

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ
Институт энергетики и природопользования
Кафедра Информатики, информационных систем и технологий

НИКУЛИН В.В.

Основы теории систем

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Теория систем и системный анализ»
для бакалавров направления подготовки
09.03.03 Прикладная информатика



Брянская область – 2024

УДК 004.03 (076)

ББК 32.97

Н 65

Никулин, В. В. Основы теории систем: учебно-методическое пособие по дисциплине «Теория систем и системный анализ» для бакалавров направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика / В. В. Никулин. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. - 86 с.

Учебно-методическое пособие для бакалавров направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика очной и заочной форм обучения.

Рецензенты: доцент кафедры информатики, информационных систем и технологий Брянского ГАУ Е.М. Милютина;
доцент кафедры технического сервиса Брянского ГАУ С. А. Феськов.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института энергетики и природопользования Брянского ГАУ, протокол №6 от 18 июня 2024 года.

© Брянский ГАУ, 2024

© Никулин В.В., 2024

Содержание

	Стр.
Введение	4
Глава 1. Основные понятия теории систем	6
1.1. Теория систем и системный анализ	6
1.2. Понятие системы и ее свойства	6
1.3. Основные категории систем	10
1.4. Преобразования в системах	14
1.5. Типы шкал, фиксирующих процессы преобразования в системах	15
1.6. Жизненный цикл систем	16
1.7. Функционирование и развитие систем	19
Глава 2. Свойства и возможности системы	21
2.1. Свойства системы	21
2.2. Возможности системы	22
2.3. Обобщенный показатель качества системы	42
Глава 3. Законы функционирования и методы управления системами	44
3.1. Законы теории систем	44
3.2. Частные законы теории систем	45
3.3. Закономерности функционирования систем	48
3.4. Процессы в системе и управление системой	49
3.5. Методы и принципы управления в системах	52
3.6. Общие положения по оценке состояния систем в условиях неопределенности	55
3.7. Прогнозирование состояния систем, функционирующих в условиях неопределенности	56
3.8. Прогнозирование критических ситуаций в экономических системах	64
3.9. Управление экономическими системами в условиях критического состояния (кризиса)	76
Тестовые задания	80
Литература	82

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Теория систем и системный анализ» – это 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.

Основоположником *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 эмпирическом 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.

Данное пособие предназначено для изучения дисциплины «Теория систем и системный анализ» студентами бакалавриата направления подготовки «Прикладная информатика», профиль «Программно-технические средства информатизации». Содержание материала, его изложение, а также практическая база соответствуют требованиям Государственного стандарта, учитывают взаимосвязи с дисциплинами “Информатика”, “Информационные системы и технологии”, “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.

ГЛАВА 1. 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;

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

δ – функции переходов;

λ – 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;

Ω – классы функций на входе; V – классы функций на выходе;

ζ, μ – 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 система 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, – смежные 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).

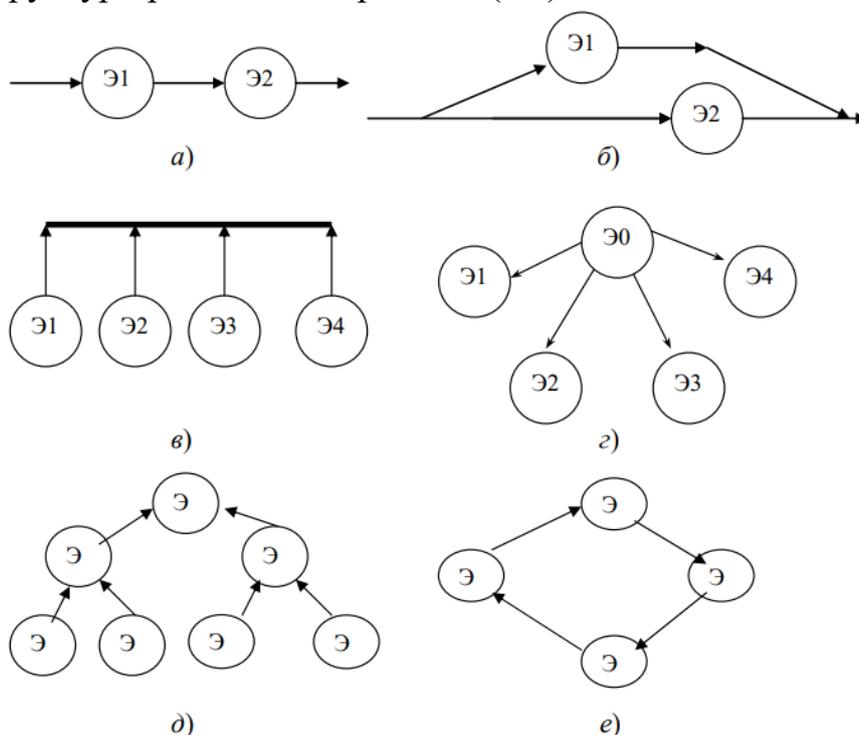


Рис. 1.1. Возможные структуры систем:

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 возникновение 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, сравнивающие устройство, среда, параметры управления) приведено на рис. 1.2.

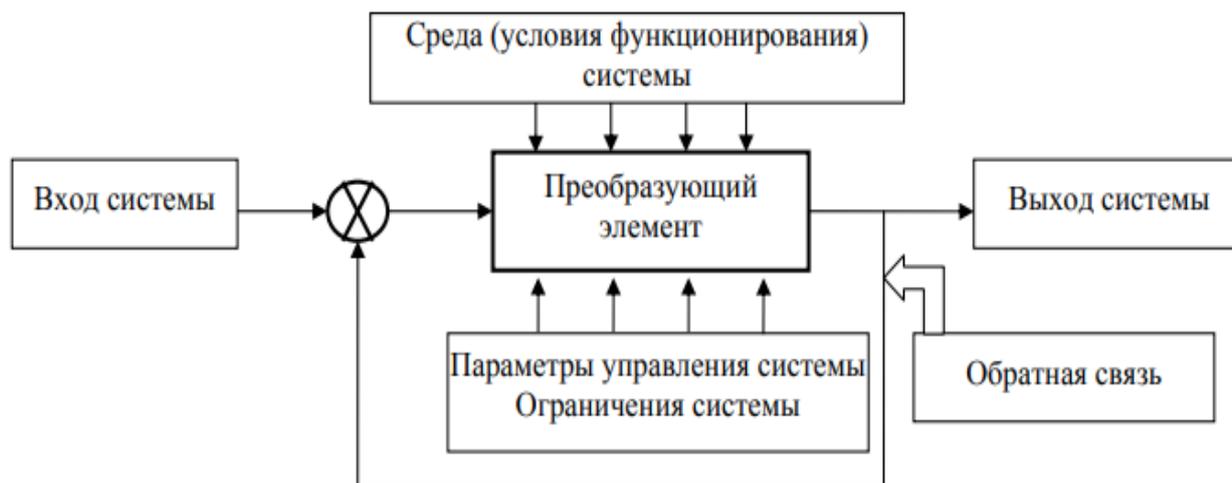


Рис. 1.2. Схема простейшей системы

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. Информационные 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;

$U_{ус} = U_{ус} (U_{ус1}; U_{ус2}; U_{ус3}; \dots U_{усn})$ – 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 внутриспсихические преобразования образов в ходе мышле-

ния, 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 $19\text{ }^{\circ}\text{C}$, вечером – $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. вечерняя температура на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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;

25 - 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 интервальной 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, характеризуемые комплексом 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);

- ✓ удалению 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.

1.7. 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 це-

лого (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 функционируют, 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:

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

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;

$D_{срi}$ – среднее удаление границы поля от i -го элемента;

σ_{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. 2.1.

Таблица 2.1

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.

