw) ;  
place;  
top(103):  
term(“Отчет А”);  
place;  
top(104):  
term(“Отчет В”);  
place;  
top(107):  
queue(“Очередь заказов”, prty, 102);  
place;  
fault (123);  
} modendC' pilgrim, rep”, 1, 8, page) ;  
return 0;}
```

#### **14.10. Разработка имитационной модели предприятия в “Microsoft Excel”**

Как было отмечено выше, имитационные модели могут разрабатываться с различными целями. Здесь рассмотрена модель предприятия, создаваемая с целью выполнения исследований при разработке автоматизированной информационной системы управления малым торговым предприятием, а также отладки отдельных элементов этой системы.

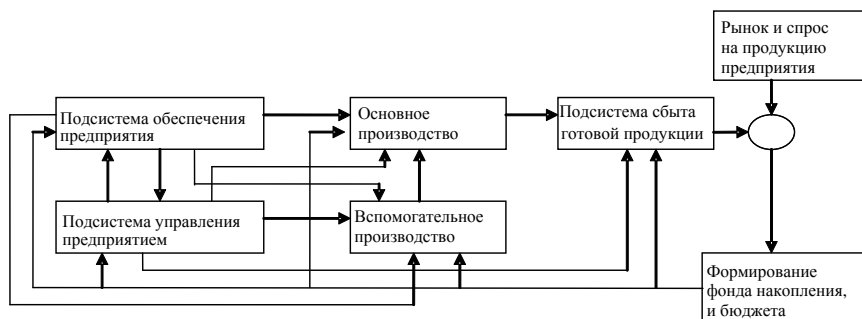
Разработать в “**Microsoft Excel**” имитационную модель малого торгового предприятия, специализирующегося на закупках товаров, формировании их нужной комплектации и продаже

этих комплектов. При моделировании предусмотреть решение следующих основных задач: формирование каталога товаров, возможных к реализации на данном предприятии; анализ рынка, формирование и прогнозирование функций спроса товаров; учет закупок предприятия; учет продаж предприятия; учет персонала и заработной платы; формирование бюджета предприятия (расходы, доходы, оптимизация распределения средств по статьям бюджета); анализ финансового состояния предприятия; планирование работы предприятия; формирование учетных, отчетных и аналитических документов. В ходе разработки модели: моделирование выполнить в реальном масштабе времени; объекты имитации — реальное время, процесс закупок товаров (например, комплектующих изделий), процесс формирования комплектов товаров; процесс продаж товаров.

### **Цели и задачи применения имитационной модели предприятия. Разработка блок-схемы предприятия**

Рассмотрим упрощенную блок-схему организационно-штатной структуры предприятия, приведенную на рис. 3.57.

Для условий задания элементами данной блок-схемы могут быть: основное производство — формирование комплектов товаров; вспомогательное производство — изготовление упаковки товаров; подсистема обеспечения — закупки и доставка товаров на предприятие; подсистема управления — администрация; подсистема сбыта — непосредственная продажа товаров.



**Рис. 3.57.** Упрощенная блок-схема организационно-штатной структуры предприятия

**Формирование реестров целей, задач процессов, мероприятий, работ и событий. Определение статистических характеристик параметров и величин, характеризующих цели, задачи процессы, мероприятия, работы и события, а также законы их распределения**

### **1. Цели системы (предприятия) и подсистем**

- получение максимальной прибыли от продаж готовой продукции и других финансовых операций;
- достижение максимально-возможных объемов производства продукции (по основному производству);
- достижение объемов производства продукции, обеспечивающих эффективную работу основного производства (по вспомогательному производству);
- достижение максимально-возможных объемов реализации готовой продукции.

### **2. Решаемые задачи (то, что необходимо сделать для достижения целей)**

Для достижения целей на предприятии должны решаться следующие основные задачи:

- организация основного производства;
- осуществление выпуска готовой продукции на основном производстве;
- организация вспомогательного производства;
- осуществление выпуска готовой продукции на вспомогательном производстве;
- организация и осуществление закупок материалов и комплектующих изделий;
- организация и осуществление продаж готовой продукции;
- организация и осуществление всех видов обеспечения всех видов деятельности предприятия;
- организация и осуществление управления.

### **3. Формирование перечня процессов, протекающих на предприятии**

- процесс закупок товаров (материалов, комплектующих изделий), определение статистических характеристик потоков закупок;

---

- процесс продаж товаров (материалов, комплектующих изделий), определение статистических характеристик потоков продаж;

- процесс формирования потоков материалов и комплектующих для производства одной единицы продукции (на основном и вспомогательном производстве);

- процесс производства товаров (продукции) на вспомогательном производстве;

- процесс производства товаров (продукции) на основном производстве;

- процесс комплектования и поставок закупленных товаров (материалов, комплектующих изделий) на основное производство;

- процесс комплектования и поставок закупленных товаров (материалов, комплектующих изделий) на вспомогательное производство;

- процесс обеспечения деятельности различных структур предприятия;

- процесс управления деятельностью различных структур предприятия

- процесс формирования прибыли и фонда накопления предприятия.

#### ***4. Определение перечня основных мероприятий, работ и событий***

- материалы и комплектующие изделия закуплены;
- наличие материалов и комплектующих изделий проверено;
- комплект готовой продукции сформирован;
- комплект продукции упакован;
- готовая продукция продана.

#### **Подготовка к алгоритмизации процессов на предприятии**

Подготовка к алгоритмизации процессов на предприятии включает в себя несколько этапов:

1. Привязка целей, задач процессов, мероприятий, работ и событий к реальному времени и пространству.

2. Выбор масштабов модельного времени. Формирование производственных, бюджетных и функций спроса.

3. Формирование макета исходных данных и пользовательского интерфейса имитационной модели.

**Макет** исходных данных включает следующие *основные элементы*:

1. Исходные данные по закупкам предприятия (материалов, изделий, комплектующих и др.) для обеспечения деятельности основного и вспомогательного производства, деятельности подсистем закупок и продаж продукции, подсистем обеспечения и управления.

2. Исходные данные по продажам готовой продукции.

3. Исходные данные по персоналу и заработной плате (прием на работу, увольнение с работы, заработная плата и ее начисление).

4. Исходные данные по технологическим и другим возможностям основного и вспомогательного производства.

5. Исходные данные по возможностям системы обеспечения производства и управления.

6. Исходные данные по возможностям системы управления производством и системой обеспечения.

7. Исходные данные по организации и осуществлению взаимодействия между подсистемами предприятия и внешними организациями и структурами.

8. Исходные данные по окружению.

### **Разработка алгоритма имитационной модели**

#### **Общий алгоритм имитационной модели**

Алгоритм имитационной модели включает следующие основные операции:

1. Организация цикла по номеру реализации.

2. Организация цикла по времени работы модели на интервале  $0-t_{\text{пр}}$  с шагом  $\Delta t$ .

3. Организация цикла по номеру задачи, решаемой на предприятии.

4. Организация цикла по номеру процесса, протекающего на предприятии.

---

5. Организация цикла по номеру агрегата (устройства), обеспечивающего данный процесс.

6. Организация цикла по номеру мероприятия (работы, функции), выполняемого агрегатом (устройством).

7. Организация цикла по номеру событий, завершающих мероприятия (работы, функции).

8. Обработка результатов моделирования в каждой реализации, формирование системы показателей в соответствии с макетом результатов.

### ***Алгоритм решения отдельных (процессов) задач***

1. ***Процесс закупок и формирование пакета*** комплектующих и материалов для производства единицы продукции.

В цикле данного процесса осуществляется выполнение следующих основных операций:

- организуется цикл по номенклатуре закупок материалов и комплектующих;
- вводятся данные по номенклатуре и объемам закупок материалов и комплектующих в данный момент времени;
- осуществляется статистическая обработка данных по номенклатуре и объемам закупок за период, определяются параметры потока закупок (эти параметры необходимы для расчета прогнозных показателей деятельности предприятия);
- определяется номенклатура и объем материалов и комплектующих в данный момент времени на складе;
- формируется пакет (транзакт) комплектующих и материалов для производства единицы продукции, определяются параметры этого потока транзактов. Для формирования пакета организуется цикл по материалам и комплектующим изделиям, необходимым для производства единицы продукции. Если все условия по их наличию на складе в данный момент времени выполняются, то формируется транзакт (аналогичные операции выполняются и для формирования пакетов для вспомогательного производства).

В ходе работы имитационной модели в реальном масштабе времени параметры потока транзактов, поступающих в основное и вспомогательное производство постоянно уточняются, так как в систему вводятся новые данные по номенклатуре и объемам материалов и комплектующих изделий. При формировании

транзактов данного процесса могут также учитываться и другие факторы, например возможности складского оборудования, возможности транспортных средств и др. При решении этих задач могут моделироваться события и величины.

## **2. Процесс производства продукции**

Продукция будет произведена при соблюдении следующих основных условий: наличие материалов и комплектующих изделий; оборудование производства находится в рабочем состоянии; персонал производства готов к решению поставленной задачи. Если эти условия выполняются, то процесс производства можно классифицировать как систему массового обслуживания с ожиданием. В качестве основного параметра, характеризующего возможности производства (одной технологической линии), является производительность — количество единиц продукции, произведенной в единицу времени.

При этом при организации обслуживания может быть реализован следующий **алгоритм**: в текущий момент времени осуществляется проверка условий занятости каналов, например технологических линий по производству продукции. Линия может быть “занята” для обслуживания, если в момент поступления транзакта осуществляется производство продукции, линия находится в нерабочем состоянии, персонал производства не готов к решению этой задачи. Если канал свободен, то принимаются материалы и комплектующие и начинается изготовление продукции. Моделируется время изготовления продукции. В течение этого времени канал занят. По истечении этого времени счетчик продукции фиксирует событие — единица продукции готова, и канал освобождается.

## **Программирование и отладка модели**

### **1. Формирование пользовательского интерфейса**

а) Общие настройки модели (системы) (рис. 3.58).

б) Учет закупок предприятия. Осуществляется путем формирования базы закупок на листе “Excel”. Ввод данных по закупкам производится из диалогового окна “Учет закупок предприятия”, которое вызывается путем нажатия соответствующей кнопки в меню “Учет” (рис. 3.59).

с) Учет продаж предприятия (рис. 3.60)



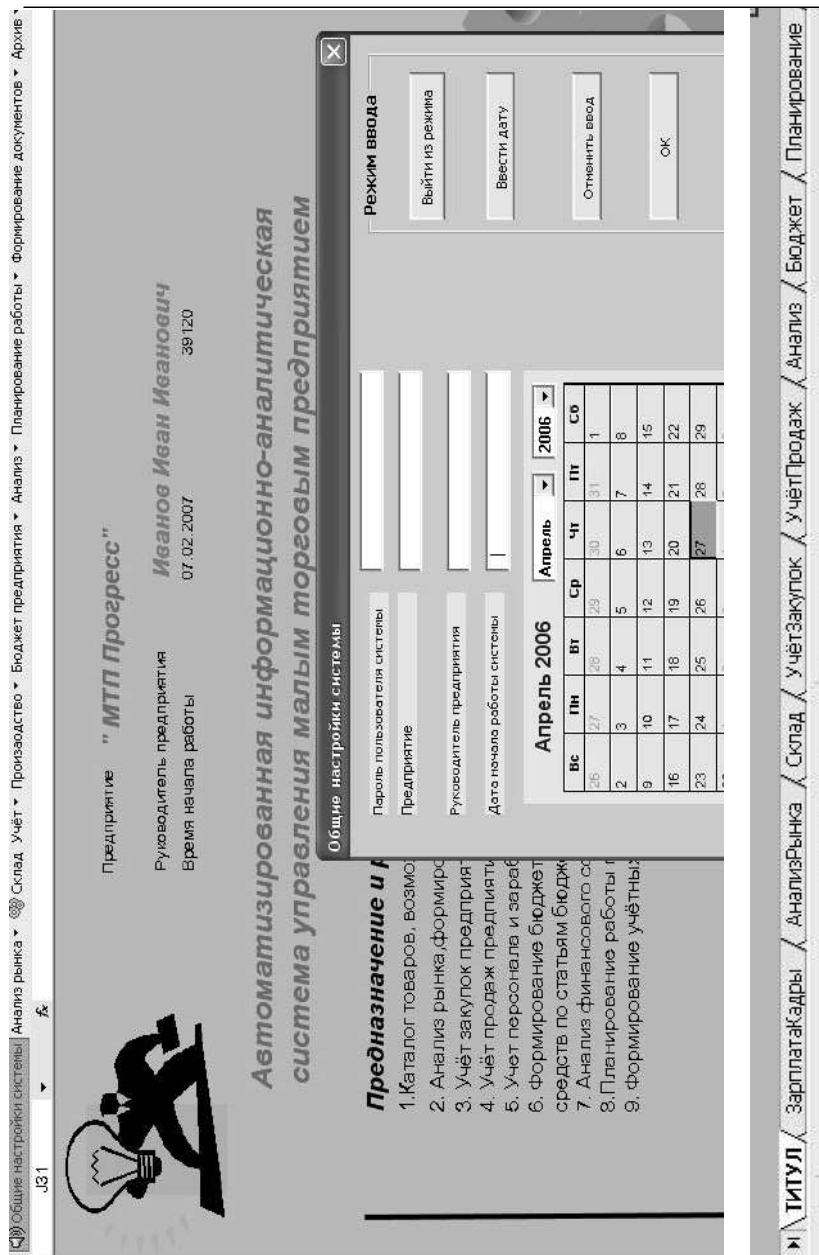
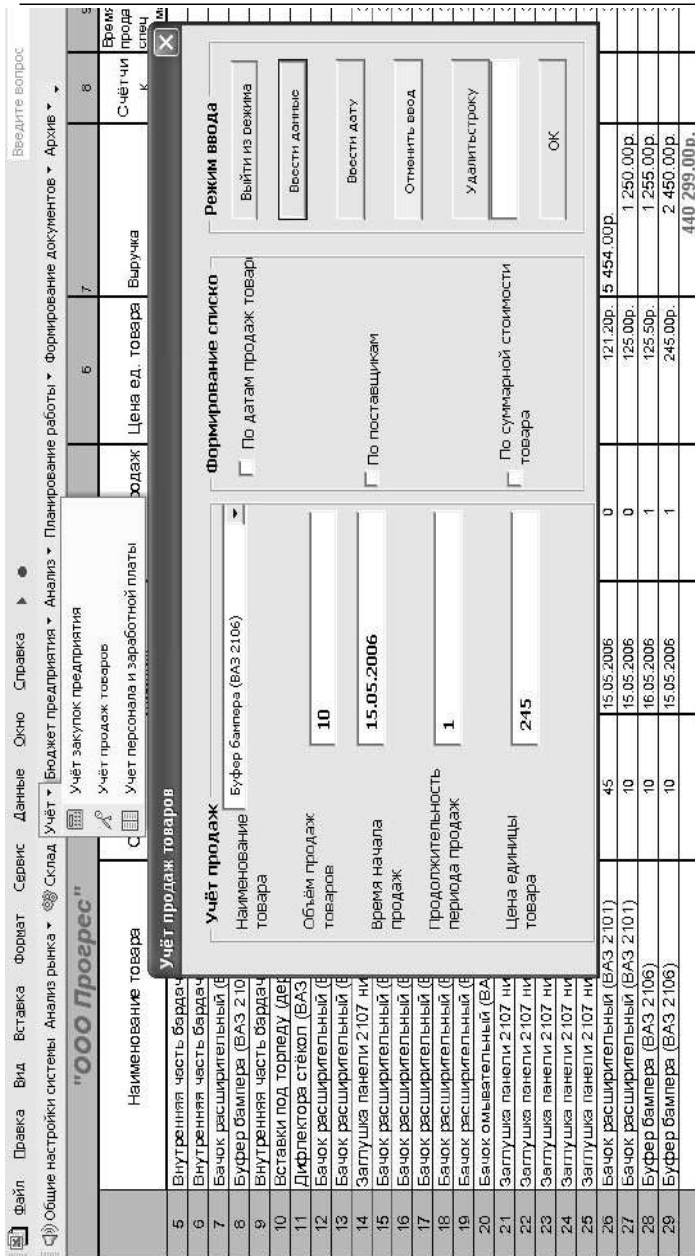


Рис. 3.58. Меню модели и общие ее настройки

[illegible]

**Рис. 3.59.** Диалоговое окно и таблица учета закупок товаров



**Рис. 3.60.** Диалоговое окно и таблица учета продаж товаров

д) Учет продаж предприятия. Осуществляется путем формирования базы продаж на листе “Excel”. Ввод данных по продажам производится из диалогового окна “Учет продаж предприятия”, которое вызывается путем нажатия соответствующей кнопки в меню “Учет”.

е) На листе “Анализ рынка” формируется каталог товаров, данные по количеству товаров на складе, по затратам на закупки и выручке от продаж начиная с момента начала функционирования системы. Формируются также данные по динамике закупок, продаж за период. Все данные вычисляются при осуществлении очередного учета (продажи) товара.

Вид таблицы (листа) приведен на рис. 3.61.

ф) Анализ товаров на складе. Для оценки и анализа интенсивности закупок и продаж товаров с определением параметров, характеризующих их законы распределения, формируется таблица “Склад”. Управление листом, на котором расположена эта таблица, осуществляется путем нажатия соответствующей кнопки в меню “Склад”. Вид таблицы (листа) приведен на рис. 3.62.

г) Формирование бюджета предприятия. Формирование бюджета предприятия осуществляется в такой последовательности:

1) накапливаются статистические данные, связывающие величину прибыли предприятия с вариантами распределения денежных средств по статьям бюджета (рис. 3.63);

2) формируется уравнение регрессии, устанавливающее зависимость прибыли от распределения денежных средств по статьям бюджета;

3) с использованием технологии “Поиск решения” осуществляется оптимизация распределения денежных средств по статьям бюджета.

Статьи бюджета предприятия (вариант) приведены на рис. 3.63. В качестве изменяемых ячеек при решении задачи оптимизации могут быть приняты ячейки в строках расходов предприятия, ограничения — ячейки в строках отчислений.

h) Анализ финансового состояния предприятия.

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка										Анализ рынка Бюджет предприятия Анализ Планирование работы Формирование документов									
Общие настройки системы Аналитический центр Склад Учёт Бюджет предприятия Анализ Планирование работы Формирование документов																			
A		B		C		D		E		F		G		H					
		Каталог товаров		Оценка спроса товаров		17.05.2006 16:54													
2 № п/п		Наименование товара		Количество ед. товара на складе (остаток)		Запасы на закупки (от начала периода)		Выручка от продаж (от начала периода)		Количество ед. проданного товара (период)		Затраты на закупки (период)		Выручка от продаж (период)					
4 2		Бачок расширительный (BAZ 2108)																	
5 3		Бачок расширительный (BAZ 2110)																	
6 4		Бачок омывательный (BAZ 2101)		125		13 875.00р.													
7 5		Бачок омывательный (BAZ 2105)		125		15 437.50р.													
8 6		Бачок омывательный (BAZ 2108)																	
9 7		Бачок омывательный (BAZ 21083)		25		12 500.00р.		15 000.00р.											
10 8		Буфер бампера (BAZ 2106)		274		69 052.48р.		120 405.00р.											
11 9		Внутренняя часть бардачка (BAZ 2105)		530		105 920.00р.		179 650.00р.											
12 10		Внутренняя часть бардачка (BAZ 2106)																	
13 11		Внутренняя часть бардачка (BAZ 2107)																	
14 12		Вставки под торпеду (дермантин)		1452		199 463.04р.		35 000.00р.											
15 13		Вставки под торпеду (ковралин)																	
16 14		Воздухозаборники капота (01-07), Вид 1																	
17 15		Воздухозаборники капота (01-07), Вид 2																	
18 16		Воздухозаборники капота (01-07), Вид 3																	
19 17		Воздухозаборники капота (BAZ 2101)		801		61 922.50р.		0.00р.											
20 18		Диффелтора стёкол (BAZ 2106)		605		64 300.00р.		10 000.00р.											
21 19		Диффелтора стёкол (BAZ 2105)		0		0.00р.		0.00р.											

**Рис. 3.61.** Лист Excel с таблицей “Анализ рынка”

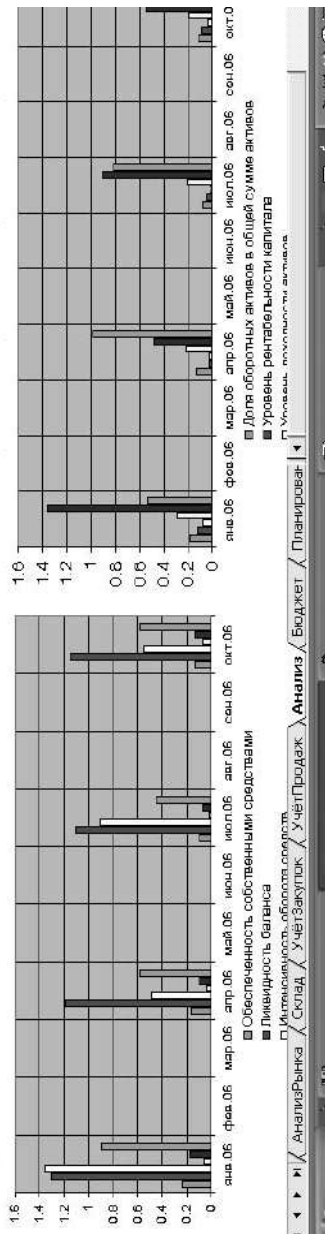




№ строки	Показатели	Результаты рейтинговой оценки финансового состояния					
		01.04.2006	т.с. руб.	01.07.2006	т.с. руб.	01.10.2006	т.с. руб.
1	Обеспеченность собственными оборотными средствами						
2	Ликвидность баланса (коэффициент покрытия)		1.155321549	0.097127023		0.131322926	0.2333164
3	Интенсивность оборота средств		1.183882458	1.07575513		1.15117577	1.3043191
4	Менеджмент		0.483706495	0.906726592		0.548651588	1.3509898
5	Прибыльность собственного капитала		0.030282441	0.016928846		0.081768803	0.0528068
6	Показатель рейтинговой оценки		0.096303609	0.066775055		0.132086791	0.1717412
			0.581708871	0.453246861		0.581549849	0.9012970

№ строки	Показатели	Оценка вероятности банкротства на основе модели Альтмана					
		01.04.2006	т.с. руб.	01.07.2006	т.с. руб.	01.10.2006	т.с. руб.
1	Доля оборотных активов в общей сумме активов		0.130791390	0.076920225		0.110177075	0.1752016
2	Уровень рентабельности капитала		0.29335681	0.047430712		0.080619356	0.1275805
3	Уровень доходности активов		0.027805048	0.017228464		0.035821786	0.0728669
4	Коэффициент соотношения собственных и оборотных активов		0.221890337	0.209737828		0.189520213	0.29552
5	Оборачиваемость активов		0.483706495	0.906726592		0.548651588	1.3509898
6	Значение Z1		1.148373816	1.704073783		1.300460992	2.8452788
7	Вероятность банкротства		0.98	0.811910969		0.98	0.5284697





Оценка финансового состояния предприятия осуществляется аналитическими методами. Показатели, полученные в результате имитационного моделирования процессов закупок, производства и продаж, используются для вычисления показателей, характеризующих финансовое состояние предприятия (рис. 3.64).

## **2. Программы, обеспечивающие решение отдельных задач моделирования**

Здесь приведены основные программы (макросы), имитирующие процесс закупок и процесс продаж.

Запуск макроса “Учет закупок” осуществляется нажатием кнопки “Ввести данные” (CommandButton3) в диалоговом окне формы “Учет закупок предприятия”.

### **а) Учет закупок предприятия.**