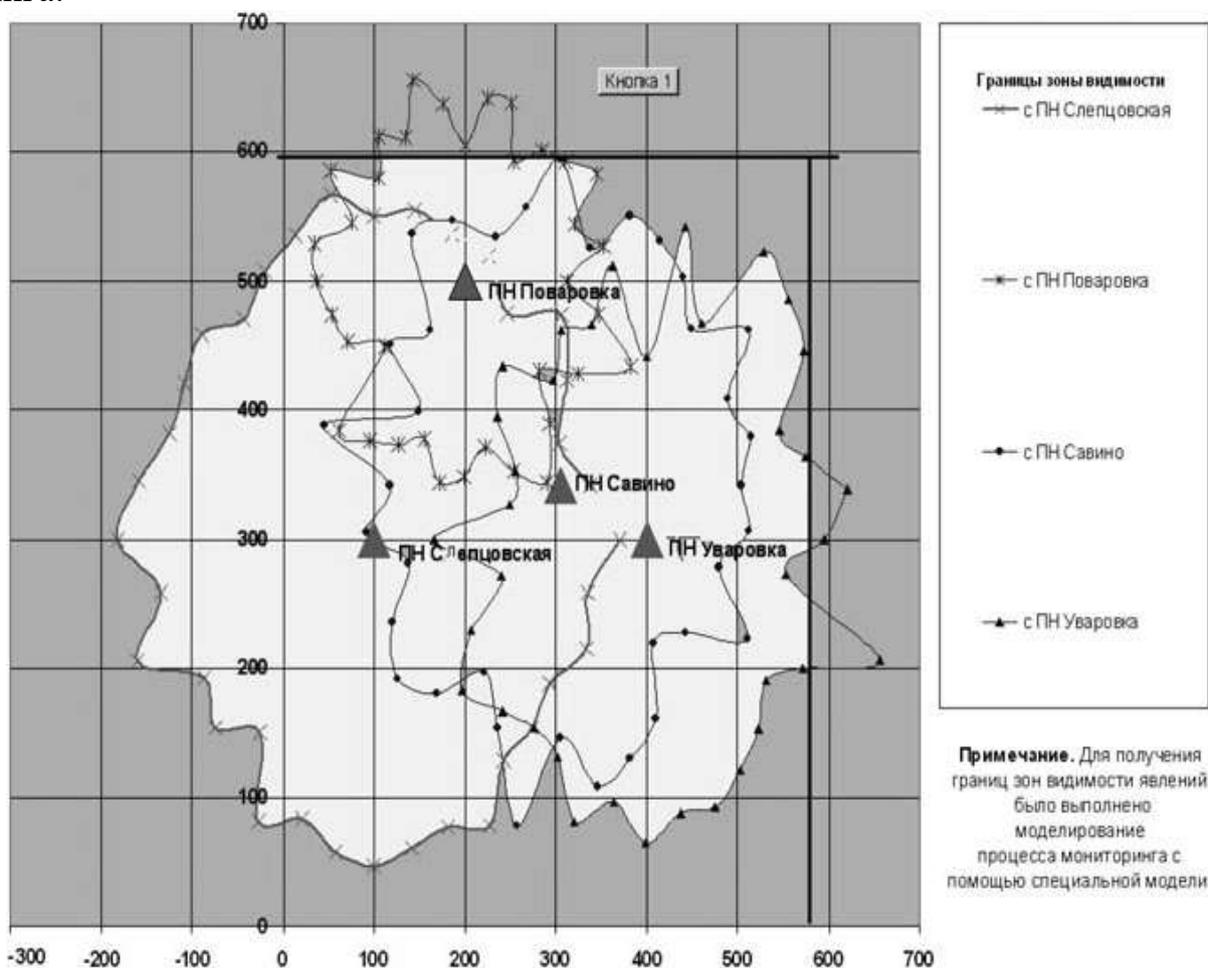


Рис. 2.1. Области экологического мониторинга

С учетом взаимного расположения постов экологического мониторинга, а также данных, приведенных в табл. 2.1, выполнено моделирование и определены пространственные показатели системы.

На рис. 2.1 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 работ (мероприятия) – t_{Σ} 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 показатели 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. 2.2.

Таблица 2.2

№ 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. 2.2 (шкала времени – часы).

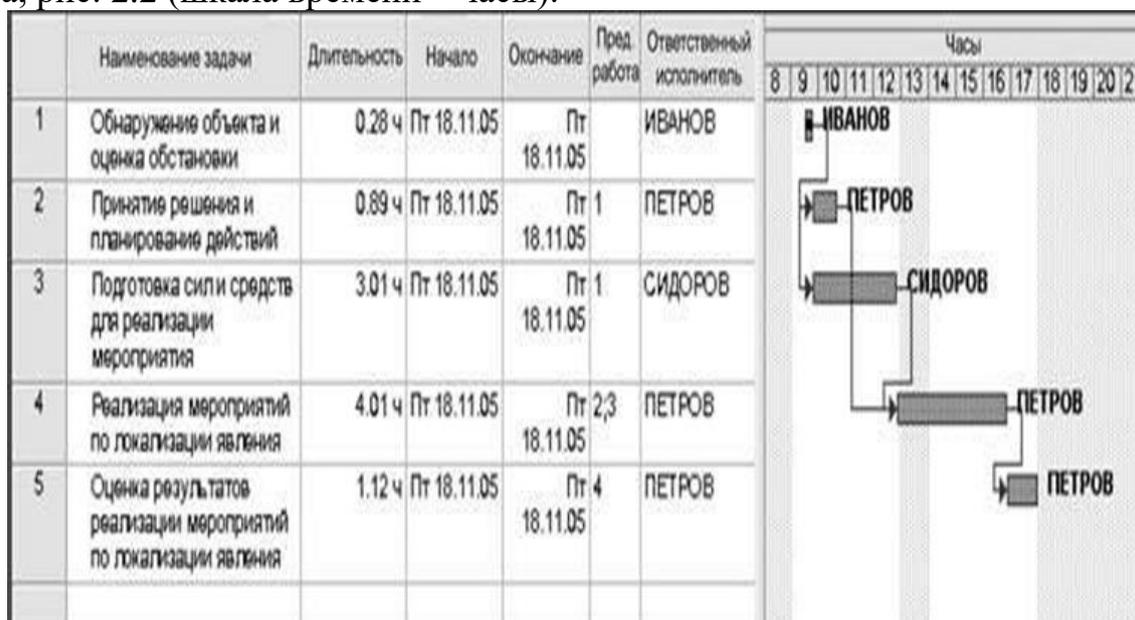


Рис. 2.2. Линейный график мониторинга (график Ганта)

3. С использованием системы фильтров программы получают линейный график работ, находящихся на *критическом пути* (рис. 2.3). Определяют время критического пути (оно же среднее время реализации процесса) $8 \text{ ч } 25 \text{ мин}$, $t_{\Sigma} = 0,28 + 3,01 + 4,01 + 1,12 = 8,42 \text{ (ч)}$.

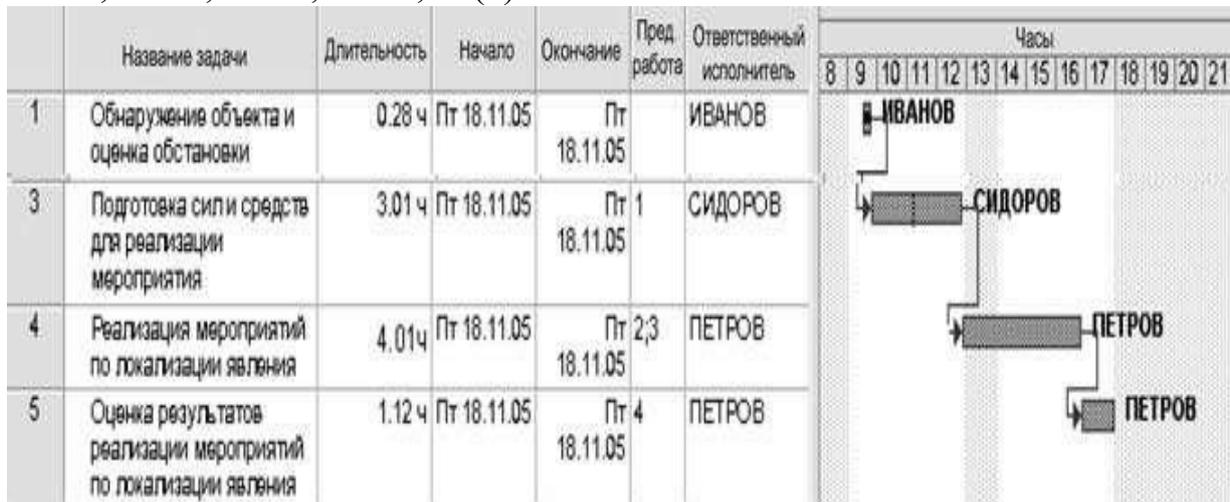


Рис. 2.3. Определение работ, находящихся на критическом пути

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_{ϕ_i} – математическое ожидание оценки i -го параметра, характеризующего фактическое состояние системы;

σ_{m_i} – среднее квадратическое отклонение ошибки определения i -го параметра, характеризующего фактическое состояние системы;

M_{π_i} – требуемое 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 $\Delta m_{\phi_i} = M_{\pi_i} - m_{\phi_i}$;

— 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:

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

Пропускная способность системы – показатель, характеризующий ее возможности по скорости переработки информации в управляющее воздействие.

Если скорость поступления информации в систему управления характеризовать величиной $\lambda_1 = \frac{dI}{dt}$, где I – объем, а скорость переработки информации состояния 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 облег-

ченном 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 входная 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;

$$\alpha = \frac{t_{\text{обс}}}{t_{\text{ср}}}$$

$t_{\text{ср}}$ – 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*

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

- *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. 2.4.

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.

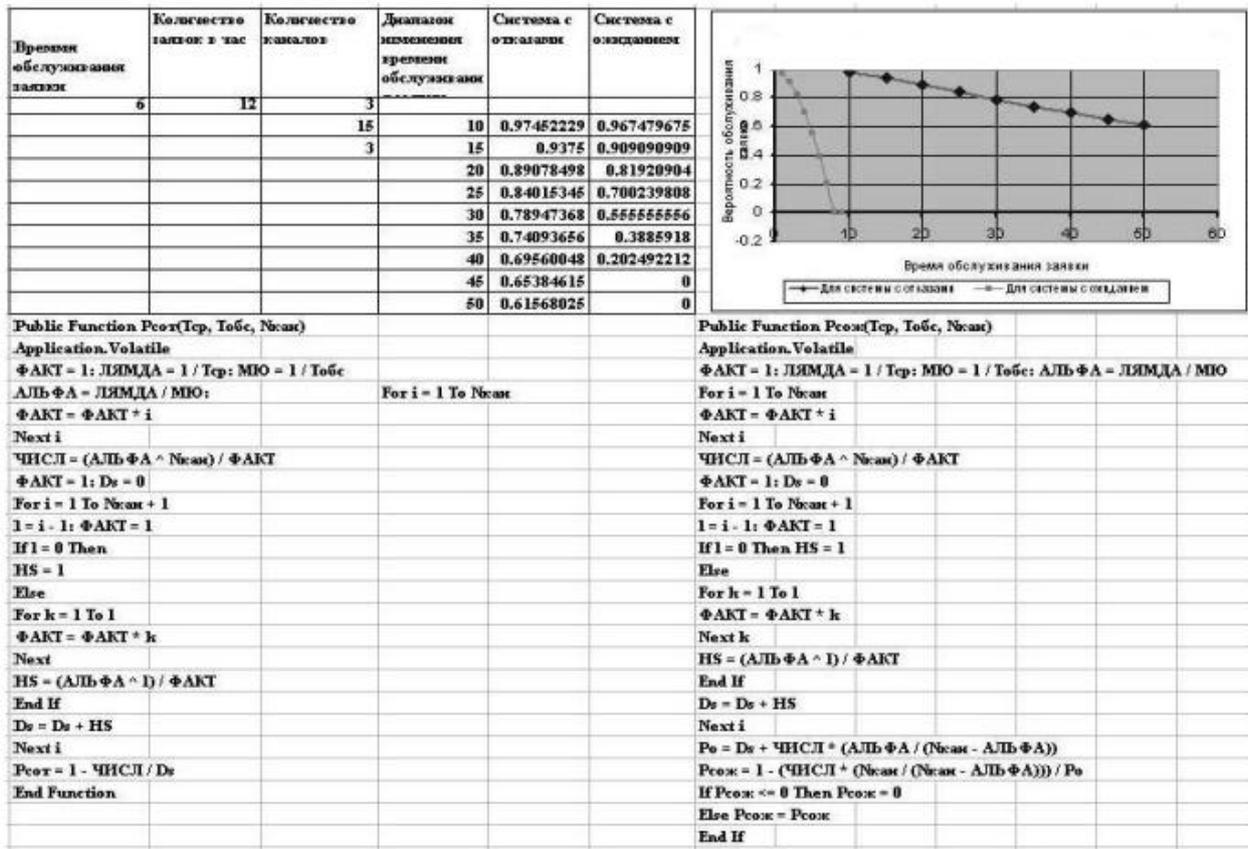


Рис. 2.4. Оценка эффективности систем массового обслуживания

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;
 λ – 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. 2.3, оценить устойчивость системы.

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

Таблица 2.3

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. 2.5.

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	1.068840318	0	0.607647045
ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ							
Public Function PUCT(Prist, Tпр, Tвос, Nzap, n)				2	1.141839986	0.429080007	0.826496743
Application.Volatile				3	1.218730753	0.593756416	0.914699702
Лямбда = 1 / Tпр; MBO = 1 / Tвос; Sum = 0				4	1.299261672	0.675184582	0.95397965
For i = 1 To Nzap + 1				5	1.383197977	0.723360405	0.973078001
m = i - 1; Fakt = 1				6	1.470320046	0.754946659	0.983105112
If m = 0 Then				7	1.560422419	0.777082512	0.988733987
Ds = 1				8	1.653312886	0.793335889	0.99208321
Else				9	1.748811636	0.805687596	0.9941794
For k = 1 To m				10	1.846750452	0.815314955	0.995550292
Fakt = Fakt * k				11	1.946971968	0.823002548	0.996481776
Next k				12	2.049328964	0.829212586	0.997136112
Ds = ((Лямбда * m) ^ m) / Fakt * (m * Tвос)				13	2.155683718	0.834332022	0.997609301
End If				14	2.259907388	0.838578044	0.997960283
Sum = Sum + Ds				15	2.367879441	0.842141371	0.998216468
Next i				16	2.4	0.86	0.999
PUCT = Exp(-Лямбда * n) * Sum				17	2.42	0.89	0.9999
End Function							

Рис. 2.5. Оценка устойчивости системы

Восстанавливаемость системы. Под *восстанавливаемостью* системы понимается ее способность переходить в состояние, в котором она может выполнять 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 λ_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

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

где t – время, за которое определяется надежность

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

$\lambda = \frac{1}{t_{cp}}$ – 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 μ — интенсивность восстановления системы, $\mu = \frac{1}{t_{\text{восст}}}$;
 $t_{\text{восст}}$ — 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. 2.6.

Таблица 2.4

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. 2.5, 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. 2.7.

Таблица 2.5

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	?

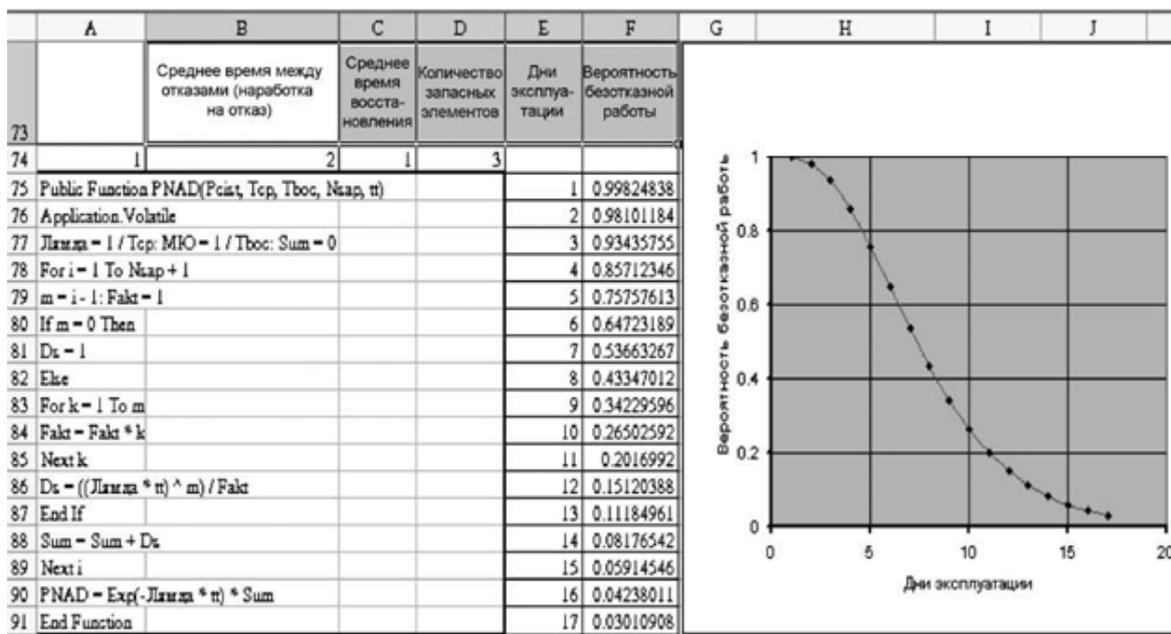


Рис. 2.6. Оценка надежности системы

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_i каналов приема информации и по каждому каналу может поступать поток информации с интенсивностью (λ_{ni}) и полезностью (δ), то органом управления принимается информация (объем) (θ_{ni}).