```
Private Sub CommandButton3_Click()
```

```
Dim k As Integer, ag As String, af As String, ss As Double
```

```
k = Лист3.Cells(3, 11)
```

```
Лист3.Cells(3 + k, 1) = Лист3.Cells(3, 11) + 1
```

```
Лист3.Cells(k + 3, 2) = ComboBox1
```

```
Лист3.Cells(k + 3, 3) = ComboBox2
```

```
Лист3.Cells(k + 3, 4) = Val(TextBox4.Text) 'Объем закупок
```

```
af = ComboBox1: os = Val(TextBox4.Text)
```

```
Лист3.Cells(k + 3, 5) = TextBox5 'Дата закупок
```

```
Лист3.Cells(k + 3, 7) = Val(TextBox6.Text) 'Стоимость единицы товара
```

```
Лист3.Cells(k + 3, 8) = Val(TextBox7.Text) 'Величина предоплаты
```

```
Лист3.Cells(k + 3, 6) = TextBox8 'Номер накладной
```

```
With Лист3.Cells(k + 3, 9).Font
```

```
.Name = “Arial Cyr”: .FontStyle = “обычный”
```

```
.Size = 12: .Strikethrough = False
```

```
.Superscript = False: .Subscript = False
```

```
.OutlineFont = False: .Shadow = False
```

```
.Underline = xlUnderlineStyleNone
```

```
.ColorIndex = 1
```

```
End With
```

```
nom = 0
```

---

```

For j = 3 To 300
ag = Лист2.Cells(j, 2)
If ag = af Then
nom = j
Else
End If
Next j
ss = 0
For i = 1 To k + 1
st = Лист3.Cells(i + 2, 4) * Лист3.Cells(i + 2, 7)
Лист3.Cells(i + 2, 9) = st
ss = ss + st
Next i
Лист3.Cells(3, 11) = k + 1
Лист3.Cells(k + 4, 9) = ss
With Лист3.Cells(k + 4, 9).Font
.Name = "Arial Cyr": .FontStyle = "полужирный"
.Size = 12: .Strikethrough = False
.Superscript = False: .Subscript = False
.OutlineFont = False: .Shadow = False
.Underline = xlUnderlineStyleNone
.ColorIndex = 3
End With
Otow = Лист2.Cells(nom, 3) + os
Oto10 = Лист10.Cells(nom, 3) + os
If Oto10 >= 5 Then
Лист2.Cells(nom, 3).Interior.ColorIndex = xlNone
Else
End If
Лист2.Cells(nom, 3) = Otow: Лист10.Cells(nom, 7) = Лист2.
Cells(nom, 3)
Лист10.Cells(nom, 3) = Oto10
Лист3.Cells(k + 3, 12) = Calendar1
Лист10.Cells(nom, 10) = Лист10.Cells(nom, 3) / ((Лист3.
Cells(k + 3, 12) - Лист1.Cells(6, 11)) + 1)
opr = Лист2.Cells(nom, 4)

```

---

```

opr10 = Лист2.Cells(nom, 4)
Лист2.Cells(nom, 4) = opr + Val(TextBox4.Text) *
Val(TextBox6.Text)
Лист10.Cells(nom, 4) = opr10 + Val(TextBox4.Text) *
Val(TextBox6.Text)
Лист10.Cells(nom, 8) = (Лист10.Cells(nom, 4) / Лист10.
Cells(nom, 3)) * Лист10.Cells(nom, 7)
End Sub
Private Sub TextBox9_Change() 'Номер удаляемой строи
End Sub

```

#### **б) Учет продаж предприятия**

Запуск макроса “Учет продаж” осуществляется нажатием кнопки “Ввести данные” (CommandButton3) в диалоговом окне формы “Учет продаж товаров”.

```

Private Sub CommandButton3_Click()
Dim k As Integer, ag As String, af As String
k = Лист8.Cells(3, 8)
Лист8.Cells(3 + k, 1) = Лист8.Cells(3, 8) + 1
Лист8.Cells(k + 3, 2) = ComboBox1 'наименование товара
Лист8.Cells(k + 3, 3) = Val(TextBox1.Text) 'Объем продаж
af = ComboBox1: opr = Val(TextBox1.Text)
Лист8.Cells(k + 3, 4) = TextBox3 'Дата начала продаж
Лист8.Cells(k + 3, 5) = Val(TextBox12.Text) 'Продолжи-
тельность периода продаж
Лист8.Cells(k + 3, 6) = Val(TextBox2.Text) 'Цена единицы
товара
With Лист8.Cells(k + 3, 7).Font
.Name = “Arial Cyr”: .FontStyle = “обычный”
.Size = 10: .Strikethrough = False
.Superscript = False
.Subscript = False
.OutlineFont = False
.Shadow = False
.Underline = xlUnderlineStyleNone
.ColorIndex = 1
End With

```

---

```

    nom = 0
    For j = 3 To 300
    ag = Лист2.Cells(j, 2)
    If ag = af Then
    nom = j
    Else
    End If
    Next j
    ss = 0
    For i = 1 To k + 1
    st = Лист8.Cells(i + 2, 3) * Лист8.Cells(i + 2, 6)
    Лист8.Cells(i + 2, 7) = st
    ss = ss + st
    Next i
    Лист8.Cells(k + 4, 7) = ss
    With Лист8.Cells(k + 4, 7).Font
    .Name = "Arial Cyr": .FontStyle = "полужирный"
    .Size = 10: .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = 3
    End With
    Лист8.Cells(3, 8) = k + 1
    oppp = Лист10.Cells(nom, 5) + opr
    Otow = Лист2.Cells(nom, 3) - opr
    If Otow < 0 Then
    MsgBox ("Отмените ввод. Объем продаж превышает на-
личие товара на складе")
    Else
    End If
    Лист2.Cells(nom, 3) = Otow: Лист10.Cells(nom, 7) = Лист2.
Cells(nom, 3)
    If Otow < 5 Then "Этот показатель определяется по ре-
зультатам анализа

```

---

```

MsgBox ("Произведите закупки товара. Наличие товара
на складе достигло критических значений")
With Лист2.Cells(nom, 3).Interior
.ColorIndex = 3
.Pattern = xlSolid
.PatternColorIndex = xlAutomatic
End With
Else
Лист2.Cells(nom, 3).Interior.ColorIndex = xlNone
Лист2.Cells(nom, 1).Interior.ColorIndex = 15
End If
Лист10.Cells(nom, 5) = опрр
выр = Лист2.Cells(nom, 5)
выр10 = Лист10.Cells(nom, 6)
Лист8.Cells(k + 3, 9) = Calendar1
Лист10.Cells(nom, 11) = Лист10.Cells(nom, 5) / ((Лист8.
Cells(k + 3, 9) - Лист1.Cells(6, 11)) + 1)
Лист2.Cells(nom, 5) = выр + Val(TextBox1.Text) *
Val(TextBox2.Text)
Лист10.Cells(nom, 6) = выр10 + Val(TextBox1.Text) *
Val(TextBox2.Text)
Лист10.Cells(nom, 9) = (Лист10.Cells(nom, 6) / Лист10.
Cells(nom, 5)) * Лист10.Cells(nom, 7)
End SubPrivate Sub CommandButton3_Click()
Dim k As Integer, ag As String, af As String
k = Лист8.Cells(3, 8)
Лист8.Cells(3 + k, 1) = Лист8.Cells(3, 8) + 1
Лист8.Cells(k + 3, 2) = ComboBox1 'наименование товара
Лист8.Cells(k + 3, 3) = Val(TextBox1.Text) 'Объем продаж
af = ComboBox1: opr = Val(TextBox1.Text)
Лист8.Cells(k + 3, 4) = TextBox3 'Дата начала продаж
Лист8.Cells(k + 3, 5) = Val(TextBox12.Text) 'Продолжи-
тельность периода продаж
Лист8.Cells(k + 3, 6) = Val(TextBox2.Text) 'Цена единицы
товара
With Лист8.Cells(k + 3, 7).Font

```

---

```
.Name = "Arial Cyr": .FontStyle = "обычный"  
.Size = 10: .Strikethrough = False  
.Superscript = False  
.Subscript = False  
.OutlineFont = False  
.Shadow = False  
.Underline = xlUnderlineStyleNone  
.ColorIndex = 1  
End With  
nom = 0  
For j = 3 To 300  
ag = Лист2.Cells(j, 2)  
If ag = af Then  
nom = j  
Else  
End If  
Next j  
ss = 0  
For i = 1 To k + 1  
st = Лист8.Cells(i + 2, 3) * Лист8.Cells(i + 2, 6)  
Лист8.Cells(i + 2, 7) = st  
ss = ss + st  
Next i  
Лист8.Cells(k + 4, 7) = ss  
With Лист8.Cells(k + 4, 7).Font  
.Name = "Arial Cyr": .FontStyle = "полужирный"  
.Size = 10: .Strikethrough = False  
.Superscript = False  
.Subscript = False  
.OutlineFont = False  
.Shadow = False  
.Underline = xlUnderlineStyleNone  
.ColorIndex = 3  
End With  
Лист8.Cells(3, 8) = k + 1  
опрр = Лист10.Cells(nom, 5) + опр
```

---