В то же время для реализации всех управленческих функций необходим объем информации, равный (θ_{ni}).

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

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

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

где δ – показатель, характеризующий степень полезности информации, поступающей в орган управления;

$K_{пз}$ – показатель, характеризующий помехозащищенность системы;

$K_{скр}$ – показатель, характеризующий скрытность системы;

K_x – 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).

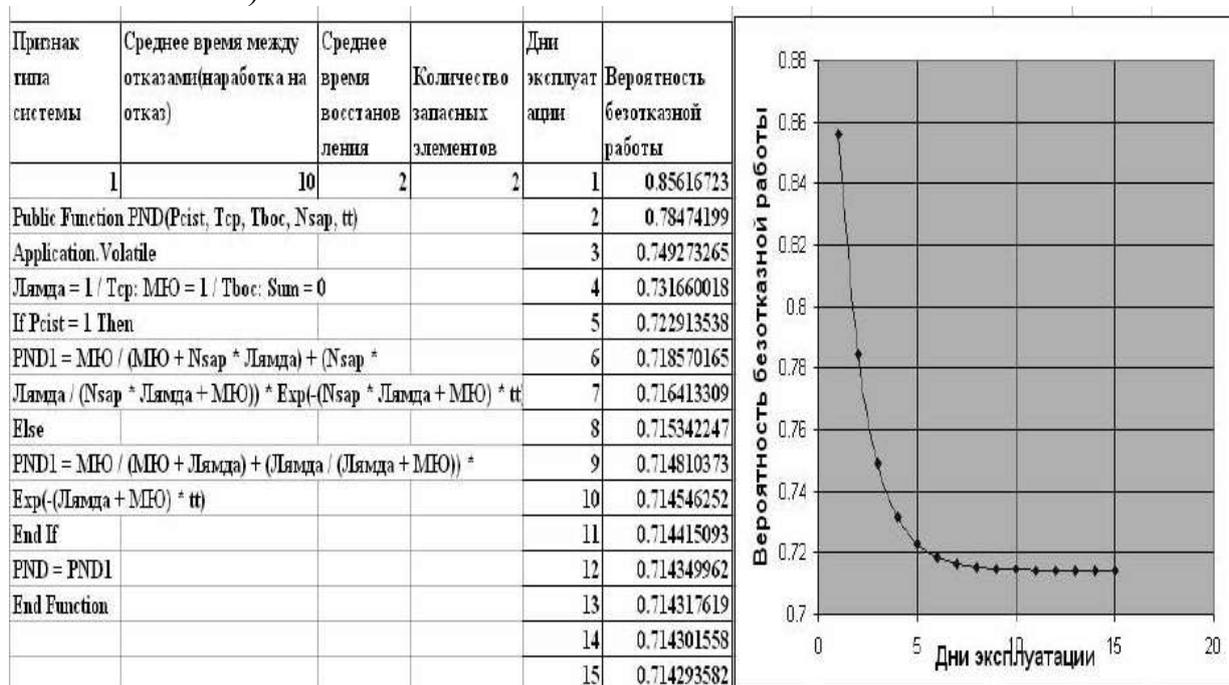


Рис. 2.7. Оценка надежности системы с задерживаемым восстановлением

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 управ-

ления, 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 $\Pi_i^{(o)}(t)$ и после изменений $\Pi_{(i)}^{(*)}(t)$.

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

Величина эффeкта вычисляется по формуле

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

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 Π_{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 Π_i – потенциал элемента системы, участвующего в выполнении задачи.

Показатели, характеризующие отношение потенциала элемента системы, непосредственно определяющей результат деятельности (Π_d), сил управления (Π_y) и обеспечения (Π_o) к общему потенциалу системы (Π_Σ):

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

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

Показатели производительности функционирования системы – характеризуют величину результата функционирования системы, приходящегося на единицу средств (Π_N), времени (Π_T) и пространства (Π_V). Физический смысл этих показателей состоит в оценке скорости изменения результата во времени, пространстве и состоянии.

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, $(R_{\text{потр}} \subset Ц_{\text{д}})$,

$R_{\text{потр}}$ – потребный результат деятельности;

$Ц_{\text{д}}$ – цель деятельности.

Успешность функционирования системы

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

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:

$$K_{\text{эс}} = \frac{P}{R_y},$$

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:

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

где P_y – вероятность выработки эффективного управляющего воздействия;
 P, P^* – результаты, вычисленные при условии выработки и не выработки эффективного управляющего воздействия соответственно;

$P_з$ – 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 определено 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. 2.5. Определить значение показателя функциональной эффективности системы.

Таблица 2.5

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:

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

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

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

где ΔP – 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. Прогнозируемый 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

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

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;

γ_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. $P_i(U_i^{(ф)} > U_i^{(потр)})$.

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

где $U_i^{(ф)}$, $U_i^{(потр)}$ – значение i -го параметра, характеризующего i фактическое и потребное состояния системы соответственно.

σ_{Σ_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 $K_{сис\tau} \geq 0,8$ система полностью удовлетворяет предъявляемым требованиям;
- при $0,5 < K_{сис\tau} < 0,8$ система частично удовлетворяет предъявляемым требованиям;
- $K_{сис\tau} \leq 0,5$ 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, $=2*(8+1-C344)/(8*8+8)$.
2. Рассчитываются значения функции $\Phi(p)$ – в ячейке С346, $=НОРМРАСП(С342;С341;С343;ИСТИНА)$.
3. Рассчитывается значение P_i – в ячейке С347, $=0.5*(1+C346)$.
4. В ячейке С348 рассчитывается значение $=C345*C347$.
5. В ячейке С349 рассчитывается значение показателя качества системы.

Таблица 2.7

	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 $\Phi(p)$	0.747508	0.3694414	1	0.7340145	0.091211	0.691462467	0.022750062	0.84134474		
347	Значение показателя P_i	0.873754	0.6847207	1	0.8670073	0.545606	0.845731234	0.511375031	0.92067237		
348	Класс P_i	0.097084	0.0951001	0.2222222	0.1685847	0.090934	0.046985069	0.042614586	0.025574233	0.789098946	
349	Показатель качества системы (Класс)					0.789098946					

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

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.

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 вариантов 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 вариантов 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.

3.2. 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 исследоваться 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 является непременной 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 законо-

мерность 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. Эквифинальность. 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 эквифинальность 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.

1. 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.

3.3. 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 сред 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 тем-

пов роста, связанное с полностью реализованным потенциалом и накоплением нового потенциала для развития и повторение цикла развития.

3.4. Процессы в системе и управление системой

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 функция – 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.

$$y(p) = W(p) * x(p).$$

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

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. 3.1 (а, б).

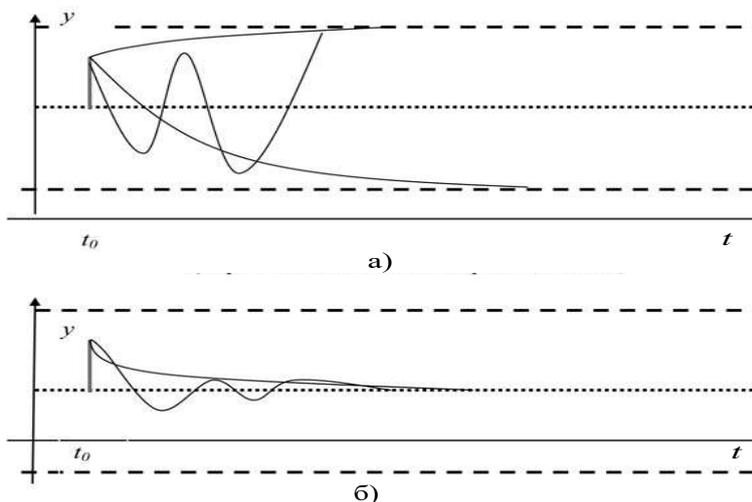


Рис. 3.1. Возможные варианты переходных процессов в системе:
а – при положительной обратной связи; б – при отрицательной обратной связи; центральная линия – равновесное значение переменной y ; пунктирные линии (верхние и нижние) – допустимые значения y ; сплошные линии – возможные траектории переходных 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. 3.2, а). Если система не возвращается в исходное состояние, то это неустойчивая система (рис. 3.2, б). Если после снятия возмущения система приходит в новое состояние равновесия, то эта система нейтральная (рис. 3.2, в). Если после снятия возмущения начнутся колебания вокруг исходного состояния равновесия, то система находится на границе устойчивости (рис. 3.2, г).

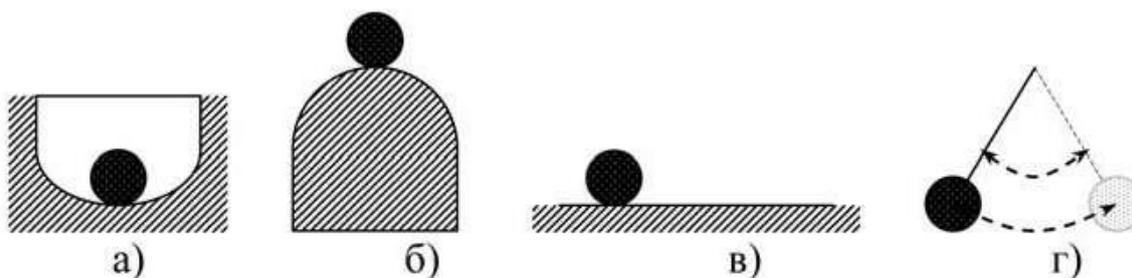


Рис. 3.2. Примеры устойчивости систем:

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.

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.

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.

3.5. 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.

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

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

7. 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.

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

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

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

11. управление на основе реакции;

12. стереотипное управление;

13. 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 вызывает 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.

3.6. 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 реше-

ния 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.

3.7. Прогнозирование состояния систем, функционирующих в условиях неопределенности

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, эвристические 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. 3.3).

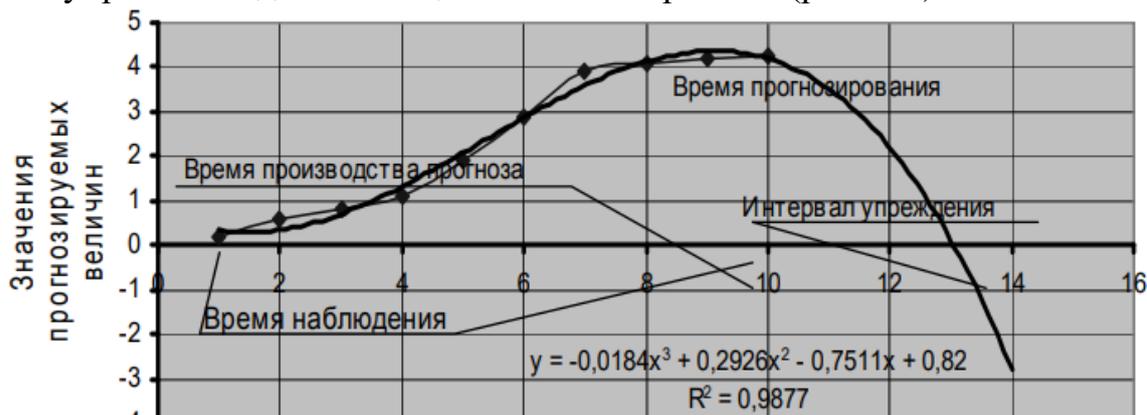


Рис. 3.3. К определению основных понятий прогнозирования

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 взаимосвязующие и взаимодействующие системы?

Методы прогнозирования

Решить задачи прогнозирования можно, применив для этих целей следующие методы и технологии, приведенные на рис. 3.4.



Рис. 3.4. 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), ес-

ли 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 $\|C_{Hi}\|$, ($i=1, n$) – 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_{nki}^* – величина налогового отчисления по k -й статье i -го хозяйствующего субъекта.

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

Величины $\|\varepsilon_{ni}\|$, 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), – ΔC_i ;

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

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:

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

где C_{ni} – величина налогового поступления от i -го предприятия (хозяйствующего субъекта);

C_{nj} – величина налогового поступления от j -го предприятия (хозяйствующего субъекта);

ε_{ni} , ε_{nj} – 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 ΔC_{ij} .

2. Формируется матрица недоплаты налогов:

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

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 $\|M\{\Delta C_i\}\|$ и $\|\sigma_{\Delta C_i}\|$.

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 ρ_{ij} – коэффициент корреляции.

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

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

формируется вектор вероятностей $\|P_{\text{нфи}}\|$.

6. Вычисляется обобщенная вероятность сокрытия средств и неуплаты налогов с учетом всех показателей, характеризующих налоговую сферу и политику ($P_{\text{офи}}$)

$$P_{\text{офи}} = P_{\text{нфи}} * P_{\text{нни}},$$

формируется вектор обобщенных вероятностей $\|P_{\text{офи}}\|$

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):

$$C_i^{(\max)} = C_i + (\Delta C_i + 3\sigma_{\Delta C_i});$$

$$C_i^{(\min)} = C_i + (\Delta C_i - 3\sigma_{\Delta C_i}).$$

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”.

3.8. 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 назначению 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.

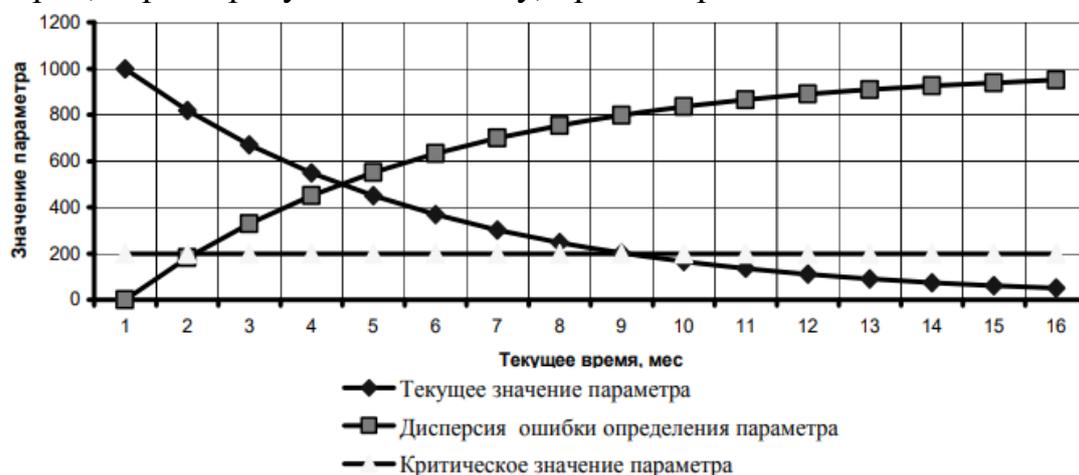


Рис. 3.5. Закон изменения параметра, характеризующего критическую ситуацию

Технология прогнозирования критической ситуации будет следующей:

1. Определяется совокупность параметров, характеризующих исследуемый процесс (рис. 3.5).
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. 3.6 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. 3.6. 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 ($\mathcal{E}_п, K_{Эп}$). 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 (Φ) при выполнении ограничений:

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

где n_s – количество элементов системы;

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

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

$m_i^{кр}$ – критическое значение i -го параметра системы;

m_i^0 – начальное значение i -го параметра системы;

$K_{эп_i}$ – относительная важность i -го элемента системы (потенциал элемента системы в относительном выражении);

m_i – численность i -го элемента системы;

$K_{эп_i}$ – относительная важность i -й (одной) единицы воздействующей системы;

Дополнительно учитывается следующее ограничение:

$$U_{\Sigma_k}^{(c)} = \sum U_i \cdot OB_i,$$

где OB_i – относительная важность подсистемы, оказывающей влияние на переход системы в критическое состояние. Уравнение связи (это уравнение используется как нормировочное уравнение или ограничение):

$$U_{\Sigma_k}^{(c)} = U_1 \cdot \frac{\mathcal{E}_{п1}}{\mathcal{E}_{п\Sigma}} + U_2 \cdot \frac{\mathcal{E}_{п2}}{\mathcal{E}_{п\Sigma}} + \dots + U_n \cdot \frac{\mathcal{E}_{пn}}{\mathcal{E}_{п\Sigma}},$$

где $\mathcal{E}_{п1}$, $\mathcal{E}_{п2}$, $\mathcal{E}_{пn}$ – экономический потенциал каждого из элементов системы подсистемы);

$\mathcal{E}_{п\Sigma}$ – 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 процесса¹.