```

Otow = Лист2.Cells(nom, 3) - opr
If Otow < 0 Then
    MsgBox ("Отмените ввод. Объем продаж превышает на-
личие товара на складе")
Else
    End If
    Лист2.Cells(nom, 3) = Otow: Лист10.Cells(nom, 7) = Лист2.
Cells(nom, 3)
    If Otow < 5 Then 'Этот показатель определяется по ре-
зультатам анализа
        MsgBox ("Произведите закупки товара. Наличие товара
на складе достигло критических значений")
        With Лист2.Cells(nom, 3).Interior
            .ColorIndex = 3
            .Pattern = xlSolid
            .PatternColorIndex = xlAutomatic
        End With
    Else
        Лист2.Cells(nom, 3).Interior.ColorIndex = xlNone
        Лист2.Cells(nom, 1).Interior.ColorIndex = 15
    End If
    Лист10.Cells(nom, 5) = onpp
    вып = Лист2.Cells(nom, 5)
    вып10 = Лист10.Cells(nom, 6)
    Лист8.Cells(k + 3, 9) = Calendar1
    Лист10.Cells(nom, 11) = Лист10.Cells(nom, 5) / ((Лист8.
Cells(k + 3, 9) - Лист1.Cells(6, 11)) + 1)
    Лист2.Cells(nom, 5) = вып + Val(TextBox1.Text) *
Val(TextBox2.Text)
    Лист10.Cells(nom, 6) = вып10 + Val(TextBox1.Text) *
Val(TextBox2.Text)
    Лист10.Cells(nom, 9) = (Лист10.Cells(nom, 6) / Лист10.
Cells(nom, 5)) * Лист10.Cells(nom, 7)
End Sub

```

---

#### 14.11. Разработка имитационной модели на основе программного продукта “Microsoft Access”

Выше были рассмотрены варианты разработки имитационных моделей с применением различных подходов и языков программирования. Преимущества и недостатки этих подходов, не оценив условия моделирования, определить трудно. Выбор того или иного подхода определяется объектом моделирования и условиями. Например, если в модели используется огромный объем данных, сформированный в базах, то ее можно создать в “**Microsoft Access-VBA**”. Далее нами будет рассмотрен вариант исследовательской имитационной модели, предназначенной для определения показателей, характеризующих работу операциониста в банке, а также показателей деятельности района, который обслуживается данным банком. При этом для упрощения процесса разработки модели в качестве **объекта имитации** принять только учет реального потока платежей.

В “Microsoft Access-VBA” можно создавать самые сложные имитационные модели, реализованные не только в персональном, но и в сетевом исполнении.

Аналогично “Excel” в “Access” заблаговременно могут быть созданы функции, реализующие основные приемы и элементы имитационного моделирования.

**Пример.** Разработать в “Microsoft Access” программный продукт для учета, статистики и анализа платежей в банке. Учесть:

1) при учете платежей: районы платежей; плательщиков; потребную дату платежа, фактическую дату платежа; вид платежа; номер счета платежа; сумму платежа; пени;

2) при оценке статистики показателей платежей: количество платежей; величину платежа с учетом пени; общую сумму платежей; величины минимального, максимального и среднего платежа; интенсивность платежей; среднюю задолженность в платежах; среднее время задолженности в платежах; структуру платежей (удельный вес видов платежей и др.);

3) при анализе платежей: даты анализируемого периода (дату начала анализа, дату окончания анализа); динамику изме-



нения показателей платежей; основные показатели социально-экономического (финансово-экономического) состояния территории (района), на которой плательщики являются юридическими или физическими лицами (уровень платежеспособности, уровень потребительского спроса, индекс потребительских цен на территории, соотношение платежей юридических и физических лиц, уровень финансовой дисциплины плательщиков); показатели качества работы операциониста и банка в целом по приему и учету платежей (среднее время на прием и учет платежа, показатель загруженности операциониста по приему и учету платежей и др.).

Необходимо:

1) сформировать в **“Microsoft Access”** базу данных-“Платежи”;

2) разработать таблицы базы данных: таблицу для учета платежей; таблицу для учета статистики платежей; таблицу для учета результатов анализа; таблицы для формирования списка районов, видов платежей, размеров пени (поля таблиц сформировать в соответствии с п. 1–3 задания);

3) разработать запросы для формирования в формах полей со списками. Этими полями будут: поле с перечнем районов; поле с перечнем видов платежей; поле с перечнем величин пени;

4) разработать формы для работы с таблицами (Платежи\_т, Статистика\_т, Анализ\_т, Пенн\_т);

5) разработать программные коды для вычисления основных показателей;

6) разработать макросы для управления программой;

7) разработать меню программы.

**Порядок выполнения:**

### **1. Формирование базы данных**

- Открыть программу “Microsoft Access”.
- Выполнить операции “Файл”- “Создать”-“Новая база данных”

- Создать файл новой базы данных. Имя файла- “УЧЕТ”.

### **2. Разработка элементов базы данных “Учет”**

а) Разработка таблиц базы данных.

Открыть базу данных **“Учет”**. В диалоговом окне **“УЧЕТ: база данных”** выделить **“Таблицы”**, **“Создание в режиме конструктора”**.

В группе **“Имя поля”** ввести реквизиты платежа, а в группе **“Тип данных”** ввести тип данных для каждого поля. Сохранить таблицу под именем **“Платежи\_т”**.

Выполнить операции: **“УЧЕТ: база данных”**, выделить таблицу **“Платежи\_т”** и нажать кнопку **“Открыть”**. В открывшейся таблице проверить формирование полей. Вид и поля таблицы **“Платежи\_т”** в режиме конструктор таблиц показаны на рис. 3.65.

**Рис. 3.65.** Вид и поля таблицы **“Платежи\_т”** в режиме конструктор таблиц

Аналогичным образом сформировать таблицы Статистика\_т, Анализ\_т, Районы\_т, Вид\_платежа\_т и Пени\_т. Таблицы Районы\_т, Вид\_платежа\_т и Пени\_т используются для формирования полей со списком. Таблицы Статистика\_т и Анализ\_т — рабочие таблицы. Информация, приведенная в них, используется для формирования статистики платежей и вычисления показателей для решения задач анализа. Наименования полей приведены на рис. 3.66.

Статистика_т : таблица		
	Имя поля	Тип данных
?	Код	Счетчик
	Дата_начала_обработки	Дата/врем
	Дата_окончания_обработки	Дата/врем
	Количество_платежей	Числовой
	Общая_сумма_платежей	Денежный
	Максимальное_значение_платежей	Денежный
	Минимальное_значение_платежей	Денежный
	Среднее_значение_платежей	Денежный
	Интенсивность_платежей	Числовой
	Время_на_учёт_платежа	Числовой
	Время_задолженности_платежа	Числовой
	Средняя_величина_задолженности	Числовой
	Сумма_платежей_юрлиц	Денежный
	Сумма_платежей_физлиц	Денежный

Анализ_т : таблица		
	Имя поля	Тип данных
?	Код	Счетчик
	Дата_начала_анализа	Дата/врем
	Дата_окончания_анализа	Дата/врем
	Количество_платежей	Числовой
	Итоговая_сма_платежей	Денежный
	Величина_максимального_платежа	Денежный
	Величина_минимального_платежа	Денежный
	Интенсивность_платежей	Числовой
	Среднее_время_задолженности	Числовой
	Коммунальные_услуги	Числовой
	Аренда	Числовой
	Налоги	Числовой
	Электроэнергия	Числовой
	Газ	Числовой
	Вод	Текстовый
	Индекс_потребительских_цен	Текстовый
	Уровень_платёжеспособности	Текстовый
	Уровень_рентабельности	Числовой

Пени_т : таблица		
	Имя поля	Тип данных
?	Код	Счетчик
	Пени	Числовой

Районы_т : таблица		
	Имя поля	Тип данных
?	Код	Счетчик
	Районы	Текстовый

Вид_платежа_т : таблица		
	Имя поля	Тип данных
?	Код	Счетчик
	Вид_платежа	Текстовый

Рис. 3.66. Вид и поля таблиц “Статистика\_т”, “Анализ\_т”, “Пени\_т”, “Вид\_платежа\_т” и “Районы\_т” в режиме конструктора таблиц

### 3. Формирование запросов

В главном меню базы выделить кнопку “Запросы”— “Создание запроса в режиме мастера”— “Создать”. Далее следовать указаниям мастера. В качестве источника данных принимается:

- при создании запроса “Платежи\_т Запрос”— таблица “Платежи\_т”, все поля;
- при создании запроса “Вид\_платежа\_т Запрос”— таблица “Вид\_платежа\_т”, поле “Вид\_платежа”
- при создании запроса “Районы\_т Запрос”— таблица “Районы\_т”, поле “Районы”.
- при создании запроса “Пени\_т Запрос” — таблица “Пени\_т”, поле “Пени”.

Вид и содержание таблиц запросов “Вид\_платежа\_т Запрос”, “Районы\_т Запрос” и “Пени\_т Запрос” показаны на рис. 3.67.

Вид_платежа_т Запрос	Районы_т Запрос	Пени_т Запрос
Вид_платежа	Районы	Пени
Квартплата	Пригородный	1
Плата_за_телефон	Заводской	2
Плата_за_электроэнергию	Железнодорожный	3
Плата_за_аренду_зданий	Советский	4
Земельный_налог	Ленинский	5
Плата_за_обучение	Ногнский	6
Дорожный_налог	Щёлковский	7
Плата_за_дошкольные_учереждения	Северный	
Плата_за_воду	Южный	
Другие_платежи	Западный	
	Восточный	

**Рис. 3.67.** Вид и содержание таблиц запросов “Вид\_платежа\_т Запрос”, “Районы\_т Запрос” и “Пени\_т Запрос”

### 4. Разработка форм Платежи\_ф, Статистика\_т, Анализ\_т.

**Форма “Платежи\_ф”** предназначена для работы с таблицей “Платежи\_т” — ввода информации (реквизитов платежей) в эту

таблицу, а также вычисления и ввода некоторых промежуточных показателей платежей.

В ходе разработки формы выполняются следующие технологические операции.

В главном меню базы выделить кнопку “Формы” – “Создание формы в режиме конструктора” – “Создать”. В качестве источника данных принимается таблица “Платежи\_т”.

В рабочем поле формы “Платежи\_ф: форма” необходимо разработать:

- поля для ввода единичной информации путем ее набора с клавиатуры;
- поля для ввода информации из списка;
- командные кнопки управления вводом информации и вычислительным процессом;
- специальные объекты типа календаря.

Вид формы “Платежи\_ф: форма” в режиме конструктора показаны на рис. 3.68.

***Поле для ввода единичной информации путем ее набора с клавиатуры***

- на панели инструментов активизируется кнопка “Поле abj”;
- в нужном месте рабочего поля формы “Платежи\_ф: форма” устанавливается поле и его размеры;
- щелчком правой кнопки мыши осуществляется активизация поля, например, Плательщик, в всплывающем меню нажимается кнопка “Свойства” и в диалоговом окне “Поле: Плательщик” устанавливается формат поля и поле “Плательщик” — таблицы, с которой устанавливается связь данного поля формы.

Порядок выполнения основных операций по формированию полей приведен на рис. 3.69.

- при необходимости для установления связи данного поля с полями таблиц, форм или запросов может быть использован построитель выражений, который активизируется при нажатии кнопки с тремя точками, находящейся в строке “Данные” (рис. 3.70);
- аналогичным образом устанавливаются и все остальные поля.

[illegible]

**Рис. 3.68.** Вид формы “Платежи\_ф: форма” в режиме конструктора

**Примечание.** Для уменьшения количества ошибок в ходе конструирования формы целесообразно сформировать ее в режиме мастера формы или же автоформы. Затем перейти в режим конструктора формы и уточнить варианты, сформированный в режиме мастера формы (автоформы).

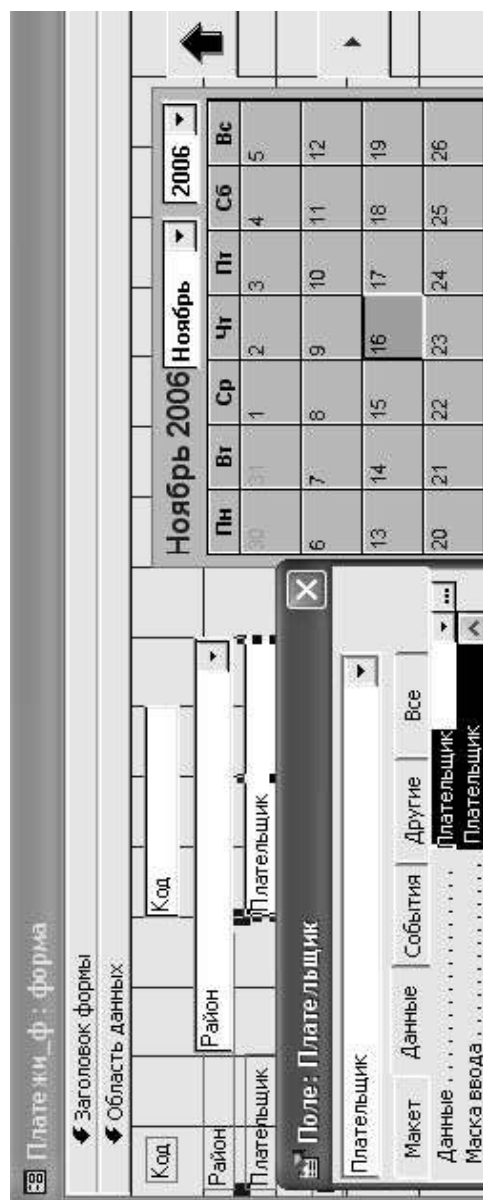


Рис. 3.69. Формирование полей Платежи\_ф





**Поле для ввода информации из списка** устанавливается в следующем порядке:

- на панели инструментов выделяется кнопка “Поле со списком”;
- “Поле со списком” устанавливается в рабочем поле формы “Платежи\_ф”;
- щелчком правой кнопки мыши осуществляется активизация поля, например, Районы, в всплывающем меню нажимается кнопка “Свойства” и в диалоговом окне “Поле со списком: ПолеСоСписком59” в разделе “Данные” устанавливаются данные — “Район”, Источник строк — Районы\_т Запрос. В разделе “Макет” следует установить формат поля — “Основной”. При выполнении этих операций поле со списком “Районы” формы “Платежи\_ф” будет подключено к полю Районы таблицы “Платежи\_т”.

Поля для ввода данных о видах платежей и размерах пени устанавливаются аналогичным образом. При этом в диалоговом окне “Поле со списком: ПолеСоСписком №...” устанавливается: в разделе данные — “Вид\_платежа”(“Пени”), а в разделе “Источники строк” — “Вид\_платежа\_т Запрос”(“Пени\_т Запрос”). Порядок работы при формировании полей со списком, в режиме конструктора показан на рис. 3.71.

### **Командные кнопки управления вводом информации и вычислительным процессом.**

Кнопки “Первая запись”, “Следующая запись”, “Последняя запись” и “Закрыть форму” создаются с помощью мастера, который автоматически включается при установке кнопки с панели инструментов. При этом в поле кода VBA автоматически формируется программный код, обеспечивающий работу этих кнопок в выбранном режиме.

Кнопки “Ввести текущее время” и “Рассчитать итоги” обеспечивают запуск программ, помещенных в поле кода, соответствующей формы.

Кнопки “Статистика”, “Анализ” и “Выйти из режима” осуществляют запуск макросов, реализующих эти команды. Связь кнопки с макросом осуществляется следующим образом. Осуществляется активизация кнопки, выполняется вызов диало-

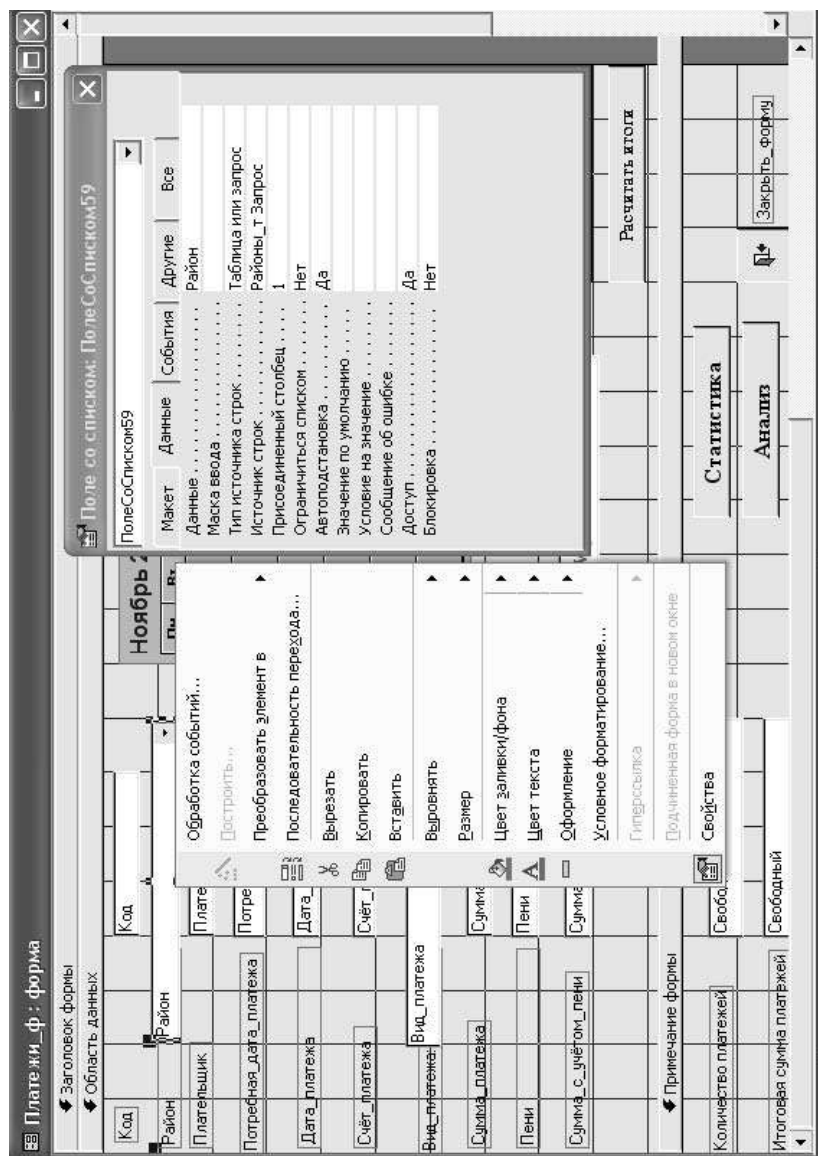


Рис. 3.71. Формирование полей со списком

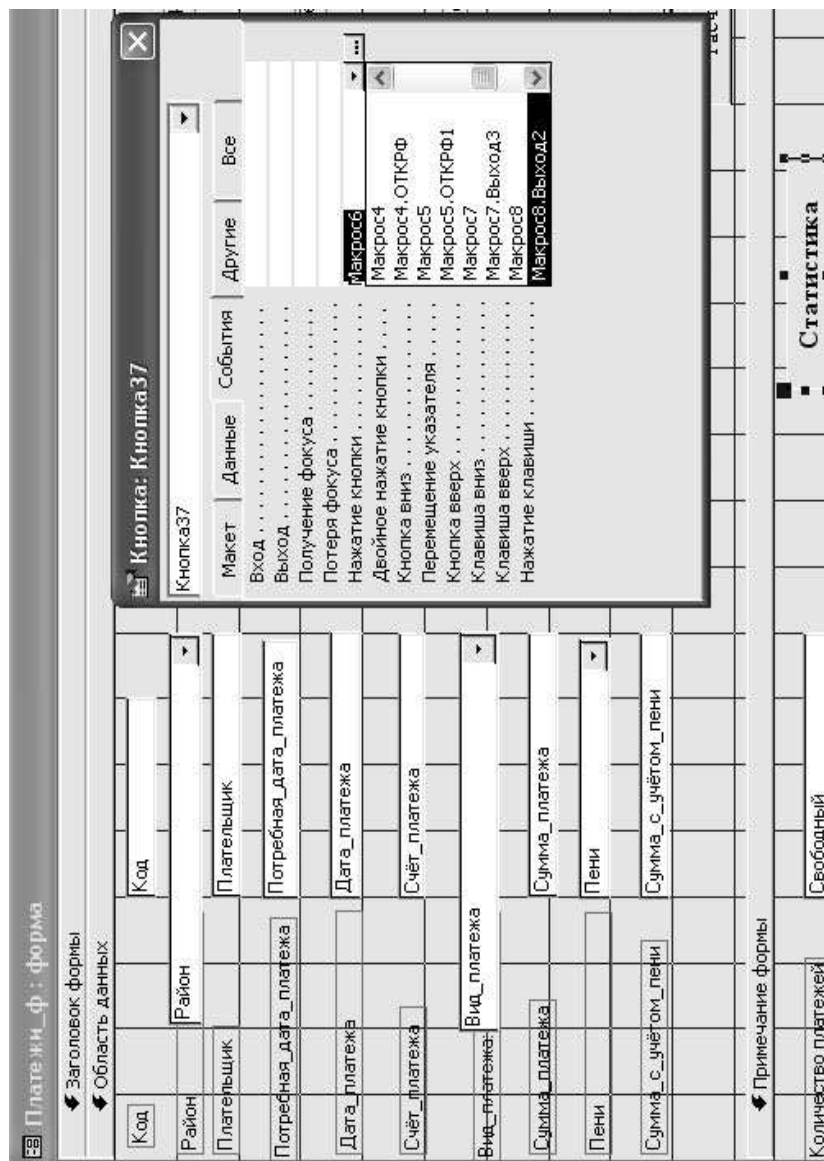



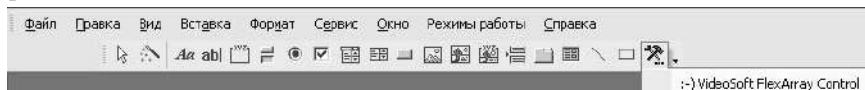
Рис. 3.72. Подключение кнопки к макросу, реализующему выполнение команды

гового окна, где устанавливаются свойства кнопки. В разделе “Макет” вводится наименование кнопки (в данном случае “Статистика”), а в разделе “События” (строка по желанию) устанавливается номер макроса, реализующего данную команду. Порядок подключения кнопки к макросу поясняется на рис. 3.72.

### **Специальные объекты типа календаря**

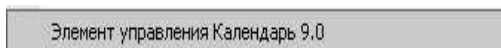
Выполнить следующие операции:

- нажать кнопку  (Другие элементы) панели инструментов (рис. 3.73);



**Рис. 3.73.** Панель инструментов с активным элементом

- в появившемся поле отыскать элемент управления “Календарь 9.0” и активизировать этот элемент (рис. 3.74);



**Рис. 3.74.** Элемент управления “Календарь 9.0”

- в рабочем поле формы, например «Патежи\_ф: форма» в выбранном месте установить календарь, активизировав который, установить необходимые размеры и необходимые свойства;
- подключить элемент управления «Календарь 9.0» к полю дат на поле формы, например «Патежи\_ф: форма». Для этого одним щелчком правой кнопки мыши вызвать меню свойств, активизировать «Свойство». В появившемся диалоговом окне «Элемент\_ActiveX:Calendar4 в разделе «Данные» и строке «Данные» установить «Потребная\_дата\_платежа». Закрыть диалоговое окно. Элемент подключен к необходимому полю (рис. 3.75).

В формах “Анализ\_т” и “Статистика\_т” календарь подключается аналогичным образом. Управление вводом даты осуществляется с помощью специальных программ, разработанных в поле кода формы.

а) **Форма “Платежи\_ф”** (рис. 3.76) обеспечивает работу с таблицей “Платежи\_т”. С помощью элементов формы вводятся реквизиты платежа. В результате формируется база платежей (заполняется таблица “Платежи\_т”).

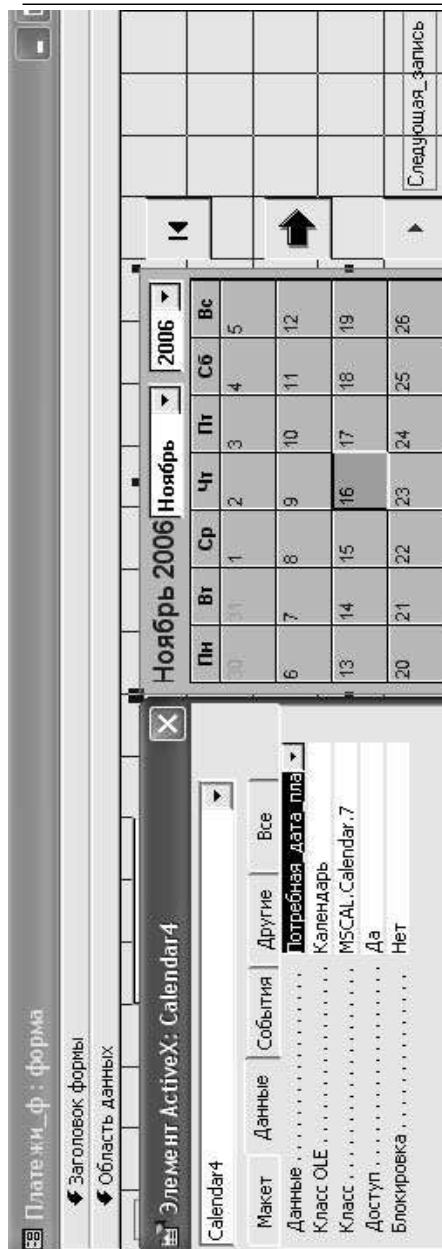


Рис. 3.75. Подключение объекта типа “календарь” к полю “Дата....” формы



Статистика_ф		Код		1	
Дата начала обработки		28.10.2006			
Дата окончания обработки		28.10.2006			
Количество платежей		8			
Общая сумма платежей		3 356 585.50р.			
Максимальное значение платежей		898 790.00р.			
Минимальное значение платежей		125 660.00р.			
Среднее значение платежей		419 573.19р.			
Интенсивность платежей		2			
Время на учёт платежей		0			
Величина задолженности		0			

ноябрь 2006							ноябрь	2006
Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс		
30	31	1	2	3	4	5		
6	7	8	9	10	11	12		
13	14	15	16	17	18	19		
20	21	22	23	24	25	26		
27	28	29	30	1	2	3		
4	5	6	7	8	9	10		

На первую запись	На последующую запись	На последнюю запись
------------------	-----------------------	---------------------

Обработать статистику	Кнопка43	Анализ
Ввести данные		Статистика
		Выйти из режима

Запись: 1 из 4

**Рис. 3.77.** Вид формы “Статистика\_ф”

б) Форма “Статистика\_ф” (рис. 3.77) обеспечивает работу с таблицей “Статистика\_т”. С помощью элементов формы вводятся и рассчитываются показатели платежей для выбранных интервалов времени (дат). В результате формируется база статистических данных о показателях платежей (заполняется таблица “Статистика\_т”). Рассчитываются<sup>1</sup>:

- в рабочем поле формы, например “Платежи\_ф: форма” в выбранном месте установить календарь, активизировав который установить необходимые размеры и необходимые свойства;

- подключить элемент управления “Календарь 9.0” к полю дат на поле формы, например “Платежи\_ф: форма”. Для этого одним щелчком правой кнопки мыши вызвать меню свойств, активизировать “Свойство”. В появившемся диалоговом окне “Элемент\_ActiveX:Calendar4” в разделе “Данные” и строке “Данные” установить “Потребная\_дата\_платежа”. Закрыть диалоговое окно. Элемент подключен к необходимому полю (рис. 3.75).

- количество платежей;
- общая сумма платежей;
- максимальное значение платежей;
- минимальное значение платежей;
- среднее значение платежей;
- время на учет платежа;
- интенсивность платежей;
- величина задолженности в платежах.

в) Форма “Анализ\_ф” (рис. 3.78) обеспечивает работу с таблицей “Анализ\_т”. С помощью элементов формы вводятся и рассчитываются показатели анализа платежей для выбранных интервалов времени (дат). В результате формируется база данных анализа показателей платежей (заполняется таблица “Анализ\_т”). Рассчитываются:

- показатели динамики платежей;
- показатели структуры платежей;
- показатели, характеризующие состояние финансовой дисциплины плательщиков;

---

<sup>1</sup> При необходимости могут быть рассчитаны и учтены и другие показатели.



[illegible]

• социально-экономические и финансовые показатели района (территории), где проживают плательщики;

Ввод формул в программу осуществляется с помощью построителя выражений либо посредством подпрограмм, разработанных в VBA (так, как это сделано в программе Private Sub Кнопка14\_Click(), см. ниже).

### **5. Разработка программ для решения различных задач учета, статистики, и анализа**

Разработка осуществляется в такой последовательности (рассматривается для формы “Платежи\_ф”):

- вызвать форму “Платежи\_ф:форма” и перейти в режим “Конструктор”;

- щелчком правой кнопки мыши в поле формы вызвать меню, в поле которого нажать кнопку “Обработка событий”;

- в появившемся диалоговом окне “Построитель” выделить “Программы” (рис. 3.79);

- после нажатия кнопки “ОК” активизируется “Visual Basic”, и в его проекте будет сформирована форма Form\_Платежи\_ф (рис. 3.80).

#### ***Программа ввода текущего времени.***