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:

$$\begin{aligned}
 P_{кр}(t) &= P_{кр} [n_{сист}; P^{(i)}_{кр}(t); P_{усл}]; \\
 f_{кр}(t) &= f \{ P_{кр} [n_{сист}; P^{(i)}_{кр}(t); P_{усл}]; \}; \\
 P_{кр}^{(i)}(t) &= P_{кр}^{(i)} [m_i^{(n)}, m_i^{(H)}, D_i^{(n)}, D_i^{(H)}, k_{ij}]; \\
 \frac{dm_i^{(H)}}{dt} &= - \sum_{i=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} m_j^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) + \lambda_{ip} R_{ip}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}); \\
 \frac{dm_i^{(n)}}{dt} &= - \sum_{i=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} m_j^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) + \lambda_{ip} R_{ip}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}); \\
 \frac{dD_i^{(H)}}{dt} &= \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} m_j^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) - \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) - \\
 &\quad - 2 \left\{ \sum_{i=j} (\Gamma_{ij} - m_i^{(n)} m_j^{(H)} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)}) \right\}; \\
 \frac{dD_i^{(n)}}{dt} &= \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} m_j^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) - \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) - \\
 &\quad - 2 \left\{ \sum_{i=j} (\Gamma_{ij} - m_i^{(n)} m_j^{(H)} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)}) \right\}; \\
 \frac{d\Gamma_{ij}}{dt} &= M \left[X_i^{(n)} \left\{ - \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(H)} \xi_{ij}^{(H)} m_j^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) + \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(H)} R_{ij}^{(H)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) \right\} \right] + \\
 &\quad + M \left[X_j^{(H)} \left\{ - \sum_{j=1}^{n_n} \lambda_{ij}^{(n)} \xi_{ij}^{(n)} m_j^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) + \sum_{i=1}^{n_{nn}} \lambda_{pi}^{(n)} R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{\mathcal{N}}) \right\} \right],
 \end{aligned}$$

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;

¹ 1 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.

$n_{\text{сист}}$ – количество подсистем в системе;

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

$m_i^{(n)}, m_i^{(n)}, D_i^{(n)}, D_i^{(n)}, k_{ij}, \hat{\Gamma}_{ij}$ – характеристики параметров исследуемого процесса (математическое ожидание показателей, характеризующих состояние элементов и системы в целом, дисперсии ошибок определения этих параметров, коэффициенты корреляции, моменты и др.);

$\xi_{ij}^{(n)}, \zeta_{ij}^{(n)}$ – доля потенциала системы (подсистемы) j -го типа, которая воздействует на систему (подсистему) i -го типа;

$\lambda_{ij}^{(n)}, \lambda_{ij}^{(n)}$ – эффективность воздействия системы (подсистемы) j -го типа на систему (подсистему) i -го типа на систему (подсистему) i -го типа;

$R_{ij}^{(n)}(t, \bar{S}, \bar{\chi}), R_{ij}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{S})$ – совокупность параметров, характеризующих вариант воздействия системы (подсистемы) i -го типа на систему (подсистему) j -го типа;

$R_{ip}^{(n)}(t, \bar{S}, \bar{\chi}), R_{ip}^{(n)}(t, \bar{\chi}, \bar{S})$ – совокупность параметров, характеризующих вариант восстановления потенциала системы (подсистемы) i -го типа;

$n_{\text{вп}}$ – количество источников восстановления потенциала системы (подсистем). Вероятность нахождения системы в критическом состоянии определяется с помощью следующих соотношений:

Вероятность нахождения системы в критическом состоянии определяется с помощью следующих соотношений:

$$P_{\text{кр}}(t) = \sum_{m=0}^n C_n^m P_{\text{cp}}^m(t) [1 - P_{\text{cp}}(t)]^{n-m} P_{\text{усл}(m)}(t), \quad (1.1)$$

$$\text{где } P_{\text{cp}}(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{\text{кр}_i}(t);$$

$$P_{\text{кр}}(t) = \sum_{m=0}^n P_m(t) P_{\text{усл}(m)}(t); \quad \psi(z) = \prod_{i=1}^n [(1 - P_{\text{кр}_i}(t)) + P_{\text{кр}_i}(t)z]; \quad (1.2)$$

$$P_{\text{кр}}(t) = \sum_{i=1}^n P_{\text{кр}_i}(t) P_{\text{усл}_i}(t); \quad (1.3)$$

$$P_{\text{кр}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{кр}_i}(t)); \quad (1.4)$$

где n – количество параметров, определяющих состояние системы;

$P_{\text{кр}_i}(t)$ – вероятность принятия i -м параметром критического значения;

$P_{\text{усл}(m)}(t)$ – 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

$$P_{кр_i}(t) = 0,5[\Phi(\frac{\Pi_{кр_i}^{(макс)}(t) - \Pi_{тек_i}(t)}{\sigma_{\Sigma_i}(t)}) - \Phi(\frac{\Pi_{кр_i}^{(мин)}(t) + \Pi_{тек_i}(t)}{\sigma_{\Sigma_i}(t)})],$$

где $\Pi_{тек_i}$ – текущее значение i-го параметра, влияющего на критическое состояние системы;

$\Pi_{кр_i}$ – критическое значение i-го параметра, характеризующего критическое состояние системы;

σ_{Σ_i} – 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. 3.1.

Таблица 3.1

№ п/п	Условная норма параметров системы	Фактическое значение параметров системы	Критические значения параметров системы	Интенсивности внешних воздействий и возмущений				
				П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅
1	П ₁	1200	100	0,05	0,02	0,015	0,05	0,015
2	П ₂	1500	200	0,08	0,015	0,004	0,05	0,008
3	П ₃	2800	400	0,03	0,09	0,008	0,09	0,002
4	П ₄	1000	400	0,01	0,012	0,03	0,05	0,005
5	П ₅	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 Π_1 – Π_5 ; дисперсий и средних квадратических отклонений ошибок прогнозирования текущих параметров системы (D_{Π_1} – D_{Π_5} , σ_{Π_1} – σ_{Π_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 интересные нас параметры системы. Для решения дифференциальных уравнений используется метод прямоугольников (табл. 3.2).

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;

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$3;C29;(H28+1)^{0.5};\text{ИСТИНА})$$

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$4;D29;(I28+1)^{0.5};\text{ИСТИНА})$$

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$5;E28;(J28+1)^{0.5};\text{ИСТИНА})$$

$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$6;F28;(K28+1)^{0.5};\text{ИСТИНА})$$

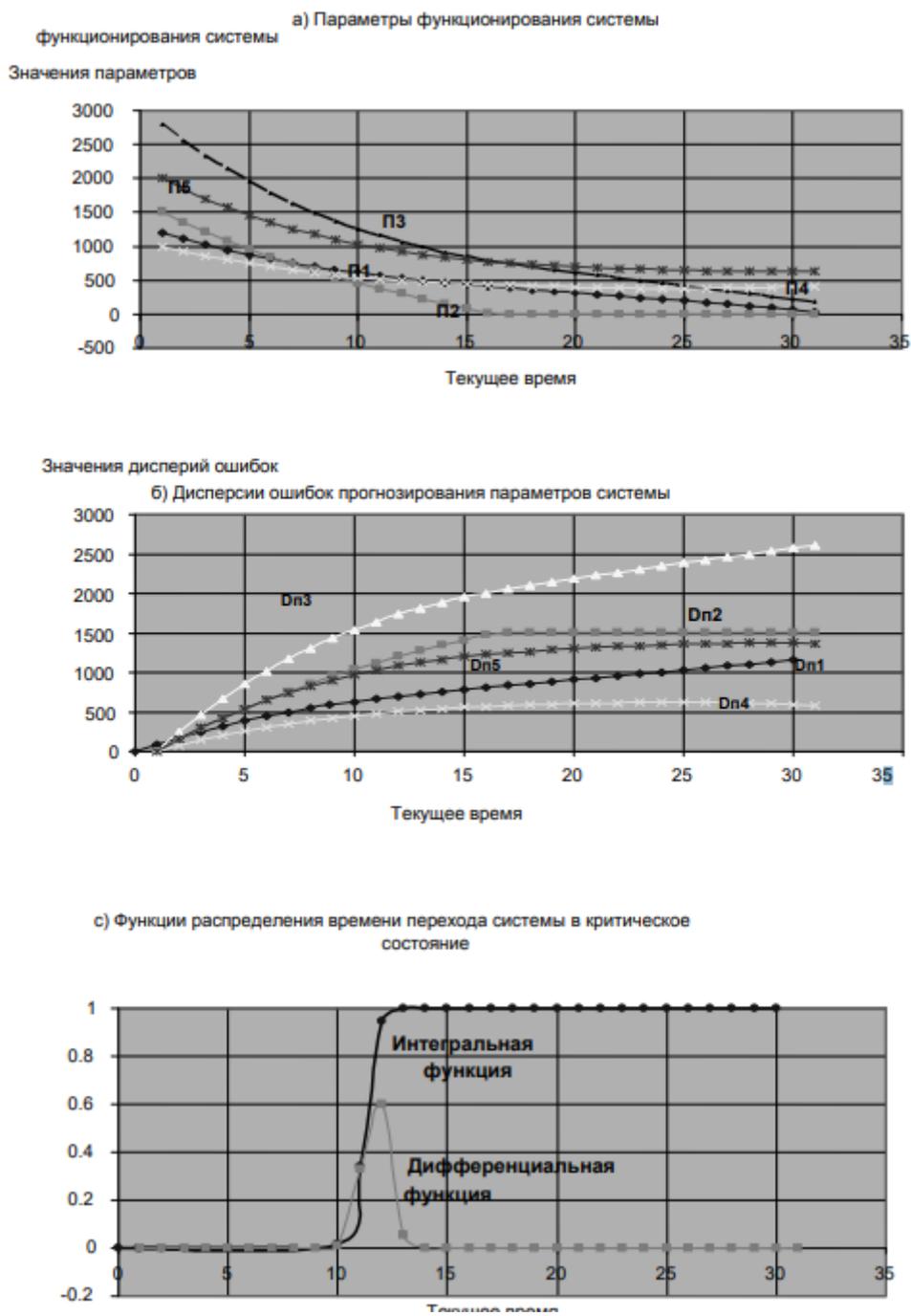
$$= \text{НОРМРАСП}(\$O\$7;G28;(L28+1)^{0.5};\text{ИСТИНА});$$

- параметры интегральной и дифференциальной функций распределения времени перехода системы в критическое состояние.

Таблица 3.2

№ п/п	Текущее время	Параметры системы (Средние значения)					Дисперсии ошибок оценки параметров системы					Вероятности принятия параметрами кр. зн.					Интегральная функция распредел.	Дифференциальная функция	Среднее значение вероятности Ркр	
		П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₅	ДП ₁	ДП ₂	ДП ₃	ДП ₄	ДП ₅	Ркр1	Ркр2	Ркр3	Ркр4	Ркр5				
26	Начальные условия	0	1200	1500	2800	1000	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	1108	1349.3	2557.4	928	1843.5	92	150.7	242.8	74	156.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	2	1024.1	1209.8	2338.2	859.09	1701.8	175.9	290.38	483.84	141	298.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	3	947.59	1079.9	2134.5	798.89	1573	252.41	420.07	865.47	201	427	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	4	877.83	959.28	1951	744.29	1458.8	322.17	540.74	849.04	258	543.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	5	814.2	848.75	1784	695.41	1352	385.8	653.25	1018	305	848	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	6	758.17	741.59	1632.3	651.59	1257.7	443.93	758.41	1187.7	348	742.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	7	703.21	643.05	1494.8	612.45	1173.2	498.79	858.95	1305.2	388	828.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	8	654.87	550.48	1370.3	577.82	1097.8	545.13	949.54	1429.7	422	902.4	0	0	0	0	0	2.4E-11	2.44358	1.4E-05	1.4E-05
35	9	610.7	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	0.01448	0.01448	0.001
36	10	570.31	390.88	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	0.41918	0.050
37	11	533.32	302.37	1085.9	495.87	918.93	888.88	1197.8	1734.1	504	1081	0	0.21064	0	1E-05	0.28252	0.43385	0.54221	0.54221	0.218
38	12	499.38	227.84	984.77	474.92	873.55	700.82	1272.2	1815.2	525	1128	0	0.88788	0	0.0005	0.78461	0.97588	0.02411	0.384	0.384
39	13	488.18	158.84	912.87	457.03	834.49	731.82	1343.4	1887.3	543	1188	0	0.99884	0	0.0072	0.97245	0.99898	3.2E-05	0.40	0.40
40	14	439.39	88.353	849.03	441.77	801.37	780.81	1411.8	1951	558	1199	0	1	0	0.0387	0.9978	0.99999	2.5E-09	0.414	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	0.433	0.433
42	16	387.98	0	745.1	418.3	751.55	812.02	1500	2054.9	582	1248	0	1	1.4E-14	0.2241	0.99999	1	1.2E-12	0.457	0.457
43	17	384.02	0	700.28	409.23	732.18	835.98	1500	2099.7	591	1288	0	1	2.9E-11	0.3522	1	1	1.9E-14	0.482	0.482
44	18	340.27	0	658.88	401.38	714.44	859.73	1500	2143.3	599	1288	8E-14	1	1.5E-08	0.4775	1	1	1.8E-15	0.508	0.508
45	19	318.85	0	614.15	394.78	690.38	883.35	1500	2185.8	605	1302	4E-11	1	2.3E-06	0.584	1	1	1.0	0.524	0.524
46	20	293.05	0	572.84	389.43	683.97	908.95	1500	2227.4	611	1318	9E-09	1	0.00013	0.6654	1	1	1.0	0.539	0.539
47	21	289.38	0	532.02	385.37	671.2	930.82	1500	2288	615	1329	9E-07	1	0.00279	0.7222	1	1	1.0	0.551	0.551
48	22	245.54	0	492.18	382.83	660.09	954.48	1500	2307.8	617	1340	4E-05	1	0.02755	0.7576	1	1	1.0	0.568	0.568
49	23	221.4	0	452.88	381.24	650.83	978.8	1500	2347	619	1349	1E-03	1	0.13713	0.7744	1	1	1.0	0.608	0.608
50	24	198.85	0	414.35	381.25	642.85	1003.1	1500	2385.7	619	1357	0.012	1	0.38451	0.7744	1	1	1.0	0.688	0.688
51	25	171.77	0	378.18	382.7	638.78	1028.2	1500	2423.8	617	1383	0.076	1	0.68587	0.7567	1	1	1.0	0.740	0.740
52	26	148.03	0	338.3	385.85	632.43	1054	1500	2481.7	614	1388	0.274	1	0.89313	0.7186	1	1	1.0	0.811	0.811
53	27	119.49	0	300.85	390.18	629.88	1080.5	1500	2499.3	610	1370	0.596	1	0.97653	0.6548	1	1	1.0	0.88	0.88
54	28	92	0	283.1	398.3	629.1	1108	1500	2538.9	604	1371	0.864	1	0.99671	0.5598	1	1	1.0	0.882	0.882
55	29	83.403	0	225.82	404.18	630.21	1138.8	1500	2574.5	598	1370	0.976	1	0.99971	0.4324	1	1	1.0	0.889	0.889
56	30	33.529	0	187.78	413.81	633.25	1188.5	1500	2612.2	588	1387	0.998	1	0.99998	0.2843	1	1	1.0	0.886	0.886

4. По результатам расчетов строятся графики интегральной и дифференциальной функций времени перехода системы в критическое состояние (рис. 3.7). Для условий приведенного выше примера критическое состояние системы может наступить через 10–13 суток ее функционирования (см. рис. 3.7). Зная это время можно определить 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).



3.9. 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 ликвидирована (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 методы 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?
47. Какие методы управления имеют предпочтение при управлении системой в условиях кризиса?