```
Private Sub Кнопка68_Click()
```

```
УЧЕТ.Форм_Платежи_ф.Поле40 = Now()
```

```
End Sub
```

При нажатии кнопки “Ввести текущее время” время вводится в Поле 40 (“Дата\_платежа” формы “Платежи\_ф”, а в последующем в поле “Дата\_платежа” таблицы “Платежи\_т”).

#### ***Программа для расчета показателей платежей.***

```
Private Sub Кнопка14_Click()
```

```
Dim a As Double, b As Double, c As Single, s As Single, t As Single
```

```
a = УЧЕТ.Форм_Платежи_ф.Сумма_платежа.Value
```

```
b = УЧЕТ.Форм_Платежи_ф.Пени.Value
```

```
c = a + a * b / 100
```

```
УЧЕТ.Форм_Платежи_ф.Сумма_с_учетом_пени.Value = c
```

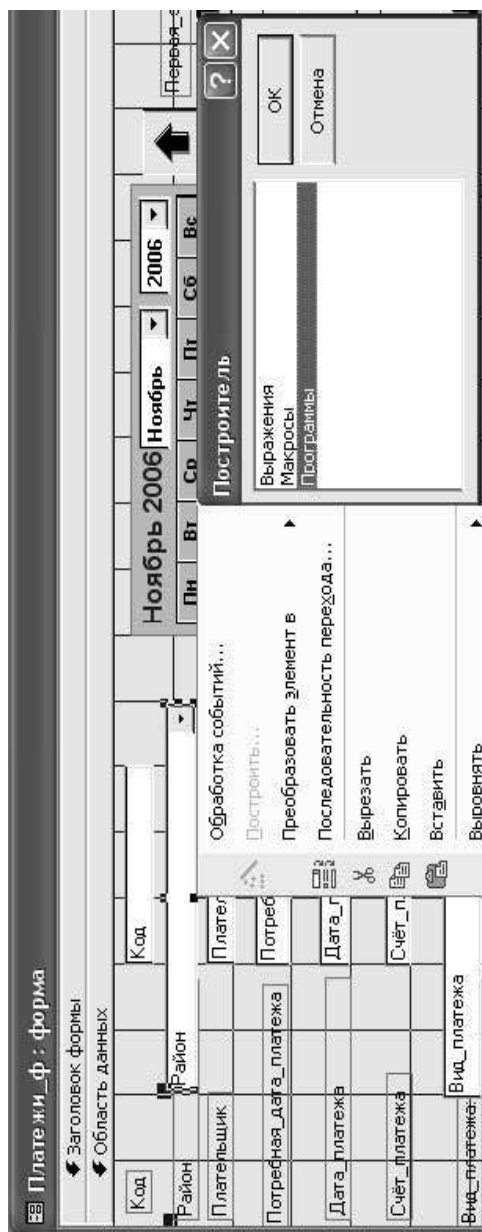
```
n = DCount(“Код”, “Платежи_т”)
```

```
Поле20 = n
```

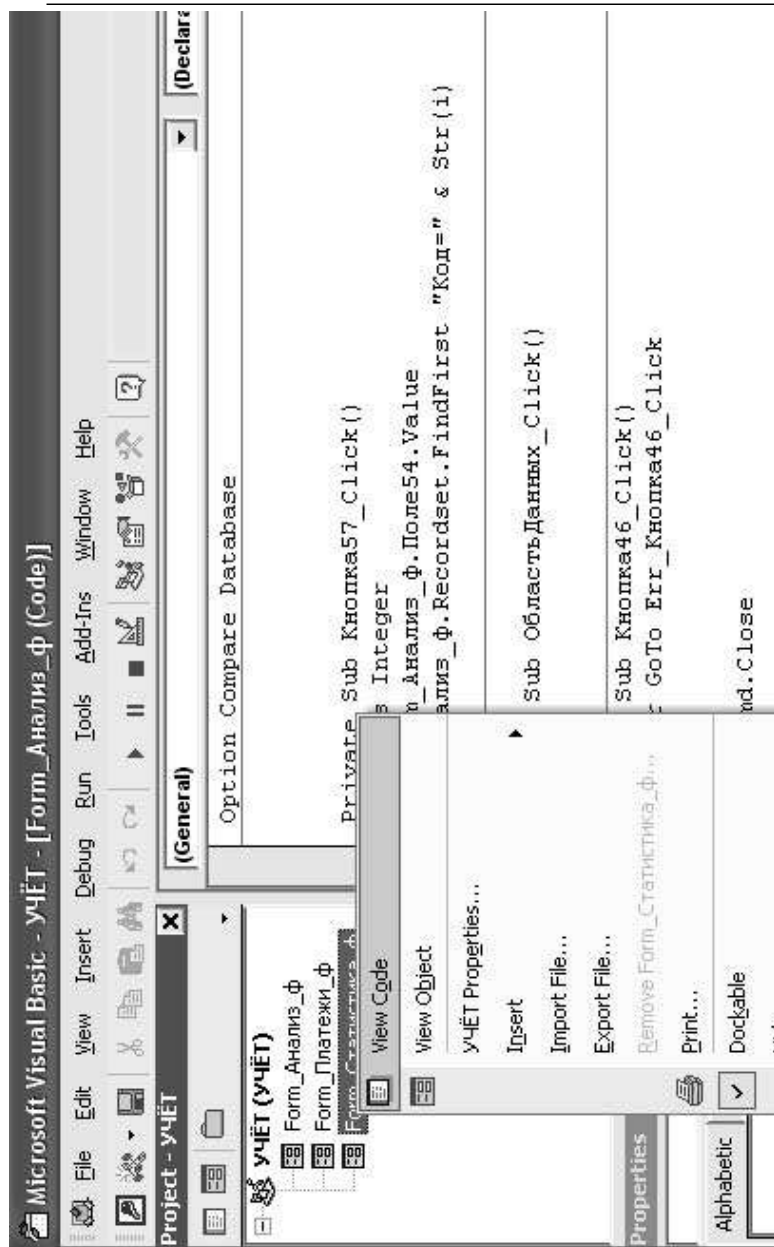
```
s = DSum(“Сумма_с_учетом_пени”, “Платежи_т”)Поле22 = s
```

```
УЧЕТ.Форм_Платежи_ф.Recordset.FindFirst “Код=” & Str(i)
```

```
End Sub
```



**Рис. 3.79.** Активизация рабочего поля формы для разработки программного кода



**Рис. 3.80.** Разработка программ в рабочем поле кода

---

Программа вычисляет показатели платежей при нажатии на кнопку “Рассчитать итоги”. Результаты расчетов передаются в соответствующие поля поля форм и таблиц.

*Программа перевода счетчика на очередную запись*

```
Private Sub Кнопка69_Click()  
On Error GoTo Err_Кнопка69_Click  
DoCmd.GoToRecord , , acNext  
Exit_Кнопка69_Click:  
Exit Sub  
Err_Кнопка69_Click:  
MsgBox Err.Description  
Resume Exit_Кнопка69_Click  
End Sub
```

*Программа перевода счетчика на первую запись*

```
Private Sub Кнопка73_Click()  
On Error GoTo Err_Кнопка73_Click  
DoCmd.GoToRecord , , acFirst  
Exit_Кнопка73_Click:  
Exit Sub  
Err_Кнопка73_Click:  
MsgBox Err.Description  
Resume Exit_Кнопка73_Click  
End Sub
```

*Программа перевода счетчика на последнюю запись*

```
Private Sub Кнопка71_Click()  
On Error GoTo Err_Кнопка71_Click  
DoCmd.GoToRecord , , acLast  
Exit_Кнопка71_Click:  
Exit Sub  
Err_Кнопка71_Click:  
MsgBox Err.Description  
Resume Exit_Кнопка71_Click  
End Sub
```

*Программа установки счетчика на запись с выбранным номером*

```
Private Sub Кнопка82_Click()  
Dim i As Integer  
i = УЧЕТ.Form_Платежи_ф.Поле80.Value
```

```
УЧЕТ.Форм_Платежи_ф.Recordset.FindFirst "Код=" & Str(i)
End Sub
```

*Программа управления датами в форме "Статистика"*

```
Private Sub Дата_начала_обработки_Click()
Calendar2.Visible = True
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Дата_начала_обработки.Text =
Calendar2.Value
End Sub

Private Sub Дата_окончания_обработки_Click()
Calendar2.Visible = True
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Дата_окончания_обработки.
Text = Calendar2.Value
Calendar2.Visible = False
End Sub
```

*Программа для вычисления основных показателей формы "Статистика".*

```
Private Sub Кнопка30_Click()
Dim a As Double, b As Double, c As Single, s As Single, t As Double
Dim ИнтП As Double
n = DCount("Код", "Платежи_т")
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Количество_платежей.Value = n
s = DSum("Сумма_с_учетом_пени", "Платежи_т")
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Общая_сумма_платежей.Value = s
Мин = DMin("Сумма_с_учетом_пени", "Платежи_т")
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Минимальное_значение_плате-
жей.Value = Мин
Макс = DMax("Сумма_с_учетом_пени", "Платежи_т")
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Максимальное_значение_плате-
жей.Value = Макс
Сред = s / n
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Среднее_значение_платежей.
Value = Сред    t = 5
ИнтП = n / t
УЧЕТ.Форм_Статистика_ф.Интенсивность_платежей.Value =
ИнтП
End Sub
```

*Программа для вычисления показателей формы "Анализ\_т"*

```
Private Sub Кнопка58_Click() 'Расчет показателей
```

```

Dim tha As Double, toa As Double, tek As Double
Dim K As String, n As Integer, m As Integer
n = DCount("Код", "Платежи_т") 'Определение количества
записей
tha = Form_Анализ_ф.Дата_начала_анализа.Value
toa = Form_Анализ_ф.Дата_окончания__анализа.Value
m = 0: s = 0      For i = 1 To n
УЧЕТ.Form_Платежи_ф.Recordset.FindFirst "Код=" & Str(i)
tek = УЧЕТ.Form_Платежи_ф.Поле40.Value
If tha < tek And tek < toa Then 'Даты включительно
m = m + 1
УЧЕТ.Form_Анализ_ф.Количество__платежей.Value = m
ds = УЧЕТ.Form_Платежи_ф.Сумма_с_учетом_пени.Value
s = s + ds
УЧЕТ.Form_Анализ_ф.Итоговая_смма_платежей.Value = s
End If      Next i      End Sub

```

### 6. Разработка меню программы

Реализация технологий программы осуществляется из главного меню программы, а также диалогового окна "УЧЕТ: база данных (Access 2002). Однако для повышения удобства работы с программой разрабатывается дополнительное меню (рис. 3.81).

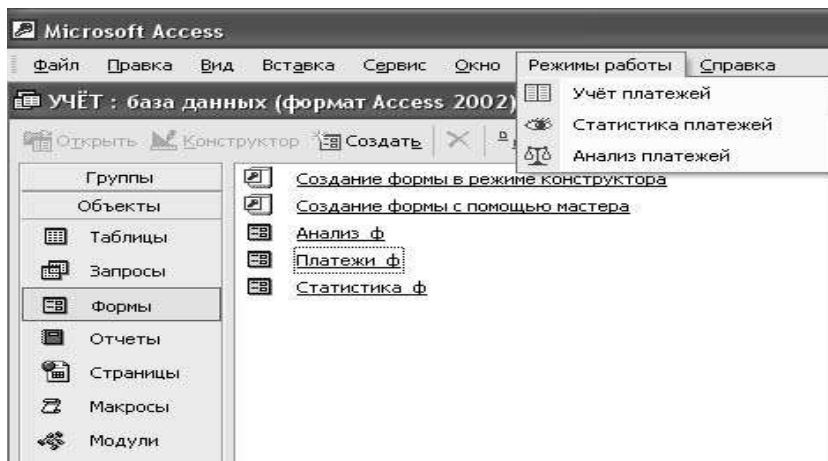


Рис. 3.81. Дополнительное меню программы ("Режимы работы")

### 7. Работа с программой "Учет".

Работа с программой “Учет” включает следующие основные операции: ввод данных о платежах; формирование статистики платежей; формирование запросов; работа с системой фильтров; работа с инструментами анализа платежей и оценки финансово-экономических показателей; формирование отчетов.

### *1. Ввод данных о реквизитах платежей.*

При вводе данных выполняются следующие основные операции:

- в главном меню базы нажимается кнопка “Формы”, выделяется “Платежи\_ф” и “Открыть”. Активизируется диалоговое окно формы “Платежи\_ф”;
- последовательно вводятся реквизиты всех платежей, количество и содержание которых принять своим решением.

### *2. Ввод данных для формирования статистики платежей.*

При вводе данных выполняются следующие основные операции:

- в главном меню базы нажимается кнопка “Формы”, выделяется “Статистика\_ф” и “Открыть”. Активизируется диалоговое окно формы “Статистика\_ф”;
- вводятся даты начала и окончания периода времени, для которого будет сформирована запись статистических данных в табл. “Статистика\_т”;
- нажимается кнопка “Обработать статистику”. В результате будут вычислены статистические показатели, приведенные в поле формы. Значения этих показателей будут автоматически записаны в очередную строку (очередная запись) таблицы “Статистика\_т”.

### *3. Ввод данных для формирования результатов анализа платежей и социально-экономических показателей деятельности района (территории).*

При вводе данных выполняются следующие основные операции:

- в главном меню базы нажимается кнопка “Формы”, выделяется “Анализ\_ф” и “Открыть”. Активизируется диалоговое окно формы “Анализ\_ф”;
- вводятся даты начала и окончания периода времени, для которого будет сформирована запись данных анализа в таблицу “Анализ\_т”;
- нажимается кнопка “Рассчитать показатели”. В результате будут вычислены показатели, приведенные в поле формы.



Значения этих показателей будут автоматически записаны в очередную строку (очередная запись) таблицы “Анализ\_т”.

#### 4. Формирование запросов.

При формировании запросов выполняются следующие основные операции:

- в главном меню базы нажимается кнопки “Запросы” — “Создание запроса с помощью мастера” — “Создать”;
- активизируется диалоговое окно мастера, после чего выполняются все операции согласно указаниям мастера.

При формировании запроса на выборку выполняются следующие основные операции:

- активизируется источник запроса (таблица, запрос или же таблица и запрос, для условий примера — таблица “Платежи\_т”);
- в меню выделяются операции “Записи” — “Фильтр” — “Расширенный фильтр” (рис. 3.82);
- в появившемся диалоговом окне “Платежи\_т Запрс Фильтр1” устанавливается имя поля, по данным которого будет осуществлен отбор, условие сортировки и условия отбора;
- для ввода условий отбора необходимо щелчком правой кнопки мыши в строке “Условие отбора” вызвать через “Построить...”, “Построитель выражений” (рис. 3.83);
- с помощью построителя выражений ввести условия отбора, нажать на кнопку “ОК”;
- после нажатия на кнопку “Применить фильтр” будет сформирована таблица результатов запроса на выборку (рис. 3.84).

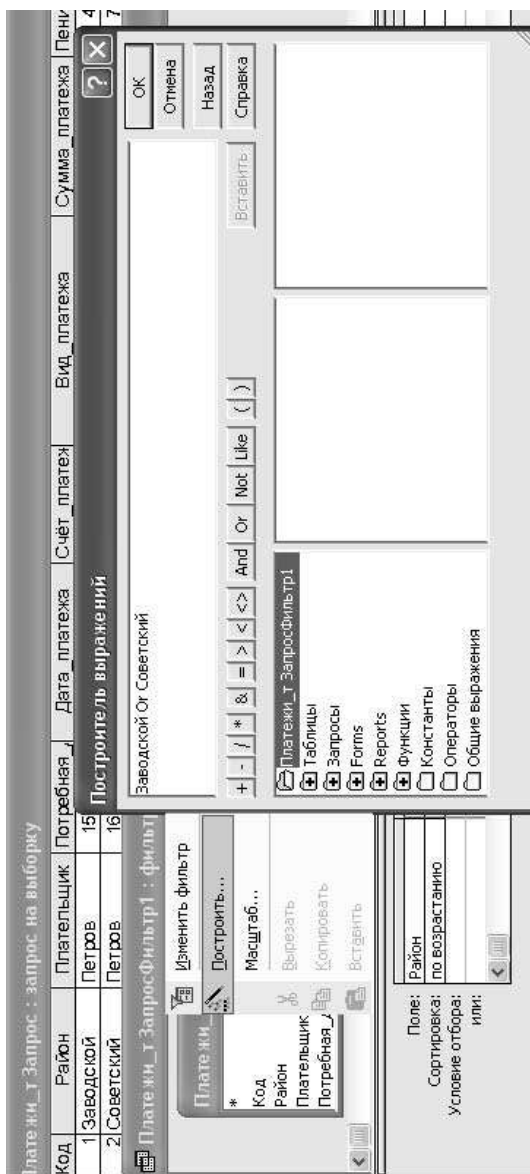
#### 5. Формирование отчетов.

При формировании запросов выполняются следующие основные операции:

- в главном меню базы нажимается кнопки “Отчеты” — “Создание отчета с помощью мастера” — “Создать”;
- активизируется диалоговое окно мастера, после чего выполняются все операции согласно указаниям мастера;
- после формирования отчета с помощью мастера целесообразно перейти в режим конструктора и уточнить форму и содержание отчета.

Форма отчета для одного из вариантов запроса приведена на рис. 3.85.

**Рис. 3.82.** Формирование запроса на выборку



**Рис. 3.83.** Ввод данных на формирование запроса

Microsoft Access									
Ид	Давка	Вид	Вставка	Формат	Записи	Сервис	Опн	Режимы работы	Справка
Платежи_г Запрос : запрос на выборку									
Код	Район	Платеппышж	Потребная_	Дата_платежа	Счет_платеж	Вид_платежа	Сумма_платежа	Пени	Сумма_с_учетом_пени
3	Заводской	Созинов	08.11.2006	22.11.2006	17:41:04	45/78	Плата за обучение	1	453 559.81
1	Заводской	Петров	15.11.2006	21.11.2006	23:06:39	3368.988558	Плата за аренду зданий	4	346 353.28
2	Советский	Петров	16.11.2006	20.11.2006	19:53:05	5956.86355	Плата за обучение	7	125 660.00
Точка)							0.000р	0	0.00

**Рис. 3.84.** Результаты запроса на выборку

## **Справка о платежах плательщика ПЕТРОВА**

**Код**

<b>Район</b>	Заводской	
<b>Плательщик</b>	Петров	
<b>Потребная_дата_платежа</b>		15.11.2006
<b>Дата_платежа</b>	21.11.2006 23:06:39	
<b>Счёт_платежа</b>	3568/98568	
<b>Вид_платежа</b>		Плата_за аренду_зданий
<b>Сумма_платежа</b>	333 032.00р.	
<b>Пени</b>	4	
<b>Сумма_с_учётом_пени</b>		

**Код**

<b>Район</b>	Советский	
<b>Плательщик</b>	Петров	
<b>Потребная_дата_платежа</b>		16.11.2006
<b>Дата_платежа</b>	20.11.2006 19:53:05	
<b>Счёт_платежа</b>	5656/9856	
<b>Вид_платежа</b>	Плата_за обучение	
<b>Сумма_платежа1</b>	25 660.00р.	

**Пени**

**Сумма\_с\_учётом\_пени**  
26 ноября 2006 г.

**Рис. 3.85.** Пример отчета на запрос

## **14.12. Разработка имитационной модели управления бизнес-процессом на основе “Microsoft Project”**

### **14.12.1. Формирование планов бизнес-процесса**

Оценивая возможности применения “Microsoft Project” для решения задач имитационного моделирования, важно отметить, что это исключительно универсальное средство, которое можно применить для этой цели и особенно для моделирования экономических процессов. С помощью “Microsoft Project” очень легко следить за процессом и в его ходе инициализировать любое

интересующее нас действие, подключив к работе необходимый блок для оценки дальнейшего поведения системы. Основными объектами имитации в “Microsoft Project” являются:

- состав и структура системы, отражающей экономический процесс;

- текущее время, учитываемое в системе;

- время выполнения работ (задач);

- динамика выполнения работ.

Порядок применения “Microsoft Project” для решения задач имитационного моделирования рассмотрим на примере.

**Пример.** Для проекта, основные параметры которого приведены в табл. 3.33, разработать имитационную модель управления бизнес-процессом. Для этих целей базовую модель в “Microsoft Project” дополнить соответствующими объектами имитации. В VBA разработать макросы для моделирования: текущего времени; хода выполнения проекта; изменения длительности работ (мероприятий) в зависимости от фактического хода реализации проекта. Имитационное моделирование хода выполнения проекта для оценки временных показателей выполнить по методу PERT.

Таблица 3.33

№ п/п	Наименование работы (мероприятия)	Производительность выполнения работы (задачи)	Среднее время выполнения работы (дни)	Минимальное время выполнения работы (дни)	Максимальное время выполнения работы (дни)
1	Принятие решения по организации бизнеса		1	0,5	1,5
2	Разработка бизнес-плана проекта		4	3	6
3	Закупка оборудования		1	0,8	1,8
4	Установка и отладка оборудования		1	0,8	1,8

№ п/п	Наименование работы (мероприятия)	Производительность выполнения работы (задачи)	Среднее время выполнения работы (дни)	Минимальное время выполнения работы (дни)	Максимальное время выполнения работы (дни)
5	Подготовка и обучение персонала		5	3	5
6	Производство опытной партии товара	0,1 ед./сут.	9	5	9
7	Продажа товаров		1	0,8	1,8
8	Оценка качества проекта		1	0,8	1,8
9	Принятие решения на серийное производство продукции		1	0,8	1,8

Формирование планов проекта осуществляется в соответствии с методиками, приведенными в ряде специальных работ. Здесь приведены лишь основные операции решения некоторых задач.

1. Сформировать файл проекта. “Проект” — “Сведения о проекте” — Сохранить как ИмитМод.

2. “Вид” — “Диаграмма Ганта”. Ввести данные о проекте (наименование, длительность, дата начала, окончания, предшественники, ресурсы).

3. Последовательно просмотреть планы проекта (диаграмма Ганта, календарный и сетевой план проекта) (рис. 3.86).

4. Определить продолжительность критического пути. “Проект” — “Фильтры” — “Критические задачи” (рис. 3.87).

#### **14.12.2. Имитация временных показателей бизнес-процесса**

Метод предполагает, что время выполнения всех или некоторых работ является случайной величиной, подчиненной β-распределению.



---

Для решения задачи анализа этим методом необходимо:

- активизировать меню “Анализ по методу PERT”;
- нажать кнопку “Анализ по методу PERT”;
- активизировать кнопку “Форма ввода PERT” (рис. 3.88);
- последовательно ввести данные для всех задач проекта и весовые коэффициенты этих данных (рис. 3.89);
- после нажатия кнопки “Вычисления по методу PERT” будут получены планы проекта для оптимистических, пессимистических и средних оценках проекта. Варианты планов можно получить путем нажатия кнопок “Диаграмма Ганта для пессимистической оценки”, “Диаграмма Ганта для оптимистической оценки”, “Диаграмма Ганта для ожидаемой оценки”.

#### **14.12.3. Имитация хода реализации бизнес-процесса (проекта)**

Динамика бизнес-процесса для условий данного задания зависит от производительности выполнения работ, шага и продолжительности моделирования. Примем, что производительность выполнения работы на каждом шаге моделирования является случайной величиной, подчиненной экспоненциальному закону распределения. Значение этой величины в результате опыта

определяется по формуле  $\lambda_{\text{фак}} = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln \xi_p$ ,

где  $\lambda$  — производительность выполнения работы, для условий задания равна 0,1 объема работ/сут.;

$\xi_p$  — случайное число, подчиненное закону равной вероятности в интервале 0–1.

Алгоритм имитации хода бизнес-процесса рассмотрим для одной из работ (задач).

1. Моделируется текущее время.
2. Текущее время сравнивается с временем начала выполнения работы (задачи).
3. В момент равенства текущего времени и времени начала выполнения работы (задачи) осуществляется инициализация события — начало моделирования динамики выполнения работы, для чего:

- организуется цикл по количеству шагов моделирования;



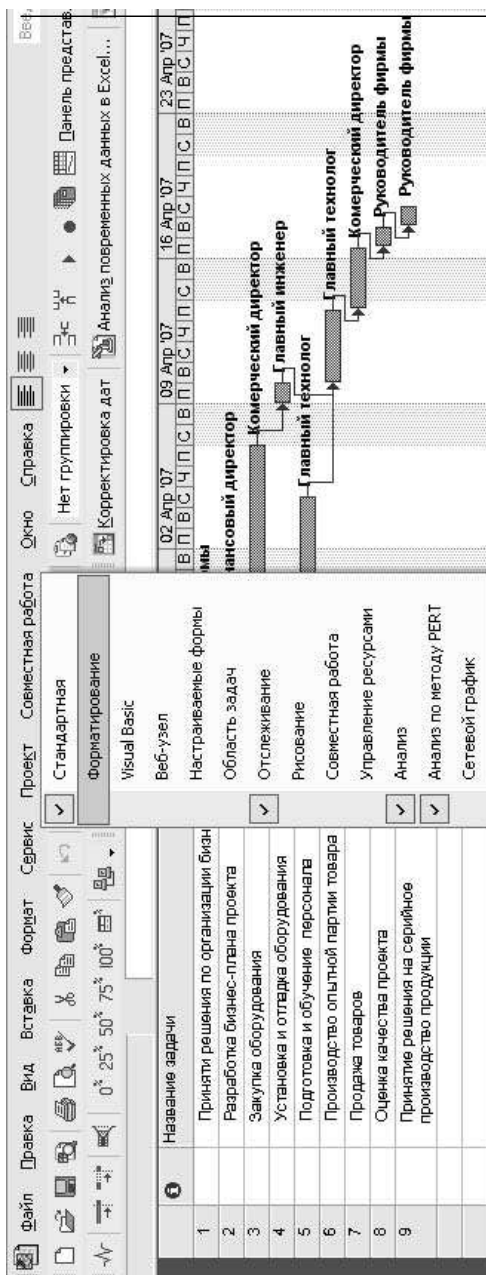


Рис. 3.88. Активизация метода PERT

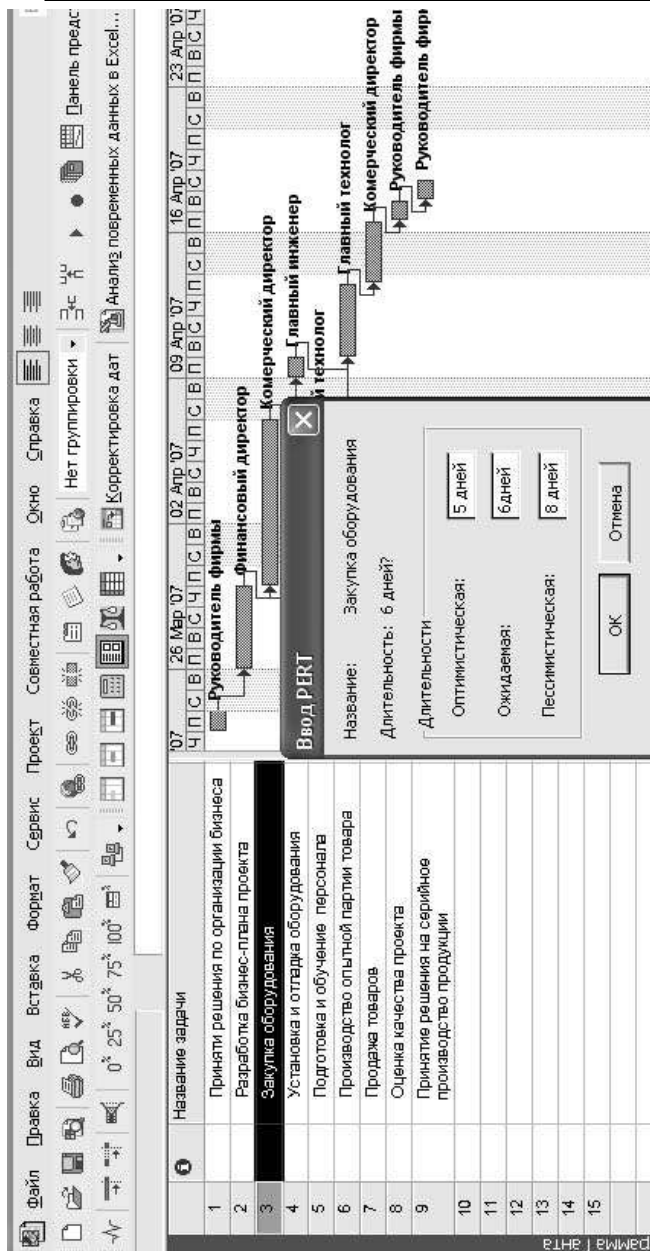


Рис. 3.89. Ввод данных по различным оценкам задач (работ)

---

- получается случайное число и определяется, какое значение приняла случайная величина — производительность выполнения работы (задачи);

- определяется объем выполнения работы для текущего шага моделирования.

4. На каждом шаге моделирования проверяется соответствие выполненного объема работ заданному. При равенстве работ процесс моделирования заканчивается.

Для решения задачи имитации хода реализации бизнес-процесса необходимо разработать макросы, осуществляющие: моделирование времени реализации процесса; моделирование линейки (в программе обозначается линией черного цвета) и ее перемещения в зависимости от скорости выполнения работы.

Решение задач хода реализации бизнес-процесса на основе имитационного моделирования осуществляется с использованием инструментов VBA в последовательности:

1. Открыть файл проекта “Иммодел”.
2. Выполнить операцию “Сервис” — “Макрос” — “VBA”.
3. Сформировать форму и модуль управления формой.
4. Для удобства управления программой в режиме имитационного моделирования разработать новое меню “Ход проекта”.
5. Разработать код формы. В коде формы предусматриваются следующие основные операции:

- моделирование случайного числа, подчиненного закону равной вероятности на интервале 0–1;
- моделирование времени;
- моделирование динамики выполнения работ(задач).

*Программный код моделирования динамики работ проекта имеет вид*

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
    Dim ТначМ As Double, ТначЧ As Double, Тнач As Double  
    Dim ТекЧ As Double, ТекМ As Double, ТекПР As Double,  
    пп As Double  
    Dim MyValue, CLS As Double  
    Randomize  
    tpr = TextBox1: sag = TextBox2: m = TextBox3
```

---

```

a = TextBox4: б = TextBox5: с = TextBox6: д = TextBox7
n = tpr / sag 'Количество шагов имитации процесса
For i = 1 To m 'Количество работ(задач)
    ТЕКВР = Now
    пт = 0
    For j = 1 To n
        CLS = Int((10000) * Rnd) / 10000
        пр = -(1/с)*Ln(CLS)
        пт = пт + пр* sag 'Процент выполнения заданного объе-
ма работы(задачи)
        If j = 1 Then
            пп = 0
        Else
            пп = TextBox8
        End If
        ТначМ = Minute(Time): ТначЧ = Hour(Time) * 60: Тнач
= (ТначЧ + ТначМ) + пп
        Do
            ТекМ = Minute(Time): ТекЧ = Hour(Time) * 60: ТекПР =
ТекЧ + ТекМ
            If ТекПР = Тнач Then Exit Do 'Выход из цикла осуществляют-
ся через интервалы времени кратные интервалу вывода ре-
зультатов
        Loop
        If m = 1 Then
            k = a
        Else
            k = i
        End If
        SelectRow Row:=k, RowRelative:=False
        SetTaskField Field:="%" завершения", Value:=пт,
AllSelectedTasks:=True' Передача данных о процентах выпол-
ненной работы в поле диаграммы Ганта
    Next j
Next i
End Sub

```

---

```

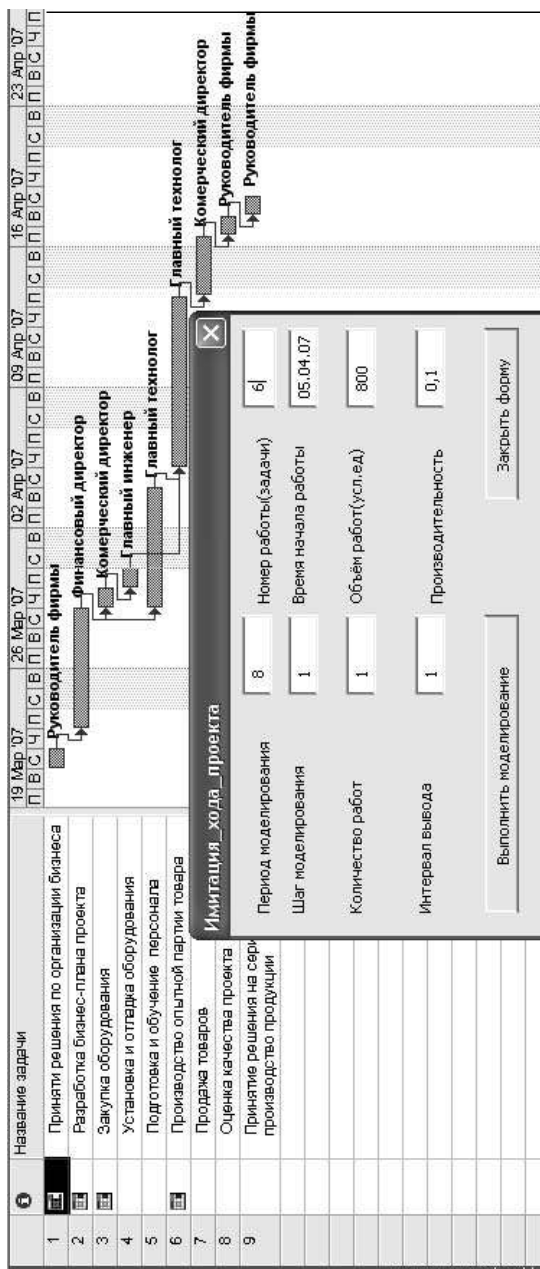
Private Sub TextBox1_Change() 'Ввод периода модели-
рования
End Sub
Private Sub TextBox2_Change() 'Ввод шага моделирова-
ния
End Sub
Private Sub TextBox3_Change() 'Ввод количества работ
(задач)
End Sub
Private Sub TextBox4_Change() 'Имер работы (задачи) для
которой моделируется динамика
End Sub
Private Sub TextBox5_Change() 'Время начала работы
(задачи)
End Sub
Private Sub TextBox6_Change() 'Производительность(доля
объема работ/шаг моделирования)
End Sub
Private Sub TextBox7_Change() 'Объем работ в услов-
ных единицах
End Sub
Private Sub TextBox8_Change() ' Временной интервал
вывода результатов
End Sub

```

**Имитационное моделирование динамики** выполнения про-екта выполняется в такой последовательности:

1. В дополнительном меню “Ход проекта” нажать кнопку “Ввести данные”.