Литература

1. 30 лет Институту системного анализа Российской академии наук. История создания и развития Института системного анализа. 1976-2006 гг. М.: СИНТЕГ, 2019. 472 с.
2. Агафонов Н.А. Общая теория кино и основы анализа фильма. М.: Мн.: Тесей, 2022. 392 с.
3. Ата-Мурадова Ф.А. Развивающийся мозг. Системный анализ. М.: Медицина, 2018. 296 с.
4. Башкин В.Н. Системный анализ геоэкологических рисков в газовой промышленности. М.: Научный мир, 2021. 595 с.
5. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. В 3 ч. Ч. 1. Люберцы: Юрайт, 2016. 211 с.
6. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. В 3 ч. Ч. 2. Люберцы: Юрайт, 2016. 250 с.
7. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. В 3 ч. Ч. 3. Люберцы: Юрайт, 2016. 272 с.
8. Бородакий Ю.В., Лободинский Ю.Г. Основы теории систем управления. Исследование и проектирование. М.: Радио и связь, 2020. 256 с.
9. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности: учебник. М.: Академия, 2014. 240 с.
10. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности: учебник. М.: Academia, 2011. 16 с.
11. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор при многих критериях: учебник. М.: Academia, 2015. 224 с.
12. Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике. Выбор при многих критериях: учебник. М.: Академия, 2012. 208 с.
13. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Емельянова Н.З. Системный анализ в упр.: учебное пособие. М.: Форум, 2018. 16 с.
14. Валлерстайн И. Миросистемный анализ: Введение / пер. с англ. И. Валлерстайн. М.: Ленанд, 2018. 304 с.
15. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов: учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. 336 с.
16. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. М.: Изд-во СПбГТУ, 2020. 514 с.
17. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата. Люберцы: Юрайт, 2016. 462 с.
18. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для бакалавров. М.: Юрайт, 2013. 616 с.
19. Ворощук А. Введение в теорию применения формального моделирования и системного анализа при решении практических задач для старшеклассников и специалистов-нематематиков. М.: Нобель Пресс, 2017. 656 с.
20. Гвишиани Д.М. Избранные труды по философии, социологии и системному анализу. М.: Канон+РООИ "Реабилитация", 2022. 672 с.
21. Гренандер У. Лекции по теории образов. Т. 2. Анализ образов. М., 2020. 635 с.

22. Григорьев Н.К. Марксизм. Испытание временем. Попытка системного анализа теории марксизма, ее понимания и практики реализации. М.: Наука, 2019. 320 с.
23. Григорьев Н.К. Марксизм: испытание временем. Попытка системного анализа теории марксизма, ее понимания и практики реализации. М.: Высш. шк., 2021. Вып. № 91. 671 с.
24. Громова Е.Н. Системный анализ информационных комплексов: учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. 336 с.
25. Данелян Т.Я. Теория систем и системный анализ: учеб.-метод. комплекс. М.: Ленанд, 2016. 360 с.
26. Дмитриева Н.В. Системная электрофизиология: Системный анализ электрофизиологических процессов. М.: КД Либроком, 2015. 252 с.
27. Драгалин А.Г. Конструктивная теория доказательств и нестандартный анализ. М.; СПб.: Питер, 2019. 661 с.
28. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике. М.: Финансы и статистика, 2018. 512 с.
29. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике. М.: Финансы и статистика, 2009. 512 с.
30. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике: учебник для студентов вузов. М.: Юнити-Дана, 2013. 423 с.
31. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике: учебник. М.: Юнити, 2018. 784 с.
32. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике: учебник. М.: Юнити, 2016. 423 с.
33. Заграновская А.В. Системный анализ деятельности организации. Практикум: учебное пособие 2019 г. СПб.: Лань, 2019. 200 с.
34. Кагарлицкий Б.Ю., Сергеев В.Н. История России: Миросистемный анализ. М.: Ленанд, 2018. 432 с.
35. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа. М.: Горячая линия - Телеком, 2017. 210 с.
36. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа: учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия - Телеком, 2021. 239 с.
37. Качала В.В. Теория систем и системный анализ: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2013. 272 с.
38. Качала В.В. Теория систем и системный анализ: учебник. М.: Academia, 2013. 96 с.
39. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие. М.: НИЦ Инфра-М, Нов. знание, 2013. 440 с.
40. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2012. 440 с.
41. Кириллов В.И. Квалиметрия и системный анализ: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2014. 313 с.
42. Киселев В.М., Савинков С.В. Нефте-газо-химический комплекс Российской Федерации. Интеллектуальная поддержка управленческих решений. Системный анализ и инфодизайн. М.: Русайнс, 2019. 158 с.

43. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений. М.: Проспект, 2016. 176 с.
44. Корилов А.М., Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2016. 416 с.
45. Костусенко И.И. Системный анализ инвестиционно-инновационных процессов в АПК: учебное пособие. СПб.: Проспект Науки, 2014. 176 с.
46. Лексин В.Н., Швецов А.Н. Реформы и регионы: Системный анализ процессов реформирования региональной экономики, становления федерализма и местного самоуправления. М.: Ленанд, 2012. 1024 с.
47. Лившиц В.Н. Системный анализ рыночного реформирования нестационарной экономики России: 1992-2013. М.: Ленанд, 2013. 640 с.
48. Морозова И. Рекламный сталкер. Теория и практика структурного анализа рекламного пространства. М.: Гелла-Принт, 2021. 272 с.
49. Назаров С.В. Операционные системы специализированных вычислительных комплексов: Теория построения и системного проектирования. М.: Машиностроение, 2018. 400 с.
50. Орлова Е.Р. Системный анализ и управление проектами: монография. М.: Ленанд, 2022. 588 с.
51. Пиляева В.В. Системный анализ в менеджменте. М.: КноРус, 2013. 304 с.
52. Пихорович В.Д. Марксизм и миросистемный анализ: Заметки на полях книги «Есть ли будущее у капитализма?». М.: Ленанд, 2018. 200 с.
53. Попов В.Б. Системный анализ в управлении: учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2009. 368 с.
54. Попов В.Н. Системный анализ в менеджменте: учебное пособие. М.: КноРус, 2018. 240 с.
55. Романовский В.И. Избранные труды. Т. 2. Теория вероятностей, статистика и анализ. М., 2020. 496 с.
56. Самсонов Р.О. Системный анализ геоэкологических рисков в газовой промышленности. М.: Научный мир, 2007. 272 с.
57. Свешников С.В. Основы системного анализа и управления организациями. Теория и практика. М.: ДМК Пресс, 2019. 939 с.
58. Северцев Н.А. Системный анализ и моделирование безопасности. М.: Высш. шк., 2020. 147 с.
59. Системный анализ и информационные технологии: материалы 2-й междунар. конф. В 2 т. Т. 2. М.: ЛКИ, 2020. 296 с.
60. Системный бенчмаркинг канализования. В 2-х т. / Г.Г. Онищенко, Ф.В. Кармазинов и др. СПб.: Профессия, 2011. 992 с.
61. Скляр И.Ф. Система - системный подход - теории систем. М.: ИЛ, 2019. 531 с.
62. Теория систем и системный анализ: учебник для бакалавров / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова и др. М.: Дашков и К, 2016. 644 с.
63. Тимченко Т.Н. Системный анализ в управлении: учебное пособие. М.: ИД РИОР, 2013. 161 с.

64. Тимченко Т.Н. Системный анализ в управлении: учебное пособие. М.: Риор, 2017. 704 с.
65. Тихомирова О.Г. Управление проектом: комплексный подход и системный анализ: монография. М.: НИЦ Инфра-М, 2013. 301 с.
66. Ферма П. Исследования по теории чисел и диофантову анализу: монография. М.: СПб.: Питер, 2019. 215 с.
67. Хомяков П.М. Системный анализ: Экспресс-курс лекций. М.: Ленанд, 2017. 214 с.
68. Чернов Ю.Г. Психологический анализ почерка: системный подход и компьютерная реализация в психологии криминологии и судебной экспертизе. М.: Генезис, 2011. 464 с.
69. Шумский А.А. Системный анализ в защите информации. М.: Гостехиздат, 2017. 224 с.
70. Юдицкий С.А. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2012. 848 с.
71. Яковлев С.В. Теория систем и системный анализ (лабораторный практикум): учебное пособие для ВУЗов. М.: Горячая линия -Телеком, 2015. 320 с.
72. Яковлев С.В. Теория систем и системный анализ. Лабораторный практикум: учебное пособие для ВУЗов. М.: ГЛТ, 2015. 320 с.
73. Никитенков В.Л. Задачи линейного программирования и методы их решения [Электронный режим]. – Режим доступа: <http://www.syktsu.ru/fac/math/app/lp.htm>
74. Интернет-ресурсы:
– <http://www.INTUIT.ru>
– http://www.colibri.ru/extbinfо/pdf/up_49125.pdf

Учебное издание

Никулин В.В.

Основы теории систем

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Теория систем и системный анализ»
для бакалавров направления подготовки
09.03.03 Прикладная информатика

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 15.07.2024 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,99. Тираж 25 экз. Изд. № 7705.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