2. В появившемся диалоговом окне “Имитация хода проек-та” ввести исходные данные (рис. 3.90). Для условий примера: период моделирования — 8 сут.; шаг моделирования — 1 сут.; количество работ, для которых осуществляется имитация дина-мики, — 1 работа; интервал вывода результата — 1 мин; номер работы(задачи) — 6; время начала работы — 05.04.07; объем работ — 800 усл. ед.; производительность выполнения рабо-ты — 10% в сутки.



**Рис. 3.90.** Ввод данных для моделирования динамики выполнения проекта (работа 6)

---

3. Нажать кнопку “Выполнить моделирование”.

При нажатии кнопки “Выполнить моделирование” будет запущен макрос **CommandButton3\_Click()** и для работы с номером 6 будет выполнено моделирование динамики выполнения проекта. Линейка хода выполнения работы (выделена черной утолщенной линией) через интервал времени 1 мин будет изменять свою длину (сутки за одну минуту).

Результат моделирования динамики выполнения работ проекта (для работы 6) показан на рис. 3.91.

Выполнив оценку имитационных задач, решаемых в “Microsoft Project”, нетрудно заметить, что для реализации функций каждой из работ (задач) может быть разработана имитационная или же аналитическая подмодель. Например, модель принятия решения, модель основного производства и т. д. При имитации хода реализации бизнес-процесса каждая из подмоделей включается в работу в моменты времени, определенные графиком процесса. По такому принципу построены многие из программ, предназначенных для решения задач моделирования экономических процессов.

## **Глава 15. Оптимизационные модели экономических систем**

### **15.1. Основные понятия оптимизации и классификация методов решения оптимизационных задач**

*Поиск оптимального решения* — нахождение таких условий организации системы (процесса), при которых достигается экстремум некоторой функции или функционала. Примерами оптимизационных задач могут выступать:

- выбор дороги из дома на работу таким образом, чтобы затратить меньше времени и выполнить определенные условия;
- определение неизвестных параметров модели, обеспечивающих минимальное отклонение выходных координат, полученных экспериментальным путем, от рассчитанных по модели. Это задача идентификации;

	Название задачи	19 Мар '07	26 Мар '07	02 Apr '07	09 Apr '07	16 Apr '07	23 Apr '07
1	Разработка бизнес-плана проекта	П	В	С	Ч	П	С
2	Закупка оборудования	П	В	С	Ч	П	С
3	Установка и отладка оборудования	П	В	С	Ч	П	С
4	Подготовка и обучение персонала	П	В	С	Ч	П	С
5	Производство опытной партии товара	П	В	С	Ч	П	С
6	Продажа товаров	П	В	С	Ч	П	С
7	Оценка качества проекта	П	В	С	Ч	П	С
8	Принятие решения на серийное производство продукции	П	В	С	Ч	П	С

```

graph TD
    RU[Руководитель фирмы] --> FD[Финансовый директор]
    RU --> KD[Коммерческий директор]
    RU --> LI[Главный инженер]
    RU --> LT[Главный технолог]
    FD --> KD
    KD --> LT
    LT --> KTD[Коммерческий директор]
    KTD --> RUF[Руководитель фирмы]
    RUF --> RUFD[Руководитель фирмы]
  
```

The organizational chart illustrates the hierarchy of the company. At the top is the 'Руководитель фирмы' (Company Manager). Reporting directly to them are four key positions: 'Финансовый директор' (Financial Director), 'Коммерческий директор' (Commercial Director), 'Главный инженер' (Chief Engineer), and 'Главный технолог' (Chief Technologist). There is also a secondary 'Коммерческий директор' position reporting to the Chief Technologist, which in turn reports back to the main Commercial Director.

**Рис. 3.91.** Результат моделирования динамики выполнения работ проекта (работа 6)



---

- выгодное проведение финансовой сделки, обеспечивающей максимальную прибыль при выполнении определенных балансовых соотношений и т. д.

При решении задач оптимизации используются следующие понятия.

**Критерий оптимальности** — величина, оценивающая качество искомого решения. Примерами экономических критериев могут выступать себестоимость, прибыль.

**Целевая функция** — функция, позволяющая рассчитать числовое значение критерия оптимальности. Иногда значение критерия оптимальности определяется *функционалом*, т. е. некой интегральной функцией.

**Переменная оптимизации** — переменная, определяемая при решении оптимизационной задачи.

Решение оптимизационной задачи обычно находится при некоторых условиях. Они могут быть двух типов: определяться условиями в форме неравенств — это **ограничения**, определяться равенствами — это **связи**.

Ограничения могут быть **автономные** — накладываются на каждую переменную оптимизации в отдельности, и **неавтономные** — накладываются на совокупность переменных.

Связи обычно задаются алгебраическими уравнениями, дифференциальными, интегральными и т. д. и являются уравнениями математической модели.

Для решения задачи оптимизации формальными методами необходимо **формализовать постановку задачи**. Формализация постановки задачи включает в себя несколько этапов:

- словесная (содержательная) постановка;
- введение обозначений;
- формализация условий задачи.

Значение найденных переменных оптимизации, при которых достигается экстремум критерия оптимальности (на области допустимых значений), называется **решением оптимизационной задачи**.

Значение целевой функции при соответствующем ей значении критерия называют **значением задачи**.

Задача оптимизации считается **корректно поставленной**, если она имеет решение, решение это единственное и устойчивое. В противном случае задача считается некорректно поставленной.

Если в задаче оптимизации используется одновременно несколько критериев оптимальности, то такая задача **многокритериальная**. Например, необходимо одновременное сокращение расходов на сырье при увеличении количества выпускаемой продукции и повышение прибыли от ее реализации.

Эффективных методов решения многокритериальных задач нет, и решение таких задач часто не единственное.

Можно привести несколько **методов решения многокритериальных задач**:

- **Нахождение решения, оптимального по Парето.** Множество решений называется оптимальным по Парето, если ни одно из этих решений нельзя улучшить ни по одному из критериев, не ухудшая одновременно значение другого критерия.

- **Метод справедливого компромисса**, когда ухудшение по одному из критериев приравнивается к улучшению другого критерия.

- **Метод уступок**, когда все критерии упорядочиваются по важности и задача решается итеративно.

- **Метод свертки критериев**, когда переходят или к взвешенной сумме (произведению) всех критериев со своими весовыми коэффициентами (при этом все критерии нормируются и приводятся к одной размерности), или к однокритериальной задаче, выбирая один наиболее важный критерий и учитывая остальные в ограничениях.

Все методы оптимизации, позволяющие находить решение оптимизационных задач, можно классифицировать по разным признакам:

1. В зависимости **от наложения условий**:

- методы **безусловной оптимизации** (когда на переменные оптимизации не накладываются какие-либо условия);

- методы **условной оптимизации** (когда требуется соблюдение определенных условий).

2. В зависимости **от числа переменных оптимизации**:

---

• методы *одномерной оптимизации* (одна переменная оптимизации);

• методы *многомерной оптимизации* (целевая функция зависит от нескольких переменных оптимизации).

3. В зависимости **от вида функции**, определяющей условия задачи:

• методы *линейного программирования*, если все функции, определяющие условия задачи, линейны;

• методы *нелинейного программирования*, если функции, определяющие условия задачи, нелинейные;

• методы *дискретного программирования*, если хотя бы часть переменных оптимизации может принимать только дискретные значения;

• методы *вариационного исчисления*, если хотя бы часть переменных оптимизации или величин, зависящих от них, являются функциями времени или пространственной координаты. Критерием оптимальности в таких задачах является всегда функционал, например интеграл.

**Методами безусловной** оптимизации функции одной переменной (**одномерного поиска**) являются, например, методы:

- сканирования;
- дихотомии;
- золотого сечения,
- Фибоначчи.

**Методами безусловной** оптимизации функции нескольких переменных (**многомерного поиска**) являются, например, методы:

- градиентные:
  - с постоянным шагом;
  - с оптимальным шагом (наискорейшего спуска или подъема);
  - ускоренный.
- безградиентные:
  - метод Гаусса-Зейделя (покоординатный подъем с постоянным или оптимальным шагом);
  - симплексный метод (деформированного многогранника);
  - метод случайного поиска;

— метод параллельных касательных.

**Методами условной оптимизации** функции нескольких переменных являются:

- метод неопределенных множителей Лагранжа;
- метод штрафных функций. Этот метод осуществляет переход от задачи условной оптимизации к задаче безусловной оптимизации, когда к целевой функции добавляется в виде дополнительного слагаемого функция штрафа за невыполнение связей и ограничений.

**Задачи линейного программирования**, которые наиболее часто встречаются в экономике, решаются с использованием **симплекс-метода**. (Не путать с симплексным методом, методом деформированного многогранника, методом многомерных нелинейных задач безусловной оптимизации).

При решении **вариационных задач** может использоваться **принцип максимума Понтрягина**.

При решении оптимизационных задач управления многостадийными процессами (задачи **дискретного программирования**) (например, задача сетевого планирования, задача коммивояжера) используются **методы динамического программирования на основе принципа Беллмана**.

Метод решения задачи выбирается в зависимости от классификации поставленной оптимизационной задачи. Решение задачи может сочетать в себе разные методы.

Основные методы оптимизации и их основные особенности и возможности приведены в табл. 3.34.

Таблица 3.34

Метод оптимизации	Характер целевой функции	Учет ограничений
1. Метод градиентов	Непрерывная Нелинейная	-
2. Метод Гаусса-Зейделя	Непрерывная Нелинейная	-
3. Метод поиска по случайной траектории	Любой	>, =, <

Метод оптимизации	Характер целевой функции	Учет ограничений
4. Метод штрафных функций	Нелинейная, в том числе и разрыв	$>, =, <$
5. Метод золотого сечения	Нелинейная	
6. Симплекс-метод	Линейная	$>, =, <$
7. Метод скользящего до-пуска	Любой	$>, =, <$

## 15.2. Постановка задачи и общий порядок разработки оптимизационной модели экономической системы

Оптимизационные модели используются для выработки *оптимальных* вариантов построения систем (синтез систем).

*Задача формулируется* следующим образом:

*Известна* совокупность условий сил и средств.

*Известна* совокупность параметров, характеризующих вариант деятельности.

*Определить* вариант деятельности, при котором силы и средства используются с максимальной отдачей.

*Порядок разработки:*

1. Руководствуясь общими правилами, разрабатывается оценочная модель (базовая часть оптимизационной модели экономического процесса).

2. Выполняется отладка и прогонка модели для всей совокупности условий и вариантов применения сил.

3. По результатам расчетов в ходе прогонки строятся графики, с помощью которых определяются:

а) область осуществления оптимальных значений параметров, характеризующих вариант экономического процесса;

б) наличие и количество начальных и глобальных оптимумов различных критериев эффективности;

в) характер изменения критериев во всем диапазоне параметров варианта деятельности;

г) ограничения на параметры, характеризующие вариант применения сил и частные критерии.

4. Выбор критерия оптимальности может осуществляться следующим образом:

а) Из всей совокупности частных критериев эффективно-сти один выбирают главным (целевая функция), все остальные переводятся в ограничения.

$$K_{\gamma} = \max \{ K_{\gamma_i}^{(\Gamma)} \} — \text{главный критерий};$$

$K_{\gamma_i} < K_{\gamma_i(\text{зад})}$  — ограничения ( $K_{\gamma_i(\text{зад})}$  — заданное значение  $i$ -го частного критерия).

б) Целевая функция при решении многокритериальной оптимизации может формироваться на основе использования самых различных методов и приемов. Если это делается с использованием метода наименьших квадратов, то целевая функция имеет вид:

$$K_{\gamma} = \min \left\{ \sum_{i=1}^n [K_{\gamma_i(\text{зад})} - f(\Phi_1 \dots \Phi_n; B_1 \dots B_n)]^2 \right\},$$

$n$  — количество частных критериев, использующихся в модели экономического процесса;

$f(\Phi_1 \dots \Phi_n; B_1 \dots B_n)$  — значение частного критерия, вычисленное в ходе оптимизации с помощью модели.

в) В качестве целевой функции используют только главный критерий, частные в ограничениях не учитываются:

$$K_{\gamma} = \max \{ K_{\gamma_i}^{(\Gamma)} \}.$$

г) В качестве целевой функции используют не только главный критерий, но и частные критерии:

$$K_{\gamma} = \max \left\{ \frac{\{ K_{\gamma_i}^{(\Gamma)} \}}{\sum_{i=1}^{n_{\gamma}} [K_{\gamma_i(\text{зад})} - f(\Phi_1 \dots \Phi_n; B_1 \dots B_n)]^2} \right\}.$$

д) Целевая функция включает все частные критерии с учетом весовых коэффициентов:

$$K_0 = \max \left\{ \sum_{i=1}^n \gamma_i \frac{K_i}{K_{i\max}} \right\},$$

где  $\gamma_i$  — вес частного критерия;

$K_i$  — значение частного критерия;

$K_{i\max}$  — максимально-возможное значение частного критерия.

5. Выбирается метод оптимизации. Существует достаточно много методов оптимизации, одномерного и многомерного поиска. Выбирается тот или иной метод в зависимости от вида целевой функции, требований к точности решения, учета ограничений и т. д.

### 15.3. Примеры оптимизационных моделей экономических систем

**Пример 1.** Классифицировать дом быта как систему. Определить оптимальное количество каналов обслуживания по различным видам оказываемых услуг для получения максимальной прибыли, если известны следующие данные:

— нормативы по площади, количество работников и финансовые затраты на создание одного канала обслуживания;

— ограничения на площадь помещения, количество работников и финансовые ресурсы;

— нормативы на прибыль, получаемую от работы одного канала обслуживания.

#### **Решение.**

Элементами системы являются рабочие места (подразделения) ремонта техники (бытовой, сельскохозяйственной), пошив одежды, ремонт обуви, интернет-кафе. Вход системы — поток заявок на ремонт. Выход — прибыль дома быта. Условия — размещение подразделений. Ограничения: нормативы по площади, количество работников и финансовые затраты на создание одного канала обслуживания; ограничения

на площадь помещения, количество работников и финансовые ресурсы; нормативы на прибыль, получаемую от работы одного канала обслуживания.

На первом этаже дома быта размещаются следующие виды услуг: ремонт бытовой и сельскохозяйственной техники.

Площадь первого этажа составляет 100 м<sup>2</sup>.

Для организации одного рабочего места ремонта бытовой техники необходимо иметь: 2 м<sup>2</sup> площади, 1 работника, 5 тыс. руб.

Для организации одного рабочего места ремонта сельскохозяйственной техники необходимо иметь: 10 м<sup>2</sup> площади, 3 работника, 50 тыс. руб.

Дом быта может привлечь не более 20 работников и выделить на создание каналов обслуживания не более 150 тыс. руб.

Известно, что с каждого канала обслуживания для ремонта бытовой и сельскохозяйственной техники можно соответственно получить прибыль в размере 5 тыс. руб. и 15 тыс. руб.

Введем следующие обозначения:

X1 — количество каналов обслуживания бытовой техники;

X2 — количество каналов обслуживания сельскохозяйственной техники.

Оформим Лист Excel с таблицей исходных данных и расчетными формулами, как показано на рис. 3.92.

На втором этаже располагаются мастерские по ремонту обуви, пошиву одежды и интернет-кафе. По аналогии с задачей, изложенной выше (см. рис. 3.92), приведены исходные данные и основные расчетные формулы для решения другой задачи (рис. 3.93).

Пошив одежды, ремонт обуви и интернет-кафе.

Введем следующие обозначения:

X1 — количество каналов обслуживания по ремонту обуви;

X2 — количество каналов по пошиву одежды;

X3 — количество мест для посетителей в интернет-кафе.



Искомые переменные

X1 X2

15,714 1,4286

Нормативы:					Ресурсы:		
площади $a_i$ (м <sup>2</sup> /1 канал)			2	10		100	м <sup>2</sup> (A)
работники $b_i$ (чел/1 канал)			1	3		20	работни- ков (B)
финансовые затраты $c_i$ (тыс.руб./1 канал)			5	50		150	тыс. руб. (C)
прибыль $d_i$ (тыс.руб./1 канал)			5	15			
Ограничения							
Формулы					Содержание формул		
45,71429		<=	100		$a1*X1+a2*X2 <=$	<b>A</b>	
20		<=	20		$b1*X1 + b2*X2 <=$	<b>B</b>	
150		<=	150		$c1*X1+c2*X2 <=$	<b>C</b>	
15,71429		>=	1		$X1 >=$	1	
1,428571		>=	1		$X2 >=$	1	
Целевая функция							
$d1*X1+d2*X2 -> \max$							
100		- найденное значение целевой функции (тыс. руб.)					

**Рис. 3.92.** Лист Excel с исходными данными и расчетами оптимального количества каналов обслуживания бытовой и сельскохозяйственной техники

Искомые переменные

	X1	X2	X3		
	1	8,6871	8,1293		
Нормативы:					Ресурсы
площади $a_i$ (м <sup>2</sup> /1 канал)	2	3	1	100	м <sup>2</sup> (A)
работники $b_i$ (чел/1 канал)	1	2	0,2	20	работников (B)
финансовые затраты $c_i$ (тыс.руб./1 канал)	2	3	15	150	тыс. руб. (C)
прибыль $d_i$ (тыс.руб./1 канал)	2	5	20		

Ограничения					
Формулы				Содержание формул	
36,19048		<=	100	$a1 \cdot X1 + a2 \cdot X2 + a3 \cdot X3 \leq$	<b>A</b>
20		<=	20	$b1 \cdot X1 + b2 \cdot X2 + b3 \cdot X3 \leq$	<b>B</b>
150		<=	150	$c1 \cdot X1 + c2 \cdot X2 + c3 \cdot X3 \leq$	<b>C</b>
1		>=	1	$X1 \geq$	1
8,687075		>=	1	$X2 \geq$	1
8,129252		>=	1	$X3 \geq$	1

*Целевая функция*

$$d1 \cdot X1 + d2 \cdot X2 + d3 \cdot X3 - \rightarrow \max$$

208,02

- найденное значение целевой функции (тыс. руб)

Вывод. Будут израсходованы все выделенные средства на создание каналов обслуживания, однако 64 м<sup>2</sup> выделенной площади будут свободными.

**Рис. 3.93.** Лист Excel с исходными данными и расчетами оптимального числа каналов обслуживания по ремонту обуви, пошиву одежды и мест в интернет-кафе

**Пример 2.** Классифицировать бюджетный процесс предприятия как систему. Выполнить оптимальное распределение средств предприятия по статьям бюджета на очередной финансовый год.

Задачу решить с использованием режимов “Пакет анализа” и “Поиск решения” программы “Excel”. Распределение средств по статьям бюджета в предыдущие годы, а также величина прибыли, имеющей место при этом, приведены в табл. 3.35.

Таблица 3.35

№ п/п	Годы	Прибыль	Накопления	Основные статьи бюджета (условные номера)								
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	2003	10,2	7,9	2,4	0,6	0,4	0,3	1,2	1,4	0,4	1,2	2,3
2	2004	10,6	9,1	3,6	0,4	0,2	0,4	1,4	1,4	0,5	1,2	1,5
3	2005	12,9	12,4	5,6	0,8	0,3	0,5	1,6	1,6	0,6	1,4	0,5
4	2006	15,2	11,9	4,4	1	0,5	0,6	1,8	1,7	1	0,9	3,3
5	2007	15,7	14,2	4,8	1,2	0,8	0,7	2	1,8	1,4	1,5	1,5
6,	2008	18,2	15,6	5,1	1,4	0,9	0,8	2,1	1,9	1,6	1,8	2,6
7,	2009	20,4	16,1	5,8	1,9	1,1	0,9	2,2	2	1	1,2	0,3
8,	2010	21,9	20,9	8	2,4	1,4	1,8	2,3	2,8	0,8	1,4	1
9,	2011	26	23,8	9,1	2,8	1,8	1,8	3,1	3	0,6	1,6	2,2
10,	2012	30,6	24,9	8,5	3,8	1,9	1,9	3,2	3,2	0,6	1,8	1,9
	2013			?	?	?	?	?	?	?	?	?

При решении задачи распределения денежных средств необходимо учесть следующие *ограничения*: сумма денежных средств, выделяемых на каждую из статей бюджета, должна быть равна величине расходуемых средств ежегодного фонда накопления; на развитие основного и вспомогательного производств должно быть затрачено не менее 40% расходуемых средств фонда накопления; резерв денежных средств должен быть равен 10% фонда накопления предыдущего года; средства на виды обеспечения и совершенствование управления должны

составлять не более 15% средств, выделенных на развитие производства; все искомые переменные должны быть больше нуля; минимальная величина фонда заработной платы должна быть не менее 1,5 млн руб.

### ***Решение задачи***

Бюджетный процесс предприятия — это информационная система. Входом этой системы является информация о деятельности предприятия. Выходом системы является один из показателей деятельности предприятия (например, прибыль). Цель функционирования системы — оптимальное распределение средств по статьям бюджета для достижения максимальной прибыли. Условия функционирования системы — окружение, рынок и др. Ограничения — величина максимально (минимально)-допустимых или истребованных средств, обусловленных внешними условиями деятельности предприятия. Управление системой — вариант распределения финансовых средств по статьям бюджета.

Распределение финансовых средств по расходным статьям бюджета предприятий является одной из важнейших финансово-экономических задач финансового и производственного планирования. Для решения этой задачи используются различные методы и подходы. Здесь использован подход, в основу которого положены следующие технологические операции:

- формирование целевой функции;
- формирование системы ограничений;
- с применением одного из методов оптимизации нахождение таких значений переменных, при которых целевая функция принимает максимальное значение.

#### ***1. Формирование целевой функции.***

Для формирования целевой функции по данным, приведенным в табл. 3.35, строится уравнение регрессии (оно и является целевой функцией). Для этого выполняются следующие основные операции:

- данные, приведенные в табл. 3.35, вводятся в электронную таблицу “Excel”. Величина средств в таблице приведена в млн руб. (рис. 3.93);

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Иеп/п	Годы	Прибыль	Накопления	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2													
3	1.	2003	10,2	7,9	2,4	0,6	0,4	0,3	1,2	1,4	0,4	1,2	2,3
4	2.	2004	10,6	9,1	3,6	0,4	0,2	0,4	1,4	1,4	0,5	1,2	1,5
5	3.	2005	12,9	12,4	5,6	0,8	0,3	0,5	1,6	1,6	0,6	1,4	0,5
6	4.	2006	15,2	11,9	4,4	1	0,5	0,6	1,8	1,7	1	0,9	3,3
7	5.	2007	15,7	14,2	4,8	1,2	0,8	0,7	2	1,8	1,4	1,5	1,5
8	6.	2008	18,2	15,6	5,1	1,4	0,9	0,8	2,1	1,9	1,6	1,8	2,6
9	7.	2009	20,4	16,1	5,8	1,9	1,1	0,9	2,2	2	1	1,2	0,3
10	8.	2010	21,9	20,9	8	2,4	1,4	1,8	2,3	2,8	0,8	1,4	1
11	9.	2011	26	23,8	9,1	2,8	1,8	1,8	3,1	3	0,6	1,6	2,2
12	10	2012	30,6	24,9	8,5	3,8	1,9	1,9	3,2	3,2	0,6	1,8	1,9
13		2013											

**Рис. 3.93.** Лист Excel с подготовленной таблицей

• осуществляется вызов режима “Пакет анализа”, “Регрессия”;

• вводится входной интервал Y (матрица-столбец значений ежегодной прибыли предприятия);

• вводится входной интервал X (ежегодная величина денежных средств по статьям бюджета предприятия);

• указывается в диалоговом окне “Регрессия” — “Параметры вывода” — “Выходной интервал” поле ячеек, в которых помещается выходная информация отчета.

Уравнение регрессии, принимаемое в последующем в качестве целевой функции, имеет вид

$$\text{ПРИБЫЛЬ} = 22.50384846 + 1.168809399 \cdot X_1 + 8.192479317 \cdot X_2 + 1.219966726 \cdot X_3 + 11.44293488 \cdot X_4 + 2.519022677 \cdot X_5 - 21.08993704 \cdot X_6 - 0.252922644 \cdot X_7 + 0.435921187 \cdot X_8 + 0.928609786 \cdot X_9.$$

## **2. Формирование системы ограничений.**

Система ограничений формируется на основе анализа исходных данных задачи.

### ***Первое, основное, ограничение.***

Сумма денежных средств выделяемых на каждую из статей бюджета должна быть равна величине расходуемых средств ежегодного фонда накопления, т. е.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 = \Phi H (2012).$$

### ***Второе ограничение.***

На развитие основного и вспомогательного производства должно быть затрачено не менее 40% расходуемых средств фонда накопления, т. е.

$$X_1 + X_2 \geq 0,4 \Phi H (2012).$$

### ***Третье ограничение.***

Резерв денежных средств должен быть равен 10% фонда накопления предыдущего года, т. е.

$$X_9 = 0,1 \Phi H (2012).$$

### ***Четвертое ограничение.***

Средства на виды обеспечения и совершенствование управления должны составлять не более 15% средств, выделенных на развитие производства, т. е.

$$0,15 (X_1 + X_2) \geq X_3 + X_4.$$

---

**Пятое ограничение.**

Все искомые переменные должны быть больше нуля, т. е.  
 $X_i > 0$ .

**Шестое ограничение.**

Минимальная величина фонда заработной платы должна быть не менее 1,5 млн руб., т. е.

$$X_6 \geq 1,5.$$

**Седьмое ограничение.**

$$X_1 > X_2.$$

**3. Порядок решения задачи оптимизации распределения доходной части бюджета предприятия**

Задача оптимизации распределения доходной части бюджета предприятия решается в следующем порядке:

1. Открыть Лист 2 таблицы “Excel”, на который с Листа 1 перенести целевую функцию и систему ограничений (рис. 3.94).

2. Осуществить подготовку таблицы, в которой указать:

- K9 — целевая ячейка;
- B8 – J8 — ячейки с искомыми переменными;
- K8 — ячейка, в которой указан фонд накопления за 2012 г.;

- L8 — ячейка, в которой вычисляется сумма  $x_1 + x_2$ ;
- M8 — ячейка, в которой вычисляется сумма  $x_3 + x_4$ ;
- N8 — ячейка, в которой вычисляется ограничение  $0,15 * (x_1 + x_2)$ ;

- B9 – J9 — ячейки, в которых указывается произведение переменной на значение соответствующего коэффициента, например  $1,168 * x_1$  — в ячейке B9;

Каждой из ячеек строки B8 – J8 выполнена операция присваивания (присвоено имя X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9).

Эта операция выполняется в следующем порядке:

— выделить ячейку, в которой будет формироваться величина денежных средств по данной статье бюджета предприятия, этими ячейками являются B8 – K8;

— в меню выбрать и выполнить операции “Вставка”, “Имя”, “Присвоить” (применительно к решению данной задачи количество переменных равно 9; этим переменным присвоены имена X1, X2,...,X9).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	<b>ПРИБЫЛЬ=22.50384846</b> <b>+1.168809399*X1+8.192479317*X2+1.219966726*X3+11.44293488*X4+2.519022677*X5- 21.08993704*X6-</b> <b>0.252922644*X7+ 0.435921187*X8+ 0.928609786*X9</b>													
1														
2		<b>X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9=ФН(2012)</b>												
3		<b>X1+X2 ≥ 0.4ФН(2012); X1&gt;X2</b>												
4		<b>X3= 0.1ФН(2012)</b>												
5		<b>0.15(X1+X2) ≥ X3+X4</b>												
6		<b>X1&gt;0</b>	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9			
7		<b>X6&gt; 1.5</b>	Вектор начала потока											
8		<b>X</b>	9 091 304	9 091 304	0	2 727 391	0	1.5	0	0	2.49	24.9	18 180 61	2 727 391
9			22.5	10 618 64	74.45778	0	31 20136	0	-31.65	0	2 31072	109 4385		
10		К3-ЦЕЛЕВАЯ ЯЧЕЙКА												
11														
12														
13		88 - J8 - ЯЧЕЙКА С ИСХОДНЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ												
14														
15		К3. ЯЧЕЙКА В КОТОРОЙ УКАЗАН ФОНД НАКОПЛЕНИЯ ЗА 2013 год												
16														
17		L8 - В КОТОРОЙ ВЫЧИСЛЯЕТСЯ СУММА X1+X2												
18														
19		M8 - ЯЧЕЙКА В КОТОРОЙ ВЫЧИСЛЯЕТСЯ СУММА X3+X4												
20														
21		N8 - ЯЧЕЙКА В КОТОРОЙ ВЫЧИСЛЯЕТСЯ ОГРАНИЧЕНИЕ 0.15*(X1+X2)												
22														

Рис. 3.94. Лист Excel с исходными данными



3. В ячейках строки, которым присвоено имя ( $X_1, \dots, X_9$ ), ввести значения вектора начала поиска оптимального распределения доходной части бюджета по статьям расходной части бюджета.

4. В ячейках строки, следующей за строкой присвоения, ввести формулы

$= C_i * X_i$  ( $C_i$  — коэффициенты при соответствующих переменных целевой функции), которые впоследствии суммируются в ячейке K9. Для решения задач вычисления и суммирования используется мастер функций “Excel”. Ячейка, в которой производится суммирование, используется впоследствии в качестве *целевой* ячейки.

В ячейке K8 производится суммирование значений, находящихся в именованных ячейках, т. е.  $= \sum_{i=1}^9 X_i$ .

5. В меню “Excel” выбрать операцию “Сервис”, “Поиск решения”. В появившемся окне ввести следующие данные:

- значение целевой ячейки;
- значения изменяемых ячеек, т. е. ячеек, которым присвоено имя  $X_1, \dots, X_9$ ;
- значения ограничений в виде равенств и неравенств.

6. Выполнить операцию “Параметры поиска”. В открывшемся окне установить: количество итераций, точность поиска, предел сходимости, модель поиска, метод поиска. Возвратиться в основное окно “Поиск решения” и реализовать команду “Выполнить”. После выполнения этой команды возможны варианты — появится окно “Результаты поиска решения”. В том случае, если в окне “Тип отчета” будут активизированы “результаты”, “устойчивость”, “пределы”, поиск решения завершен, решение найдено и все ограничения выполнены, Если этого не произойдет, то необходимо неоднократно выполнить команду “Продолжить поиск”.

**Вывод.** Выделение денежных средств в 2013 году на виды обеспечения производства, создание резерва материальных средств и комплектующих изделий, развитие инфраструктуры и капитальное строительство нецелесообразно. Основные денежные средства необходимо выделить на развитие основного и вспомо-

гательного производства. При этом в 2013 году следует ожидать увеличения прибыли в 3,5–4 раза по сравнению с 2012 г.

**Пример 3.** Классифицировать транспортную компанию как сложную экономическую систему. Определить состав, структуру и оптимальный вариант функционирования компании (проект компании).

Транспортная компания — это сложная система. Система включает: подсистему средств, непосредственно осуществляющих перевозки; подсистему обеспечения перевозок и функционирования компании; подсистему управления перевозками и деятельностью компании. Система функционирует при определенных внешних условиях, которые определяются целым рядом факторов, основными из которых являются производственный, людской, транспортный потенциалы региона, являющегося прогнозируемой сферой влияния компании; метеоусловия и местность, транспортная сеть; сервисное обслуживание перевозок и др.

Система функционирует при определенных ограничениях, основными из которых являются: величина инвестиций, привлекаемых для формирования и деятельности компании; типы и стоимость транспортных средств, которые могут быть включены в состав компании; нормативные акты по организации и осуществлению перевозок в данном регионе; цены на топливо, материалы и комплектующие изделия для осуществления ремонта.

Входом системы является поток заявок на осуществление перевозок.

Выход системы — прибыль транспортной компании за счет осуществления перевозок.

Управлениями системы являются показатели проекта по организации транспортной компании и осуществлению перевозок. Управления предстоит определить.

Задача при этом формулируется следующим образом. Предположим, что *известны*

### **1. Финансовые показатели проекта:**

- величина инвестиций на реализацию проекта по организации транспортной компании и определение основных характеристик ее деятельности;

- 
- период расчета с инвесторами;
  - стратегия расчета с инвесторами.

## **2. Начальные данные по формированию и функционированию транспортной компании:**

- максимально-возможное количество типов транспортных средств, которые может иметь транспортная компания;
- показатели, характеризующие качество транспортных средств, качество обслуживания пассажиров и осуществления перевозок;
- система требований по показателям качества транспортных средств, качества обслуживания пассажиров и осуществления перевозок;
- системы: транспортное средство, средства обеспечения и управления транспортной компании, оказывающие влияние на качество обслуживания пассажиров и осуществление перевозок;
- средняя вероятность выживания транспортного средства при перевозке пассажиров, грузов или же выполнение других задач;
- продолжительность эксплуатации транспортного средства по условиям полной выработки ресурса;
- стоимость одного рейса на перевозку пассажиров, грузов;
- выручка от одного рейса на перевозку пассажиров и грузов;

### ***Требуется определить:***

Первый этап — этап формирования макета плана проекта:

- распределение инвестиций по этапам проекта.

Второй этап — этап формирования компании:

- состав парка транспортной компании;
- типы транспортных средств, имеющиеся в транспортной компании;
- оптимальную стоимость парка, систем обеспечения и управления.

Третий этап — этап деятельности компании:

- оптимальный вариант распределения прибыли транспортной компании (развитие транспортной компании — парка, оборудования, систем обеспечения и управления);

• выделение средств на эксплуатацию систем и средств транспортной компании;

• выделение средств на маркетинг, мониторинг, рекламу и др.

Решение задач второго этапа по существу связано с формированием стратегического и оперативного бюджетов транспортной компании.

### ***Допущения и упрощения, принятые при решении задачи***

1. Критерии показателей качества перевозок и обслуживания пассажиров, а также качества транспортных средств, систем обеспечения и управления соответствуют стандартам.

2. Все показатели качества перевозок и обслуживания пассажиров, а также качества транспортных средств, систем обеспечения и управления имеют одинаковую относительную важность.

3. Значения показателей качества перевозок и обслуживания пассажиров, а также качества транспортных средств, систем обеспечения и управления зависят от состояния систем, которые определяются объемом финансовых средств, вложенных в их развитие.

4. Инфляция за время жизненного цикла транспортного средства (от закупки до списания) не учитывается.

### ***Критерий оптимальности***

В качестве **критерия оптимальности** при решении задачи целесообразно принять:

$$K_{\text{опт}} = \max\{N \cdot \Pi\};$$

$$C_{\text{потр}} = C_{\text{зад}};$$

$$C_{\text{то}} + C_{\text{o}} + C_{\text{су}} + C_{\text{р}} + C_{\text{по}} + C_{\text{п}} = C_{\text{зад}},$$

где  $N$  — количество транспортных средств, планируемых для включения в состав транспортной компании.  $N = C_{\text{то}}/C_{\text{т}}$ ;

$C_{\text{т}}$  — цена одного транспортного средства;

$\Pi$  — ожидаемый результат деятельности (прибыль) от одного транспортного средства за время его жизненного цикла;

$C_{\text{потр}}$  — потребные затраты финансовых средств на создание и функционирование транспортной компании;

$C_{\text{зад}}$  — средства, выделенные на создание транспортной компании (инвестиции).

Вариант формирования компании определяется следующими основными переменными:

$C_{\text{то}}$  — размеры средств, выделяемых на закупку транспортных средств;

$C_o$  — размеры средств, выделяемых на создание системы обеспечения транспортной компании (транспортное оборудование, парковое оборудование, сервисное обслуживание, ремонтная база и др.);

$C_{\text{су}}$  — размеры средств, выделяемых на создание подсистемы управления транспортной компании (администрация, диспетчерская служба и др.);

$C_{\text{по}}$  — размеры средств, выделяемых на закупку паркового оборудования;

$C_{\text{п}}$  — размеры средств, выделяемых на закупку погрузочного оборудования;

$C_{\text{р}}$  — размеры средств, выделяемых на рекламу.

При использовании данного критерия в качестве оптимального принимается такой вариант формирования транспортной компании, при котором достигается максимальный результат (максимальная прибыль) в ходе ее деятельности при выполнении ограничений по выделенным средствам и обязательств перед инвесторами.

Величина прибыли компании от одного транспортного средства за величину его жизненного цикла может быть определена по следующей формуле:

$$\Pi = K_{\text{кач}} \cdot (C_{\text{цен}} \cdot n_{\text{пас}} - C_{\text{нал}} - C_{\text{рейс}}) \cdot n_{\text{рейс}},$$

$$n_{\text{рейс}} = \min \left\{ \theta_{\text{жц}} \cdot K_{\text{над}} \cdot \frac{1}{1 - \theta_{\text{жц}} \cdot K_{\text{над}}}; n_{\text{рейс}}^* \right\},$$

где  $K_{\text{кач}}$  — обобщенный показатель качества транспортной компании;

$C_{\text{цен}}$  — средняя цена перевозки одного пассажира (1 т груза);

$n_{\text{пас}}$  — количество пассажиров (масса грузов), перевозимых транспортными средствами за один рейс;

---

$C_{\text{нал}}$  — величина налоговых отчислений ;

$C_{\text{рейс}}$  — стоимость одного рейса на перевозку пассажиров или грузов (включает следующие основные статьи: амортизация транспортного средства, стоимость системы обеспечения рейса, стоимость системы управления и обеспечения транспортной компании, обслуживания пассажиров и грузов и другие постоянные и переменные расходы). Все указанные показатели нормируются к продолжительности амортизационного периода — в данном случае рейса;

$C_{\text{выр}} = C_{\text{цен}} \cdot n_{\text{пас}}$  — выручка за оказание услуг по перевозке пассажиров и грузов одним рейсом;

$C_{\text{приб}} = C_{\text{цен}} \cdot n_{\text{пас}} - C_{\text{нал}} - C_{\text{рейс}}$  — прибыль транспортной компании от одного рейса ;

$n_{\text{рейс}}$  — количество рейсов, которые может совершить одно транспортное средство за свой жизненный цикл при вероятности «выживания» за время между двумя последовательными рейсами (это сумма членов геометрической прогрессии);

$n_{\text{рейс}}^*$  — планируемое количество рейсов транспортного средства за время реализации проекта;

$\theta_{\text{жц}}$  — вероятность “выживания” транспортного средства в рейсе;

$K_{\text{над}}$  — показатель надежности транспортного средства.

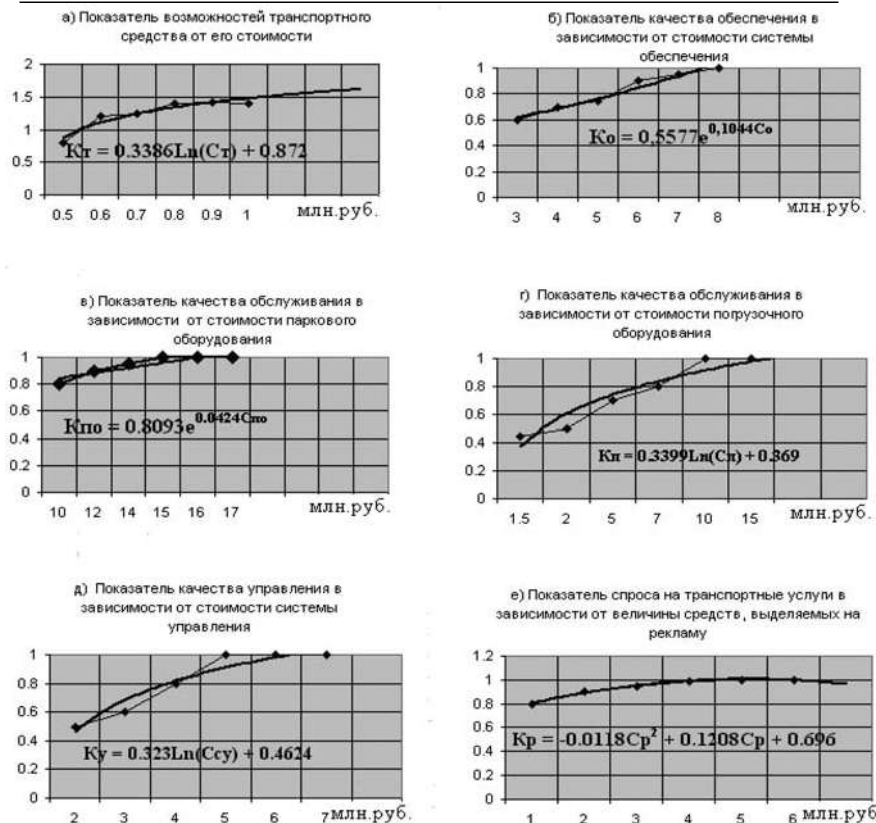
Для оценки обобщенного показателя качества используем следующее приближенное соотношение (для некоторых систем возможен такой подход к оценке качества)

$$K_{\text{кач}} \approx K_{\text{т}} \cdot K_{\text{о}} \cdot K_{\text{по}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{у}} \cdot K_{\text{р}},$$

где  $K_{\text{т}} \cdot K_{\text{о}} \cdot K_{\text{по}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{у}} \cdot K_{\text{р}}$  — частные показатели качества транспортной компании.

Значения частных показателей могут быть получены с помощью моделей систем более низкого уровня либо на основе обработки статистических данных, полученных по результатам деятельности существующих транспортных компаний. Для данного примера зависимости частных показателей качества от размеров денежных средств и их аппроксимация показаны на рис. 3.95.

**Программа решения задачи.** Программа решения задачи разработана в “Excel”.



**Рис. 3.95.** Зависимости частных показателей качества от размеров денежных средств, выделяемых на развитие элементов транспортной системы

При решении задачи приняты: показатель надежности транспортного средства — 0,999; вероятность “выживания» за рейс — 0,991; выделено на развитие компании — 50 млн руб.; выручка от одного эталонного средства за рейс — 0,6 млн руб.; затраты на один рейс — 0,125 млн руб.

Основная информация и вычислительные операции осуществляются на листе “Excel” (табл. 3.36), где указываются:

- в ячейке B21 — средства выделяемые на реализацию проекта (инвестиции);

- в ячейке C21, D21 — время расчета с инвесторами и процентная ставка по налогам;
- в ячейках B13, F13 — стоимость одного эталонного транспортного средства и выручка от его использования за один рейс;
- в ячейках B8:G8 — значения искомых переменных, т.е. величины выделяемых средств на реализацию проекта (закупка транспортных средств, организация подсистем обеспечения и управления, реклама и др.), при которых прибыль от реализации проекта будет максимальна;
- в ячейках B4:G4 — максимально-допустимые значения искомых переменных (максимально-возможная величина средств, выделяемых на реализацию элементов проекта);
- в ячейках B5:G5 — минимально-допустимые значения искомых переменных (минимально-возможная величина средств, выделяемых на реализацию элементов проекта);
- в ячейках B6:G6 — частные показатели качества транспортной системы;
- B7 — целевая ячейка. В целевой ячейке вычисляется величина прибыли транспортной компании за время полного израсходования ее ресурса (G22);
- B3:G3 — начальные значения изменяемых ячеек (вектор начала поиска оптимального варианта организации транспортной компании);
- В ячейке F22 вычисляется величина выручки  $= E14 * F14 * B7$ ;
- В ячейке F22 вычисляется величина прибыли  $= F22 * (1 - D22/100) - I14$ .

Поиск оптимального варианта распределения средств осуществлялся с использованием технологии «Поиск решения».

**Вывод.** Для получения максимальной прибыли (5 235,131 млн руб. за жизненный цикл компании) целесообразно инвестиции распределить следующим образом:

- на закупку транспортных средств — 32 млн руб.;
- на систему обеспечения — 1 млн руб.;
- на закупку паркового оборудования — 7 млн руб.;
- на закупку погрузочного оборудования — 6 млн руб.;
- на систему управления — 1 млн руб.;
- на рекламу компании — 3 млн руб.



Таблица 3.36

1	A	B	C	Искомые переменные				F	G	H	I
				Средства, выделяемые на закупку транспортных средств	Средства, выделяемые на закупку паркового оборудования	Средства, выделяемые на закупку паркового оборудования	Средства, выделяемые на закупку паркового оборудования				
2											
3	Начальные значения	20	3	4	5	5	5		4		
4	Ограничение, мин	1	1	1	1	1	1	1	1		
5	Ограничение, макс.	50	10	7	6	8	8	3			
6	Показатель качества	2.045498177	1	1.06895051	0.978019044	0.999	0.9522				
7	Обобщенный показатель качества			2.072278952							
8	Целевая функция			4028.258444							
9	Оптимальные значения	32	1	7	6	1	3			50	50
10											
11											
12											
	Стоимость одного транспортного средства		Количество транспортных средств	Количество рейсов за жизненный цикл (одного тр. сред.)	Общее количество рейсов	Выручка от одного средства за рейс	Перменные затраты на рейс	Общие затраты			
13		0.7	45.71428571	99	4210.446075	0.6	0.125	526.3057594			
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
	Инвестиции	Время расчета с инвесторами	Налоги %	Выручка	Прибыль						
21		50	1	13	5235.131269	4028.258444					
22											

---

## Тестовые задания

1. Что такое модель?
2. Что такое моделирование?
3. Назовите признаки классификации моделей.
4. Назовите типы моделей в соответствии с основными признаками их классификации.
5. Назовите основные задачи, которые решаются с помощью экономических моделей.
6. Назовите основные требования, которые предъявляются к моделям экономических систем.
7. Назовите основные принципы построения и использования моделей экономических систем.
8. Определите общий порядок разработки моделей экономических систем.
9. Чем отличается математическая модель от графоаналитической модели?
10. Сформулируйте определения точности и надежности результатов моделирования.
11. Каким образом можно оценить точность и надежность результатов моделирования экономических систем?
12. Что необходимо сделать, чтобы повысить точность и надежность результатов моделирования экономических систем?
13. Рассчитать значение комбинированного прогноза финансово-экономических показателей, полученных с помощью различных моделей:  $X_1=1500$ ,  $x_1^*=2000$ . Средние квадратические отклонения ошибок прогнозирования с помощью этих моделей соответственно равны 50 и 100 ед.
14. Что такое корректируемые модели экономических систем? Способы коррекции моделей.
15. Что такое первичная, частная и общая ошибки моделирования показателей экономических систем?
16. Что необходимо сделать, чтобы получить первичную, частную, общую ошибки?
17. Что такое верификация моделей экономических систем?

---

18. Назовите методы верификации.

19. Укажите последовательность выполнения операций при верификации моделей экономических систем с помощью программы “Excel”.

20. В чем состоит суть подхода, на основании которого определяется целесообразность применения моделей экономических систем?

21. К чему приводит неучет точности и надежности моделирования при принятии экономических решений?

22. Какой метод положен в основу разработки и применения сетевых моделей экономических систем?

23. Дайте определения и раскройте сущность основных понятий метода сетевого планирования и управления.

24. Что такое критический путь в сетевой модели?

25. Что такое резервы времени работ (задач)? Каким образом резервы времени работ (задач) используются для оптимизации сетевых моделей.

26. Раскройте основные правила анализа экономической системы с помощью сетевой модели.

27. Назовите основные правила синтеза экономической системы на основе сетевой модели.

28. Что такое аналитическая модель экономической системы? Назовите основные виды аналитических моделей.

29. Раскройте сущность моделей экономических систем, построенных на основе дифференциальных уравнений.

30. Раскройте сущность моделей экономических систем, построенных на основе системы одновременных уравнений.

31. Каким образом может использоваться статистическая информация о результатах деятельности экономических систем при разработке их моделей.

32. В чем сущность имитационной модели экономической системы?

33. Как осуществляется моделирование времени в имитационных моделях?

34. Как осуществляется моделирование пространства в имитационных моделях?

---

35. Назовите способы организации квазипараллелизма в имитационных моделях.

36. Назовите порядок моделирования единичного случайного события.

37. Назовите порядок моделирования полной группы несовместных случайных событий.

38. Назовите порядок моделирования случайных величин дискретного типа.

39. Назовите порядок моделирования случайных величин непрерывного типа.

40. Назовите порядок моделирования случайных процессов.

41. В чем состоит сущность “Case”-технологий имитационного моделирования?

42. Назовите общий порядок разработки имитационной модели экономической системы.

43. Что такое оптимизационная модель экономической системы?

44. Назовите состав и структуру оптимизационной модели экономической системы.

45. Какие методы оптимизации используются в оптимизационных моделях экономических систем?

46. Назовите общий порядок разработки оптимизационных моделей экономических систем.

---

## Литература

---

1. Антонов А. В. Системный анализ. — М.: Высшая школа, 2004.
2. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении: Учеб. пособие / Под ред. А. А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002.
3. Абчук В. А. и др. Справочник по исследованию операций / Под общ. ред. Ф.А. Матвейчука. — М.: Воениздат, 1979.
4. Балашов О. В., Фомин А. И. Теория систем и системный анализ. Учебник для вузов. — Смоленск: СФ АНО ВПО ЦС РФ “РУК”, 2003
5. Баронов В. В., Калянов Г. Н., Попов Г. Н. и др. Автоматизация управления предприятием. — М.: ИНФРА-М, 2000.
6. Бюджет государства и информационные технологии: Учебник / Под науч. ред. Е. В. Бушмина. — М.: Перспектива, 2001.
7. Бауэрсокс Д. Дж., Клосс Д. Дж. Экономика: интегрированная цепь поставок: Пер. с англ. — М.: ЗАО “Олимп-Бизнес”, 2001.
8. Беляев И., Капустян В. М. Системный анализ: прикладной аспект. — М.: ТОО “СИМС”, 1999.
9. Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа. Изд-во СПбГТУ, 2001.
10. Волкова В. Н., Воронков В. А., Денисов А. А. и др. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. — М.: Радио и связь, 1983.
11. Волкова В. Н., Емельянов А. А. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник. — М.: Финансы и статистика, 2006.
12. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1969.
13. Вентцель Е. С. Исследование операций. — М.: Наука, 1970.

14. *Голенко Д. И.* Статистические методы в управлении производством. — М.: Статистика, 1973.
15. *Кобелев Н. Б.* Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. Учебник. — М.: Дело, 2003.
16. *Емельянов А. А., Власова Е. А., Дума Р. В.* Имитационное моделирование экономических процессов. Учебник / Под ред. А. А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002.
17. *Емельянов А. А.* Имитационное моделирование в управлении рисками. Учебник. — СПб., 2000.
18. *Ерохина Е. А.* Теория экономического развития: системно-синергический подход. — М., 1999.
19. *Краснов А. Е.* Информационные технологии управления экономическими объектами в условиях неопределенности и рисков: Учеб. пособие с компьютерным практикумом на базе локальных информационных систем. — М.: МГТА, 2003.
20. *Куперштейн В. И.* Microsoft Project в делопроизводстве и управлении. — СПб.: БХВ — Петербург, 2003.
21. Математическое моделирование экономических систем. Юнита 1. — М.: СГУ, 2000.
22. *Миротин Л. Б., Ташбаев Ы. Э.* Системный анализ в логистике. Учебник. — М.: Экзамен, 2004.
23. *Оптнер С. Л.* Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем: Пер с англ. С. П. Никанорова. — М.: Советское радио, 1969.
24. *Салманов О. Н.* Математическая экономика с применением Mathcad и Excel. — СПб: БХВ — Петербург, 2003.
25. *Сергеев В. И.* Менеджмент в бизнес — логистике. — М.: ИИД “ФИЛИНЪ”, 1997.
26. *Сидоренко А. М., Дыкман О. А. и др.* Информационные технологии в финансовом моделировании. Учеб. пособие. — Н. Новгород: НКИ, 2001.
27. *Спицнадель В. Н.* Теория и практика принятия оптимальных решений. — СПб.: Бизнес-пресса, 2002.
28. *Спицнадель В. Н.* Основы системного анализа: Учеб. пособие. — СПб.: Бизнес пресса, 2000.
29. *Спирин А. А., Фомин Г. П.* Экономико-математические методы и модели в торговле. — М.: Экономика, 1988.

- 
30. Тараканов К. В., Овчаров А. А., Тырышкин А. Н. Аналитические методы исследования систем. — М.: Советское радио, 1974.
31. Тихомиров В. Т. Как принимать решения // Техника и наука. — 1973. — № 14.
32. Тарасевич Л. С., Гребенников П. И., Леусский А. И. Микроэкономика: Учебник. — М., 2003.
33. Черняк Ю. И. Системный анализ в управлении экономикой. — М.: Экономика, 1975.
34. Шеремет А. Д., Сайфулин Р. С., Негашев Е. В. Методика финансового анализа. Учеб. пособие. — М.: ИНФРА-М., 2002.
35. Щедрин Н. И., Кархов А. Н. Экономико-математические методы в торговле. — М.: Экономика, 1980.
36. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2007. <http://slovari.yandex.ru/dict/economic>
37. Вдовин В. М., Суркова Л. Е. Информационные технологии в налогообложении: Практикум. — М.: ИТК “Дашков и К”, 2008.
38. Вдовин В. М., Суркова Л. Е. Информационные технологии в финансово-банковской сфере: Практикум. — М.: ИТК “Дашков и К”, 2008.
39. Никаноров С. П. Системный анализ: этап развития методологии решения проблем в США [http://or-rsv.narod.ru/Concept/Nikanorov\\_003.htm](http://or-rsv.narod.ru/Concept/Nikanorov_003.htm)
40. Маклаков С. В. Моделирование бизнес-процессов. — М.: ДИАЛОГ МИФИ. 2002.
41. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: В 2-х кн. Кн. 1.: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986.
42. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование: Пер. с англ. — М.: Наука, 1975.
43. Никитенков В. Л. Задачи линейного программирования и методы их решения <http://www.syktsu.ru/fac/math/app/lp.htm>
44. Интернет-ресурсы
45. <http://www.INTUIT.ru>
46. [http://www.colibri.ru/extbinfo/pdf/up\\_49125.pdf](http://www.colibri.ru/extbinfo/pdf/up_49125.pdf)

---

Главный редактор — *А. Е. Илларионова*  
Редактор, корректор — *В. Н. Рогожкин*  
Художник — *В. А. Антипов*  
Верстка — *Н. А. Кирьянова, К. Б. Ушаков*  
Ответственный за выпуск — *М. Д. Писарева*

*Учебное издание*

**Вдовин Виктор Михайлович**  
**Суркова Людмила Евгеньевна**  
**Валентинов Вячеслав Аркадиевич**

## Теория систем и системный анализ

Санитарно-эпидемиологическое заключение  
№ 77.99.60.953.Д.007399.06.09 от 26.06.2009 г.

Подписано в печать 20.12.2012. Формат 60×84 1/16.  
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. Печ. л. 40,25.  
Тираж 1500 экз. (1-й завод 1–500 экз.). Заказ №

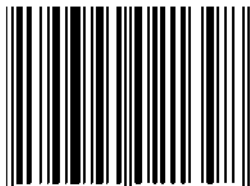
Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°»  
129347, Москва, Ярославское шоссе, д. 142, к. 732.

Для писем: 129347, Москва, п/о И-347

Тел./факс: 8(499) 182-01-58, 182-11-79, 183-93-01.

E-mail: sales@dashkov.ru — отдел продаж;  
office@dashkov.ru — офис; <http://www.dashkov.ru>

Отпечатано в ГУП Академиздатцентр «Наука» РАН,  
ОП Производственно-издательский комбинат «ВИНИТИ»-«Наука»,  
140014, Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский пр-т, д. 403.  
Тел./факс: 554-21-86, 554-25-97, 974-69-76.



9 785394 021398